



HAL
open science

Techniques de prévision appliquées à l'entreprise. Tome 1 : chapitres I à V

Michel Salomon, Georges Nahon

► **To cite this version:**

Michel Salomon, Georges Nahon. Techniques de prévision appliquées à l'entreprise. Tome 1 : chapitres I à V. [Rapport de recherche] Centre national de l'entrepreneuriat(CNE); Sema. 1972, 270 p., figures, graphiques. hal-02185530

HAL Id: hal-02185530

<https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-02185530>

Submitted on 16 Jul 2019

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.

OCD 4625/A

LG

LIP

2

S.E.M.A. (Metra International)
Service d'Information et de Documentation



sema

9, rue georges pitard, paris 15 - téléphone : 842-68-00

sema (metra international)
société anonyme au capital de 20.792.300 f
siège social : 13/15, rue des sablons, paris 16
r. c. paris 64 b 509 - i. n. s. e. e. 818 75 116 0 149

S.E.M.A. (Metra International)
Service d'Information et de Documentation

T E C H N I Q U E S D E P R E V I S I O N

A P P L I Q U E E S A L ' E N T R E P R I S E

T O M E I

chapitres I à V

Michel SALOMON et Georges NAHON

Edition provisoire (décembre 1972)

TABLE DES MATIERES

<u>TOME I</u>	<u>Introduction</u>	<u>Pages</u>
	. Prévision et décisions dans l'entreprise	3
	. Comment prévoir ?	9
	. Les différents modèles de prévision	10
	. Plan de l'Ouvrage	12
	 <u>OUTILS DE LA PREVISION</u>	
Ch. I	- <u>Rappels Théoriques</u>	13
	1. L'analyse de la demande et les résultats de la théorie des choix du consommateur	13
	2. Rappel des méthodes d'économétrie statistique	26
Ch. II	- <u>Principales Fonctions</u>	55
	2.1. Fonctions de demande	55
	2.2. Fonctions de parcs (ou de stocks d'équipements)	69
Ch. III	- <u>Les tendances</u>	81
	3.1. L'étude des tendances, outil d'observation et d'analyse	81
	3.2. Quelques observations	85
	3.3. Recherche et interprétation de la tendance	94
Ch. IV	- <u>Modèles à facteurs explicatifs</u>	134
	4.1. L'analyse des mécanismes du marché	134
	4.2. La recherche et la sélection des facteurs explicatifs	140
	4.3. La construction d'un schéma de fonctionnement du marché	151
	4.4. Le calcul des paramètres et la validation des modèles	155
	4.5. Les sources d'informations	184

PREVISION ET DECISIONS STRATEGIQUES : LE MOYEN TERME

	Ch. V	- <u>La prévision à moyen terme des biens fongibles de consommation</u>	193
		5.1. Données et modèles de base sur la consommation des biens fongibles par les ménages	194
		5.2. Quelques exemples d'applications	220
<u>TOME II</u>	Ch. VI	- <u>Biens durables</u>	273
		6.1. Les modèles d'analyse et de prévision	273
		6.2. Quelques résultats et exemples d'études	296
	Ch. VII	- <u>La prévision à moyen terme pour les biens intermédiaires et les biens d'équipement</u>	321
		7.1. Quelques aspects particuliers à la demande des biens intermédiaires et des biens d'équipement	321
		7.2. Quelques exemples d'études de prévision pour des biens intermédiaires ou d'équipement	331
	Ch. VIII	- <u>La prévision des produits nouveaux</u>	371
		8.1. Première partie - réflexions méthodologiques	371
		8.2. Deuxième partie - exemples d'applications pour les biens de consommation	377
		8.3. Troisième partie - prévisions pour des produits industriels ou intermédiaires	398

PREVISION ET DECISIONS TACTIQUES : LE COURT TERME

	Ch. IX	- <u>Prévision à très court terme</u>	415
		9.1. Objectifs et difficultés de la prévision à très court terme	415
		9.2. Le schéma d'analyse	418
		9.3. Les modèles	426
		9.4. La mise en oeuvre pratique	446

	<u>Pages</u>
Ch. X - <u>Les fluctuations autour de la tendance</u> <u>(prévisions à 18 mois)</u>	447
10.1. Existence et importance des fluctuations	449
10.2. Remarques sur les causes de fluctuations	456
10.3. La prévision de la demande de pointe	458
10.4. Exemples de modèles de fluctuations	461
Ch. XI - <u>Systèmes intégrés de prévision à court terme</u>	480
11.1. L'utilité des systèmes intégrés de prévision	480
11.2. Un exemple de système intégré : SYSPRE	481
11.3. Les développements possibles des systèmes de prévision à court terme	496

MISE EN OEUVRE DES PREVISIONS

Ch. XII - Rôle des services de prévision

Les fonctions à remplir par un service de prévision,
et ses relations avec l'organigramme de l'entreprise

Ch. XIII - Développement et plans à moyen terme

La recherche et l'étude des opportunités de développe-
ment et la préparation de la stratégie d'ensemble

Nota : Un chapitre sur la demande des services, et un chapitre
sur la prospective (y compris technologique) seront intercalés
dans ce plan.

INTRODUCTION

Prévision et décisions dans l'entreprise

L'entreprise doit baigner dans la prévision comme le poisson dans l'eau, et "l'esprit de prévision" devrait se développer en même temps que "l'esprit de marketing" dont on dit - à voir l'abondante littérature dont il est l'objet - qu'il commence à souffler très fort... Acceptons-en l'augure si, par-delà les mots, des transformations véritables s'opèrent dans la formation et le comportement des dirigeants.

Prévision et Marketing, voilà en effet deux mots fortement liés dans la mesure où le marketing va au-devant des besoins des consommateurs qu'il s'efforce de satisfaire de manière rentable. Il y a dans le marketing une attitude d'anticipation du futur, pour appréhender l'évolution des marchés et y adapter les produits offerts.

Les méthodes de prévision, utilisées naguère dans la seule macro-économie, se développent donc de plus en plus pour apporter concrètement une aide aux entreprises dans la préparation et la prise de leurs décisions.

Ces décisions peuvent être rangées en trois catégories bien distinctes : la stratégie ou préparation du futur qui doit assurer le développement à long terme de l'entreprise, la mise en œuvre à court terme par la construction des budgets annuels, la gestion courante de très court terme avec des décisions quasi quotidiennes. Explicitons-les brièvement :

- les décisions stratégiques , ou décisions d'investissement, concernent l'augmentation des capacités de production, la création de nouvelles capacités, le lancement de nouveaux produits, l'acquisition de sociétés, l'élargissement des moyens de vente, des implantations à l'étranger, etc... Ces décisions engagent l'avenir à long terme et leur préparation nécessite l'établissement de

prévisions à 5 ou 10 ans par exemple. Le plus souvent, il s'agit d'obtenir un ordre de grandeur approximatif permettant d'obtenir une valeur constituant un plancher, ou au contraire un plafond ayant très peu de chances d'être dépassé. Les deux situations se rencontrent naturellement dans la pratique ; en voici quelques exemples :

- . En 1960, le marché des eaux minérales s'était très fortement développé et paraissait avoir atteint un niveau si important que des industriels s'interrogeaient sur de nouvelles possibilités de développement. L'analyse détaillée des besoins des consommateurs et le modèle qui furent réalisés à l'époque avaient permis de chiffrer avec une excellente précision les niveaux de consommation en 1970, mettant en évidence les larges possibilités qui restaient offertes sur ce marché (cf chapitre V ci-après).
- . Pour un bien durable d'équipement des ménages, une analyse permettait au contraire de mettre en évidence l'existence d'un niveau de saturation pour les ventes totales (premier équipement et renouvellement) et par conséquent de mettre en garde contre des investissements qui se fussent révélés excessifs.
- . Une étude réalisée en 1967 sur le marché mondial du cognac mettait en évidence la hiérarchie des pays dans lesquels des développements pouvaient être attendus, permettant ainsi de répartir les efforts de prospection et d'implantation commerciales.

Outre cet ordre de grandeur que l'on obtiendra par des modèles "annuels", descriptifs d'une tendance à long terme, on a quelquefois besoin d'obtenir une idée des "fluctuations" autour de la tendance, pour en tenir compte dans le dimensionnement des capacités de production.

Enfin, il peut être utile de connaître les modulations de la demande tout au long de l'année pour tenir compte de phénomènes saisonniers ou de phénomènes de "pointe journalière" (par exemple, consommation de gaz), également pour dimensionner convenablement les capacités de production.

- les décisions liées aux budgets annuels concernent les programmes de fabrication, les approvisionnements, les besoins en personnel, les volumes des dépenses de promotion, etc... Généralement, pour tenir compte de l'inertie des décisions, le budget est élaboré dans les six mois précédant son démarrage et nécessite des prévisions à 15 ou 18 mois (court terme). On raisonne essentiellement par différence avec les niveaux actuels, car ce qui importe c'est de déterminer de quelles quantités devront varier les différents postes de ventes, de production, de dépenses diverses par rapport à la situation de l'année en cours. Le développement récent de modèles dits de "fluctuations" répond particulièrement bien à de tels besoins.

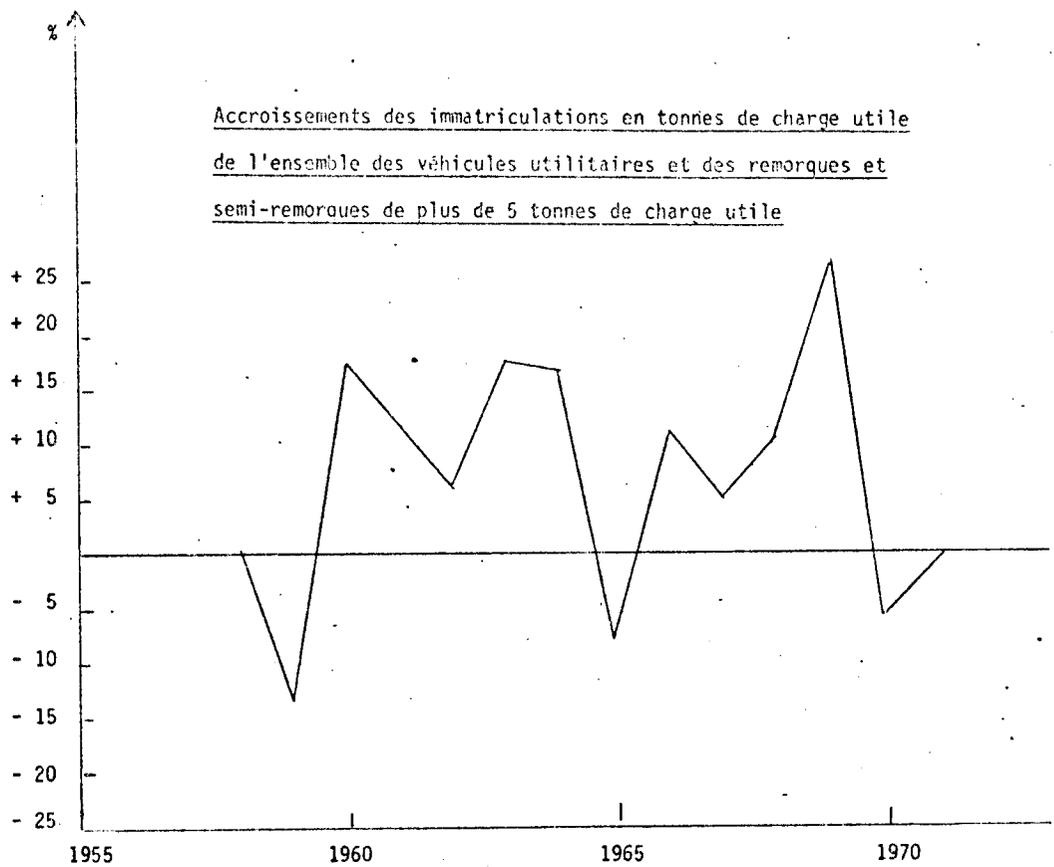
- les décisions courantes concernent la mise en oeuvre d'activités à très court terme (mensuel, hebdomadaire ou journalier); elles touchent également les niveaux et rythmes de fabrication, de répartition des effectifs, de régulation des stocks, d'actions de vente ou promotions à court terme, etc... Il faut donc pouvoir disposer de prévisions à très court terme (quelques mois, voire quelques semaines); c'est à ces buts que répondent l'étude des mouvements saisonniers et les modèles de "lissage" basés sur la connaissance des ventes passées.

Le tableau ci-dessous illustre schématiquement ces différents besoins en prévisions et mentionne brièvement les types de modèles de prévision adaptés.

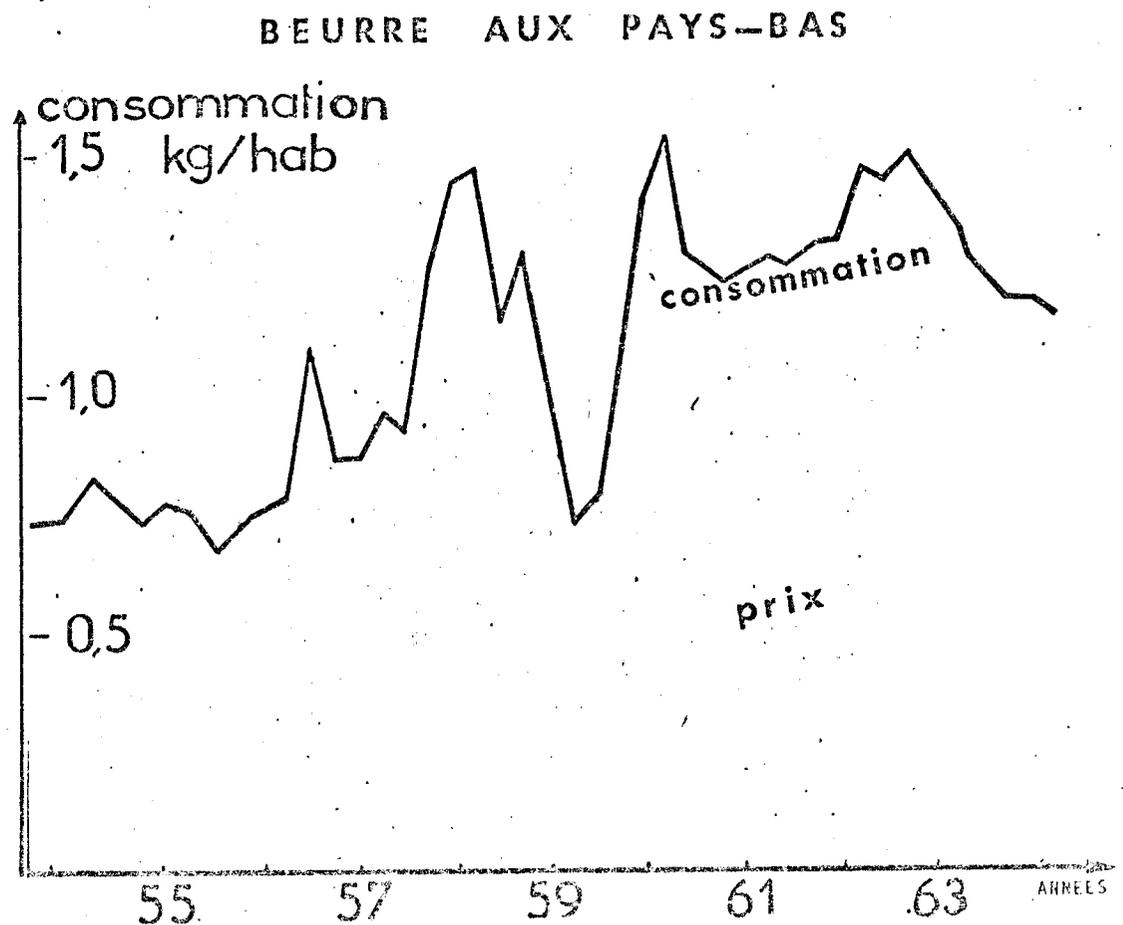
Type de modèle	Terme de la prévision	But
modèles explicatifs annuels (tendances)	Prévision à moyen terme (2 à 5 ans) Mise à jour annuelle	Décisions d'investissement
modèles explicatifs annuels ou trimestriels (fluctuations)	Prévision pour l'année suivante (15 à 18 mois) Mise à jour trimestrielle	(-contrôle (du budget Budget (en cours (-prépara- (tion du (budget (suivant
modèles autonomes mensuels (inertie)	Prévision à court terme (1 - 3 - ou 6 mois) Mise à jour mensuelle	- Planning de production (rythme de production stocks) - Cont rôle commercial

Pour satisfaire de tels besoins en prévision, il est de plus en plus difficile de s'en remettre au seul "flair" de quelques hommes très imaginatifs. L'évolution des marchés est en effet devenue très chaotique, difficile à analyser et à prévoir sans études approfondies :

- soit qu'il y ait des fluctuations importantes dans la croissance de certains marchés (le marché des camions se développe en France en moyenne à 7 % par an, mais certaines années la croissance a dépassé 20 % et d'autres fois elle a été proche de 0 ou négative)



- soit qu'il apparaisse des accidents affectant momentanément les tendances à long terme comme on le voit sur le graphique ci-après :



- 8
- soit encore qu'il y ait des mutations dans la nature de la demande
 - . pour des raisons de progrès technique (postes radio transistor, emballage plastique)
 - . pour des raisons de politique de tarification (polyéthylène en France)
 - . pour des raisons d'évolution des goûts ou des habitudes du public (fréquentation du cinéma, plats cuisinés).

On a donc vu apparaître dans les années soixante la fonction de prévisionniste d'entreprise. Les hommes qui la remplissent sont naturellement en relation très étroite avec les hommes de décision qu'ils ont mission d'éclairer. En outre, s'est développée une attitude systématique d'esprit de prévision qui doit être partagée par tous les exécutifs et qui se traduit dans les faits par la construction de budgets annuels et de plans à long terme (souvent réactualisés tous les ans). Il faut ajouter que les instruments de travail se sont améliorés considérablement au cours des 10 dernières années grâce à la conjonction de trois éléments :

- progrès accomplis dans l'analyse, la formulation et l'enseignement de la théorie économique et dans la pratique des études de marché ;
- progrès dans la collecte de l'information : développement des enquêtes par sondage et de l'information économique en provenance du secteur public et du secteur privé ;
- performances des ordinateurs qui ont complètement bouleversé les possibilités de traitement de l'information : des programmes de qualité permettant de traiter, à des conditions très économiques, de multiples modèles de prévision.

Comment prévoir ?

A moyen et long termes (5-10 ans), c'est à partir des besoins des consommateurs que seront principalement appréciés les marchés : il faut donc diagnostiquer les besoins futurs, déceler les changements et saturations possibles, etc... Cette attitude - disons cette optique "keynésienne" qui donne la prédominance à la demande - doit être complétée d'un examen des conditions possibles de l'offre, qui peut accélérer ou retarder la prise de conscience de certains besoins. Ainsi le transistor a-t-il rendu possible le poste de radio puis le poste de télévision portatif ; ainsi le prix de plus en plus bas des résines plastiques (conséquence notamment des grandes unités de production d'éthylène) a-t-il entraîné un développement très important des applications où les matières plastiques sont devenues compétitives. Cette évaluation des marchés futurs met en oeuvre, comme nous le verrons plus loin, des moyens d'analyse de plus en plus perfectionnés ; pour l'entreprise, il faut ensuite passer du niveau global d'un marché au niveau possible pour ses ventes. Cette estimation, à long terme, a un caractère quelque peu normatif. Compte tenu des positions actuelles de la concurrence - notamment sur les différents segments du marché étudié - compte tenu des possibilités commerciales (distribution - promotion) de la firme, on retient un objectif de part de marché vraisemblable.

A court terme (jusqu'à 18 mois), il y a une inertie beaucoup plus grande au niveau de chaque marque, et l'estimation des ventes se fait en donnant une forte pondération aux situations actuelles : s'agissant du très court terme (moins de 6 mois) on s'attachera à prédire les ventes en partant de la situation historique des ventes passées - essentiellement - et pour le court terme (1 an-18 mois) on tiendra compte à la fois de l'évolution globale du marché et de la situation des ventes présentes.

Les différents modèles de prévision

La prévision est un jugement sur l'avenir que chacun porte selon son expérience personnelle. Le plus intuitif, comme aussi le plus simple, consiste à se référer au proche passé : si pour tel article les ventes ont augmenté de 20 % par an au cours des 5 dernières années, on s'attend à ce qu'elles continuent à ce rythme, au moins encore pendant quelques années. Cette méthode fruste porte le nom d'extrapolation des tendances : elle donne parfois de bons résultats (telle la loi du doublement tous les dix ans constatée pour la consommation d'électricité) mais elle repose sur l'hypothèse implicite que toutes les conditions du marché vont produire les mêmes effets que par le passé, ce qui est une hypothèse très restrictive et rarement observée. Nous examinerons en détail cette méthode qui reste extrêmement utile comme instrument d'analyse.

Une autre méthode usuellement employée consiste à se référer à des comparaisons internationales et tout spécialement au marché des USA : pour de nombreux produits on constate effectivement que le marché américain présente, comme l'on dit, "8 à 10 ans d'avance sur le marché français". Il s'agit alors d'une indication d'ordre de grandeur, intéressante pour le moyen terme, mais qui est loin d'être une loi universelle : bien des habitudes alimentaires, de résidence, de modes de loisirs, de comportements sociaux, etc... ne sont-elles pas profondément différentes d'un pays à l'autre ?

Un pas important est franchi lorsque l'évolution d'un marché peut être reliée à celle d'un ou plusieurs indicateurs économiques : on recherche s'il y a corrélation (c'est-à-dire variations corrélatives) entre ce marché et ces indicateurs. Ainsi la croissance de la production industrielle entraîne-t-elle celle de la consommation d'électricité, ainsi la demande d'automobiles neuves dépend-elle du revenu et des liquidités des ménages, etc... La mise en évidence de ces corrélations s'appuie sur les méthodes de l'économétrie statistique, dont les applications ont été considérables en ce domaine, notamment depuis une dizaine d'années; nous en verrons de nombreux exemples.

Ces méthodes se sont enfin perfectionnées jusqu'à présenter de véritables modèles de comportement des consommateurs ; il s'agit là de faire d'abord une analyse fine de ces comportements et de les décrire ensuite par un ensemble d'équations qui feront appel aux méthodes de l'économétrie statistique (modèles récurrents, équations simultanées, etc...).

Parallèlement à ces méthodes basées sur l'économétrie qui gardent, même dans ce dernier cas, un caractère global, se sont développées d'autres approches qui s'appuient sur une segmentation des marchés : le principe est de constituer des classes relativement homogènes de consommateurs, d'observer leurs différences de comportement, d'établir une prévision pour chacune de ces classes et d'en faire ensuite la sommation. C'est une approche suivie généralement pour l'étude des produits "intermédiaires", c'est-à-dire vendus à l'industrie : s'agissant par exemple de matières plastiques, on examinera séparément les débouchés dans la construction automobile, l'ameublement, l'habitation, les peintures, l'industrie navale, l'habillement, etc... Ces méthodes de segmentation ont pu se développer grâce à la multiplication des informations obtenues dans des enquêtes par sondage. Nous en verrons un grand nombre d'exemples.

Enfin, disons pour finir, qu'il s'agisse de modèles simples ou de modèles "sophistiqués", que ce qui est fondamental c'est l'analyse réaliste des conditions du marché par la prise en compte de tout ce qui peut jouer un rôle important que ce soit du côté des consommateurs (dont les goûts changent), du côté des producteurs (qui peuvent imaginer des produits concurrents ou baisser les prix), du côté des distributeurs (dont la structure et les habitudes évoluent), du côté des pouvoirs publics (qui légifèrent, décrètent, et sont sensibles à l'opinion publique). Le développement des outils comme celui des moyens de traitement ne doivent pas nous faire oublier que ce qui est essentiel c'est la qualité de l'analyse et que là aussi "mieux vaut tête bien faite que tête bien pleine".

Plan de l'ouvrage

Une première partie est consacrée aux outils de base de la prévision et présentera successivement des rappels sur l'économétrie statistique, les fonctions mathématiques usuelles, l'analyse des tendances, et la recherche des facteurs explicatifs pour la construction des modèles.

Ensuite on distinguera problèmes et techniques du moyen terme et du court terme.

La deuxième partie est consacrée au moyen terme, et l'on examinera successivement les biens de consommation fongibles, les biens de consommation durables, les biens industriels (ou intermédiaires). Les méthodes sont en effet différentes pour ces trois catégories.

La troisième partie traitera du court terme : la prévision à très court terme (avec les modèles de lissage), à court terme (avec les modèles de fluctuation), et les systèmes intégrés de prévision à court terme (prenant en compte le maximum d'informations notamment commerciales).

La quatrième partie est relative à la mise en oeuvre des prévisions et traite des fonctions d'un service de prévision, et des problèmes de développement et planification à moyen terme .

S.E.M.A. (Metra International)
Service d'Information et de Documentation

RAPPELS THEORIQUES

Les modèles de prévision couramment utilisés s'appuient en grande partie sur les résultats de l'analyse théorique de la demande que nous allons rappeler brièvement dans une première partie, en indiquant notamment certaines insuffisances de cette théorie.

D'autre part, l'ajustement des modèles sur les données disponibles du présent et du passé fait appel aux méthodes de l'économétrie statistique que nous évoquerons ensuite dans une deuxième partie.

1. L'analyse de la demande et les résultats de la théorie des choix du consommateur

Dans la prévision des marchés, l'étude de la demande des consommateurs joue un rôle privilégié.

Reportons-nous en effet au tableau ci-après qui donne pour la France l'évolution des emplois de la production intérieure brute (PIB) ⁽¹⁾

	(En milliards de francs)				(en % du total)			
	1950	1960	1970	1980	1950	1960	1970	1980
Production intérieure brute	89,7	271,8	730,1	1894	89,8	91,0	88,0	87,7
Importations - solde ...	10,2	27,0	99,1	266	10,2	9,0	12,0	12,3
Consommation des ménages	65,3	179,6	464,5	1080	65,4	60,0	55,9	50,0
Investissements productifs	12,1	38,6	126,4	460	12,1	12,9	15,3	21,3
Variations de stocks ..	3,3	11,2	25,5		3,3	3,8	3,1	
Consommation des Administ. et Instit.	3,8	12,1	27,6	354	3,8	4,0	3,3	16,4
Autres investissements	1,6	7,0	28,4		1,6	2,3	3,5	
Logements (1)	2,3	15,4	54,7		2,3	5,2	6,6	
Exportations (1)	11,5	34,9	102,1	266	11,5	11,7	12,3	12,3
TOTAL	99,9	298,8	829,2	2160	100,0	100,0	100,0	100,0

(1) Conjoncture et prospective "économie de la France 1971 - 1980" Editions Cujas (1971). Christian Coux, Rédacteur en Chef.

Le poste "consommation des ménages" occupe près de 56% du total en 1970, sans compter les logements (qui sont destinés aux ménages) ; certes ce poste n'a cessé de diminuer en part relative et le Professeur Goux prévoit, dans son analyse, que cette part baissera jusqu'à 50% en 1980. Cependant, il faut noter que, parmi les autres postes, les investissements productifs et variations de stocks sont relatifs à des entreprises qui ont comme clients soit les ménages (pour une part importante) soit d'autres entreprises, soit les administrations. Enfin, les exportations concernant, pour une large part, des produits destinés à des ménages.

Il s'ensuit que dans les décisions d'investissement des entreprises, la prise en compte de la demande des consommateurs privés est un élément essentiel.

En définitive, et au moins pour ce qui concerne les économies des pays occidentaux, les choix des consommateurs exercent, et devraient continuer d'exercer une action primordiale, et il convient d'y attacher une grande importance dans l'établissement de prévisions.

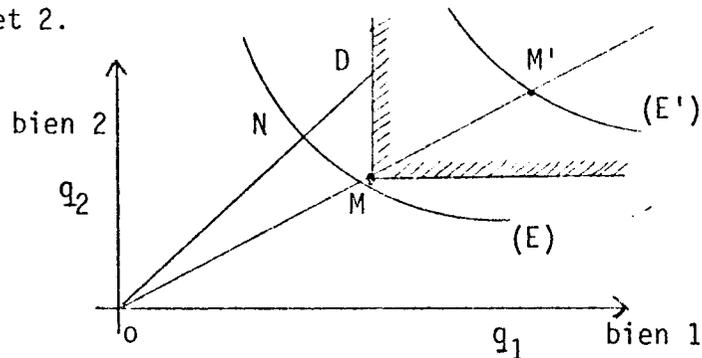
Cependant, il faut également examiner l'évolution du rôle des Etats, rôle de réglementation de plus en plus multiple (pollution), ou rôle d'orientation de plus en plus effectif (aménagement du territoire, armements, "plan calcul", etc...).

Enfin, il convient de tenir compte de l'évolution de l'offre, sous les trois aspects principaux : produits nouveaux, niveau des prix, nature de la concurrence, car ils ont indiscutablement un effet sur la structure de la consommation des ménages, même si nous ne pensons pas que la publicité et ce que l'on appelle "les moyens modernes de persuasion" transforment le public en un jouet inconscient de la société dite "de consommation".

Nous sommes donc amenés à prendre en considération, dans l'établissement des prévisions, ces trois éléments que sont la demande des ménages, le rôle de l'Etat, et l'évolution de l'offre, et nous en verrons des applications dans les exemples présentés dans cet ouvrage. Cependant, compte-tenu de son rôle privilégié, nous allons nous attarder quelque peu sur la demande des consommateurs.

1.1 - Principaux résultats de la théorie des choix du consommateur

11.1 - La théorie des choix du consommateur a été imaginée pour rendre compte logiquement du comportement économique d'un consommateur, supposé caractérisé par son revenu, en face d'un environnement caractérisé par des biens déterminés, offerts à des prix donnés. D'après cette théorie, les consommateurs associent à la possession de chaque bien une certaine "utilité" ; ils sont capables de comparer de manière cohérente les "utilités" relatives à la possession de divers ensembles de ces biens. Il s'ensuit que l'on peut définir dans un univers à n dimensions des "surfaces d'indifférence" telles qu'en chacun de leurs points l'utilité $U(q_1, q_2, \dots, q_n)$ associée à la possession de la quantité q_i de chaque bien i , soit la même. On peut l'illustrer simplement dans le cas de deux biens 1 et 2.



Soit un point M , reflétant une situation définie par des consommations q_1 et q_2 des biens 1 et 2. Le long d'une demi-droite OD proche OM , on peut trouver un point N reflétant une situation jugée par le consommateur équivalente à la situation initiale (un peu moins du bien 1, un peu plus du bien 2). Lorsque OD varie, N décrit la courbe d'influence associée à la situation M . Tout point du quadrant hachuré ayant son origine en M est jugé préférable à M (en vertu des axiomes postulés par la théorie) ; si l'on considère un point M' dans ce quadrant et la courbe d'indifférence E' associée à M' , la satisfaction ressentie par le consommateur le long de E' est supérieure à ce qu'elle est le long de E .

16

Une demi-droite issue de l'origine coupe une courbe d'indifférence en un seul point. L'équation de ces courbes, ou surfaces "d'indifférence" dans le cas plus général de n biens, peut donc s'écrire en fonction d'un paramètre, soit par exemple $U = U(q_1, q_2 \dots q_n)$.

L'indice U , ou fonction d'utilité, est choisi de façon à croître avec la satisfaction du consommateur, donc avec la consommation :

$$u_i = \frac{\partial U}{\partial q_i} > 0 \quad \text{pour tout } i$$

11.2 - Le choix du consommateur

Le consommateur a un revenu limité r :

$$r = p_1 q_1 + p_2 q_2 + \dots + p_n q_n \quad (1)$$

en supposant qu'il le consacre aux quantités $q_1 \dots q_n$ de prix unitaire $p_1 \dots p_n$, l'épargne étant considérée comme l'achat d'un bien durable particulier.

Ce consommateur cherche alors l'ensemble \mathcal{P} de consommations lui donnant l'utilité maximum compatible avec son revenu :

$$U = U(q_1, q_2 \dots q_n) \quad (2)$$

on en déduit, en différenciant les équations (1) et (2) :

$$\sum_i p_i dq_i = 0$$

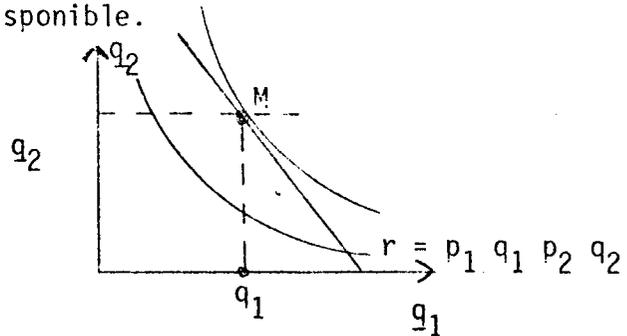
$$\sum_i u_i dq_i = \sum_i \frac{\partial U}{\partial q_i} dq_i = 0$$

quels que soient les dq_i

$$\text{d'où} \quad \frac{u_1}{p_1} = \frac{u_2}{p_2} = \dots = \frac{u_n}{p_n}$$

Ces $(n - 1)$ relations, jointes à l'équation (1) permettent de calculer les quantités q_i , ce qui résout théoriquement le problème du choix du consommateur.

L'interprétation géométrique est claire dans le cas de deux biens : la droite $r = p_1 q_1 + p_2 q_2$ est tangente à une des courbes d'indifférence, et le point de contact M indique la situation choisie : il correspond à l'utilité maximum compte-tenu du revenu disponible.



On a donc déduit de cette théorie le résultat fondamental que la consommation d'un bien i par un consommateur de revenu r , est une fonction de ce revenu, du prix p_i de ce produit et des prix p_j des autres produits :

$$q_i = f_i (r, p_i, p_j) \quad j \neq i$$

Par ailleurs cette fonction est homogène et de degré zéro, ce qui revient à considérer que des variations monétaires affectant de la même manière les prix et les revenus n'influent pas sur la demande :

$$q_i (mr, mp_1, \dots, mp_n) = q_i (r, p_1, \dots, p_n)$$

Ces résultats peuvent s'étendre à la demande d'un ensemble de consommateurs ; d'autre part, dans l'analyse de la demande totale, on suppose généralement que, les prix étant donnés, tous les consommateurs de même revenu r ont la même fonction de demande $q_i (r, p_1, p_2, \dots, p_n)$. On peut alors tirer des indications sur la demande totale à partir d'hypothèses simples sur la fonction de demande (par exemple, constance de l'élasticité au revenu) et de la connaissance de la répartition des revenus.

11.3 - Notions d'élasticité

Pour étudier l'allure des fonctions de demande au voisinage d'un point, il est commode d'utiliser la notion d'élasticité ; l'élasticité d'une fonction $f(x, y, z, \dots)$ par rapport à x en un point s'écrit :

$$\frac{\partial f(x, y, z, \dots)}{\partial x} \times \frac{x}{f(x, y, z, \dots)}$$

Nous intéressés aux facteurs dégagés par la théorie du choix des consommateurs, nous retiendrons les élasticités suivantes :

Elasticité au revenu :

$$E_i = \frac{\partial q_i}{\partial r} \times \frac{r}{q_i}$$

elle est généralement positive, sauf pour les produits qui déclinent dans la faveur du public (pain, charbon pour les foyers domestiques).

Elasticité directe au prix

$$e_i = \frac{\partial q_i}{\partial p_i} \times \frac{p_i}{q_i}$$

elle est généralement négative, sauf pour des produits très rares comme des objets d'art.

Elasticités croisées aux prix

$$e_{ij} = \frac{\partial q_i}{\partial p_j} \times \frac{p_j}{q_i} \quad j \neq i$$

- l'élasticité croisée est positive lorsqu'il s'agit de biens substituables entre eux, tels que beurre et margarine ;
- l'élasticité croisée est négative lorsqu'il s'agit de biens complémentaires, tels que automobile et essence ; ou appareils photos et pellicules ;
- l'élasticité croisée est nulle lorsque les deux biens sont indépendants.

Nous verrons plusieurs exemples (tabacs, matières plastiques, oléagineux) où interviennent des élasticités croisées aux prix.

Elasticités et dépenses

Dans l'analyse de la demande d'un ensemble de consommateurs, le vendeur d'un bien i s'intéresse à la fois aux quantités vendues et à la recette perçue, c'est à dire aux dépenses consenties par les consommateurs, soit :

$$f_i = p_i \times q_i$$

- Si le revenu global R varie seul (et proportionnellement pour tous les individus), les prix étant constants, on peut écrire :

$$df_i = p_i dq_i = p_i q_i E_i \frac{dr}{R} = f_i E_i \frac{dR}{R}$$

Ce qui montre que E_i , élasticité de la consommation par rapport au revenu, est aussi l'élasticité de la dépense globale par rapport au revenu.

- Si le revenu global reste inchangé ainsi que les prix autres que p_i , on peut écrire :

$$df_i = q_i dp_i + p_i dq_i = q_i dp_i (1 + \frac{p_i dq_i}{q_i dp_i})$$

$$\text{ou} \quad df_i = \frac{f_i}{p_i} (1 + e_i) dp_i$$

On constate ainsi que la dépense totale f_i (ou recette du vendeur) :

- varie dans le même sens que p_i si $1 + e_i > 0$

soit $e_i > -1$

comme, en général, $e_i < 0$

cela signifie $-1 < e_i < 0$ ce qui caractérise une demande dite "inélastique" ;

- varie en sens inverse de p_i si $1 + e_i < 0$

soit $e_i < -1$ ce qui caractérise une demande dite "élastique".

Lorsque $e_i = -1$, il y a compensation entre les deux effets.

Bien entendu, nous n'avons parlé que de dépense (ou de recette globale) : la marge brute du producteur incorpore également les coûts de production et distribution qui peuvent dépendre des quantités vendues et en dépendent effectivement en général.

1.2 - Limites de la théorie classique de la demande

12.1 - La théorie est bien adaptée pour beaucoup de biens fongibles de consommation

Le rôle privilégié fait par la théorie au revenu disponible au moment du choix, ainsi qu'aux prix des produits, convient assez bien pour de nombreux biens fongibles de consommation ainsi qu'on le verra au chapitre 5.

S'agissant du prix, le graphique ci-après relatif à la consommation du beurre aux Pays-Bas illustre clairement l'opposition entre la quantité consommée et le prix correspondant au même moment.

A l'intérieur d'une même famille de produits, par exemple entre des cigarettes de prix différents, on trouve également des substitutions dépendant des prix relatifs (cf. chapitre 5).

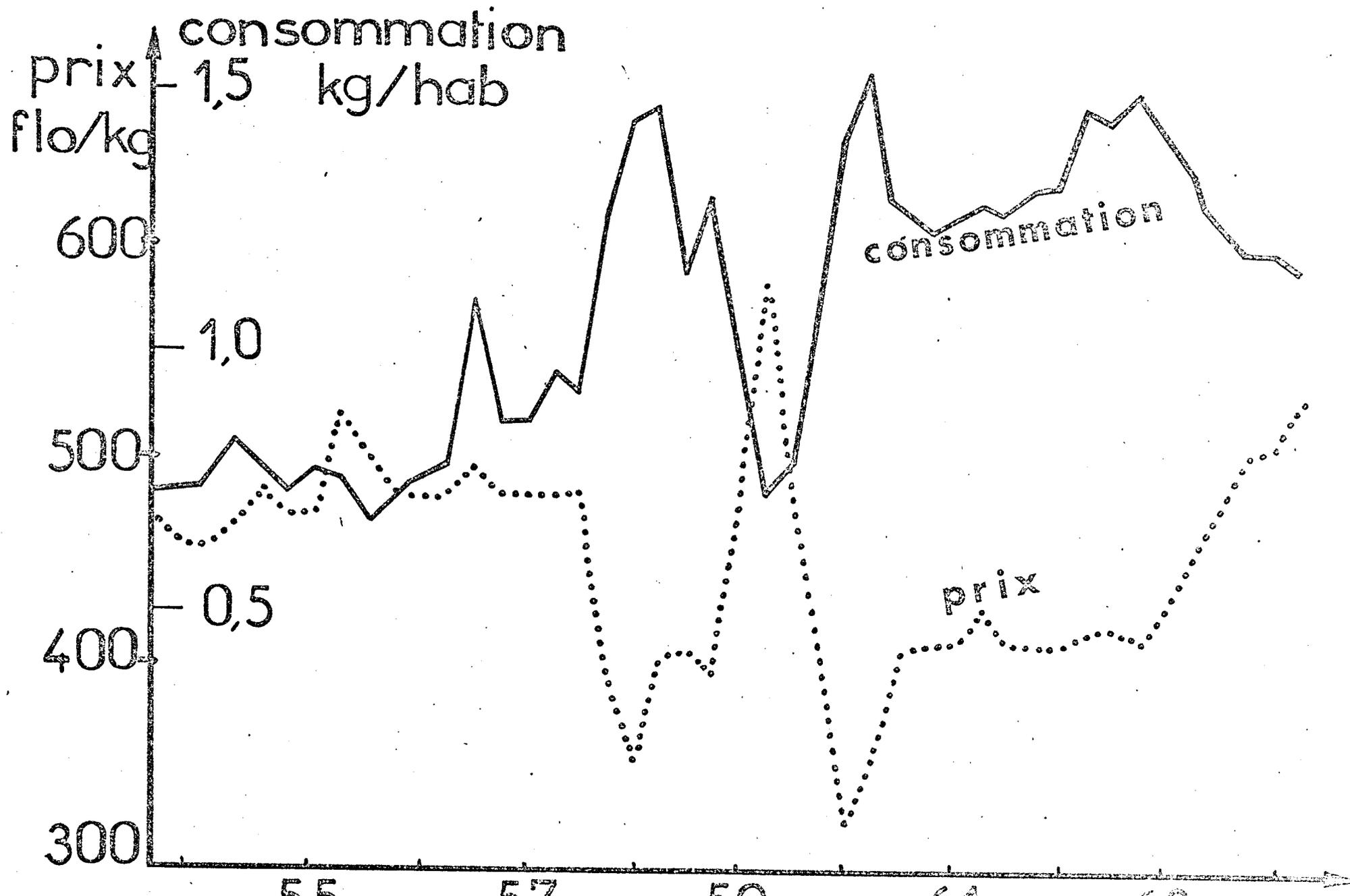
12.2 - La théorie est moins bien adaptée pour les biens durables

En effet, pour ceux-ci il faut tenir compte d'un effet de stock, constitué par l'ensemble des biens durables déjà possédés ; cet effet joue négativement, à partir d'un certain degré d'équipement. Il joue en revanche positivement, dans la mesure où il faut remplacer les biens usés, détruits ou périmés. On voit donc que l'analyse classique doit ici être complétée.

12.3 - L'expérience montre en outre que les consommateurs ont des réactions différentes à court et à long termes.

La théorie précédente est en quelque sorte "statique", elle néglige des comportements liés à l'historique des consommateurs, notamment à leurs habitudes de consommation.

BEURRE AUX PAYS-BAS



La théorie désormais classique de Friedmann, développée dans le livre "A theory of the consumption function" amène à considérer le "revenu permanent", au lieu du revenu réel (cf. chapitre 10 ci-après sur les "fluctuations"). Les consommateurs tiendraient compte de leurs habitudes de niveau de vie, lesquelles sont plus rigides que les fluctuations de leurs revenus réels. Le "revenu permanent" n'est pas observable directement : seules sont accessibles les conséquences de la théorie.

Partant de ces idées Gabriel Vangrevelinghe, administrateur à l'Insee, a adapté pour la France un modèle proposé par Houthakker et Taylor⁽¹⁾ :

La consommation observée dans une période dépendrait du revenu de la période et, en partie, de la consommation passée ; cette dernière influence est résumée par une "variable d'état" caractéristique du bien ou service considéré.

L'équation s'écrit :

$$\underline{q}(t) = \alpha + \beta s(t) + \gamma x(t) + \varepsilon(t)$$

avec $s(t) - s(t-1) = \delta [q(t-1) - s(t-1)]$

avec les notations :

$\underline{q}(t)$	= consommation	(α, β, γ constantes) δ constante $0 < \delta < 1$
$s(t)$	= variable d'état	
$x(t)$	= revenu	
$\varepsilon(t)$	= aléa	

(1) "Modèles et projections de la consommation" par Gabriel Vangrevelinghe, "Economie et Statistique", n° 6, novembre 1969.

Dans cette formulation, un terme $x(t)$, revenu de la période t , est sensible aux fluctuations instantanées, tandis que le terme $s(t)$, variable d'état, intègre l'historique des consommations puisque l'on peut vérifier (à partir de la formule de définition de $s(t+1)$) que :

$$s(t+1) = q(t) + (1-\delta)q(t-1) + (1-\delta)^2q(t-2) + \dots + (1-\delta)^i q(t-i) + \dots$$

On retrouve ici les formulations du type "lissage exponentiel" auxquelles conduisent la théorie du revenu permanent, et que l'on retrouvera sous une autre forme au chapitre 10 consacré aux modèles de fluctuation.

Le modèle conduit à deux expressions différentes de l'élasticité de consommation à court et à long termes, ce qui semble effectivement mieux convenir pour représenter le comportement des consommateurs, tel qu'on l'observe du moins en France. En voici quelques résultats donnés par M. Vangrevelinghe dans son article précité ; on trouvera des résultats plus détaillés au chapitre 5 "la prévision à moyen terme des biens fongibles de consommation".

	Elasticité - revenu	
	courte période	longue période
Alimentation	0,2	0,4
Habillement	1,8	0,95
Habitation	0,8	1,2
Hygiène et santé	0,4	2,8
Transports et télécommunications	1,3	1,6
Culture, loisirs, distractions	1,2	1,5
Hôtels, cafés, restaurants, divers	0,9	1,1

(calculées au point moyen de la période 1949 - 1965)

12.4 - Les besoins évoluent au cours du temps

Conséquence du progrès technique et de changement dans les habitudes, les besoins évoluent indépendamment des variations de prix relatifs entre produits et de l'évolution des revenus : ainsi en a-t-il été par exemple du développement du fuel (ou de gaz) dans les foyers domestiques au détriment du charbon pour des raisons telles que la facilité de mise en oeuvre, la propreté, ou la régularité du service.

12.5 - Les besoins peuvent être perçus différemment selon les lieux ou les pays, indépendamment du revenu et des prix

Nous avons cité plus haut l'exemple de la consommation du beurre aux Pays-Bas ; dans ce pays, où l'on consomme beaucoup de margerine, le beurre est perçu comme un produit de luxe, ce qui se traduit par des élasticités relativement élevées : élasticité/revenu = 0,44 et élasticité au prix du beurre = -1,35. En France, en revanche, où la consommation du beurre est très développée depuis fort longtemps, on ne constate pas d'élasticité au prix significative, et l'élasticité au revenu est plus faible, de l'ordre de 0,3.

12.6 - En conclusion, l'analyse classique de la demande doit être complétée, grâce à des modèles prenant en compte les habitudes de consommation passées (théorie du "revenu permanent", par exemple) et l'évolution psychologique des consommateurs, qui se traduit notamment par des élasticités variables au cours du temps.

2. Rappel des méthodes d'économétrie statistique

Les modèles de prévision que l'on construit sont fondés sur une analyse des mécanismes des marchés, analyse dans laquelle on s'efforce de mettre en évidence des relations entre diverses grandeurs de nature diverse (économique, sociologique...).

Si l'analyse était parfaite, on parviendrait à décrire ces mécanismes avec des équations du type :

$$Y : f(X_1 \ X_2 \ \dots \ X_n)$$

$X_1 \ X_2 \ \dots \ X_n$ constituant des variables "explicatives" de la variable Y , ces variables elles-mêmes étant reliées à d'autres $Z_1 \ Z_2 \ \dots \ Z_p$ par des équations dont l'ensemble constituerait un véritable système cohérent

On conçoit que, compte-tenu du faible nombre d'observations en général disponibles en regard du grand nombre de variables explicatives que l'on devrait ainsi retenir, l'identification des paramètres de ce système ne puisse être réalisée avec une précision convenable.

Le rôle de l'économètre est de proposer un schéma acceptable de la réalité, avec un petit nombre de variables explicatives et un petit nombre d'équations.

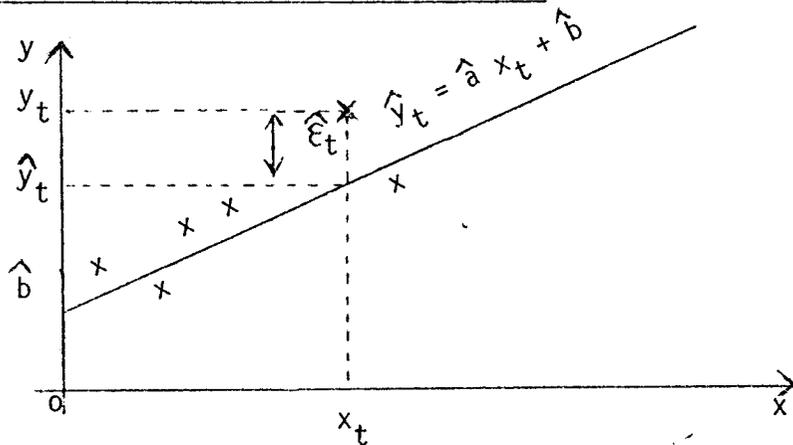
Du fait de cette limitation, l'adéquation du "modèle" à la réalité ne peut être rigoureuse et il subsistera entre chaque valeur observée et la même valeur "théorique" calculée à l'aide du modèle un écart. On pourra souvent admettre que ces écarts, résultant du fait que l'on néglige un grand nombre de variables explicatives ayant chacune d'elles un faible impact sur le phénomène étudié, se comportent comme une variable normale de moyenne nulle.

On voit ainsi apparaître la notion d'écart aléatoire, et c'est la raison pour laquelle l'économétrie statistique est l'instrument privilégié des économistes dans la construction de modèles d'analyse de la demande, destinés d'ailleurs à être utilisés le plus souvent comme outils de prévision.

Nous rappellerons les principaux résultats et les conditions d'application de la méthode des moindres carrés classiques, puis nous examinerons les principales complications rencontrées en pratique. Nous nous en tiendrons à une présentation rapide, renvoyant aux excellents ouvrages spécialisés existant sur ces questions.

2.1 - Les moindres carrés classiques

21.1 - Cas d'une seule variable explicative



Supposons qu'une variable y_t connue sur la période de temps $(0, T)$ dépende d'une variable dite explicative x_t d'une manière linéaire :

$$y_t = a x_t + b + \varepsilon_t$$

ε_t est un écart aléatoire représentant l'ensemble des variables autres que x susceptibles d'agir sur y .

Connaissant l'ensemble d'observations y_t , et les x_t correspondants, le problème est de déterminer les "meilleures" approximations possibles pour a et b .

La méthode des moindres carrés permet d'obtenir des estimations \hat{a} et \hat{b} qui rendent minimum la somme des carrés des écarts ε_t à la droite ajustée :

$$y_t = \hat{a} x_t + \hat{b}$$

27

On peut démontrer que, sous des conditions que nous allons préciser :

- . \hat{a} et \hat{b} sont des estimateurs sans biais
- . parmi les estimateurs linéaires sans biais, \hat{a} et \hat{b} sont les meilleurs, c'est à dire qu'ils ont la variance la plus faible.

Conditions fondamentales

- 1°) Les variables x_t et y_t peuvent être observées sans erreur.
- 2°) x_t est une variable certaine
 ε_t est un écart aléatoire, donc y_t est une variable aléatoire.
- 3°). L'écart ε_t est de moyenne nulle $E(\varepsilon_t) = 0$
 - . sa variance est constante : $E(\varepsilon_t^2) = \sigma^2$ quel que soit t
 - . les écarts sont indépendants les uns des autres, autrement dit : $E(\varepsilon_t \varepsilon_{t'}) = 0$ pour $t' \neq t$

Cas où les écarts aléatoires sont des variables normales :

L'hypothèse d'une distribution normale des ε_t n'est pas nécessaire, on vient de le voir, à l'application et aux propriétés des moindres carrés. Mais on peut souvent retenir cette hypothèse et dans ce cas :

- l'estimation par les moindres carrés se confond avec l'estimation du maximum de vraisemblance ;
- les variables \hat{a} et \hat{b} sont des variables normales dont la variance peut être estimée (loi de Student).

Principales formules (qui sont naturellement programmées systématiquement sur ordinateur)

Estimation sans biais de σ^2 :

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{T-2} \sum \hat{\varepsilon}_t^2$$

Estimation sans biais de \hat{a} :

$$\hat{a} = \frac{\sum (x_t - \bar{x}) (y_t - \bar{y})}{\sum (x_t - \bar{x})^2}$$

$$\text{Variance } \hat{a} : \frac{\sigma^2}{\sum (x_t - \bar{x})^2}$$

Estimation sans biais de \hat{b} :

$$\hat{b} = \bar{y} - \hat{a} \bar{x} = \bar{y} - \bar{x} \frac{\sum (x_t - \bar{x}) (y_t - \bar{y})}{\sum (x_t - \bar{x})^2}$$

$$\text{Variance } \hat{b} : \frac{\sigma^2}{T} \times \frac{\sum x_t^2}{\sum (x_t - \bar{x})^2} = \text{variance } \hat{a} \times \frac{\sum x_t^2}{T}$$

$$\text{Covariance } (\hat{a}, \hat{b}) = -\text{variance } \hat{a} \times \bar{x}$$

Tests de Student dans le cas où les ε_t ont des distributions normales

Signification de \hat{a}

$$t = \frac{(\hat{a} - a) \sqrt{\sum (x_t - \bar{x})^2}}{\sqrt{\frac{\sum \varepsilon_t^2}{T-2}}} = \frac{\hat{a} - a}{\text{estimation } \hat{\sigma}_a}$$

suit la loi de Student à T-2 degrés de liberté.

Signification de b

$$t = \frac{\hat{b} - b}{\text{estimation } \hat{\sigma}_b} = \frac{\hat{b} - b}{\sqrt{\frac{\sum \hat{\epsilon}_t^2}{T-2} \times \frac{1}{T} \times \frac{\sum x_t^2}{\sum (x_t - \bar{x})^2}}$$

suit la loi de Student à $T - 2$ degrés de liberté.

Variance totale = variance expliquée + variance résiduelle

$$\text{Variance résiduelle : } \sigma_{\epsilon}^2 = \frac{1}{T} \sum \hat{\epsilon}_t^2$$

Coefficient de corrélation empirique R

$$R^2 = \frac{\text{variance expliquée}}{\text{variance totale}} = 1 - \frac{\text{variance résiduelle}}{\text{variance totale}}$$

Ce coefficient résume en quelque sorte "l'intensité" de la relation observée.

Dans la pratique, on donnera les résultats :

$$\hat{a}, \hat{\sigma}_a$$

$$\hat{b}, \hat{\sigma}_b$$

la variance résiduelle, et le coefficient de corrélation empirique R.

21.2.- Cas de plusieurs variables explicatives

Dans l'ajustement linéaire sous sa forme la plus générale, les variables y_t sont supposées liées à un ensemble de k variables explicatives :

$X_{1,t} \quad X_{2,t} \quad \dots \quad X_{k,t}$ sous la forme :

$$Y_t = B_1 X_{1,t} + B_2 X_{2,t} + \dots + B_k X_{k,t} + \varepsilon_t$$

ε_t étant le résidu aléatoire et les X_k des variables dont l'une peut être une constante (ce qui ramène à une équation avec un terme constant).

En utilisant le langage matriciel, on écrira :

$$Y = X.B + E$$

Y est un vecteur colonne à T composantes :

$$Y = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_t \\ \vdots \\ Y_T \end{bmatrix} = (Y_1, Y_2, \dots, Y_T)$$

X est une matrice à k colonnes et T lignes :

$$X = \begin{bmatrix} X_{1,1} & X_{1,2} & \dots & X_{1,k} \\ \hline X_{T,1} & X_{T,2} & \dots & X_{T,k} \end{bmatrix}$$

B est un vecteur colonne à k composantes :

$$B = (B_1, B_2, \dots, B_k)$$

E est un vecteur colonne à T composantes :

$$E = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_T)$$

Hypothèses sur le modèle linéaire :

1°) les coefficients B peuvent être quelconques ;

2°) la matrice X est de rang $k \leq T$, donc

- . il y a plus d'observations que de paramètres à estimer ;
- . aucune combinaison linéaire des X n'est nulle ; ce que l'on traduit par absence de collinéarité entre les X (condition difficile à réaliser dans les analyses de séries temporelles).

A ces hypothèses, nous ajouterons, comme précédemment dans le cas d'une seule variable, des hypothèses de nature stochastique sur les variables éleatoires considérées :

- les ε sont des variables aléatoires, dont la loi de probabilité conditionnelle dépend des X.

On suppose comme précédemment :

$$E(\varepsilon) = 0$$

$$V(\varepsilon) = E(\varepsilon \varepsilon') = \sigma^2 I \quad I = \text{matrice unité}$$

c'est à dire que les ε_t ont tous même variance σ^2 (hypothèse d'homoscédasticité), et sont sans autocorrélations.

Application de la méthode des moindres carrés :

On estime le vecteur B de sorte à obtenir le minimum de la somme des carrés des écarts entre les observations Y et leur calcul théorique en fonction des X.

Avec les hypothèses faites, on trouve :

$$\hat{B} = (X' X)^{-1} X' Y$$

Donc \hat{B} , fonction linéaire de Y, est une variable aléatoire et l'on démontre que :

- \hat{B} est un estimateur sans biais ;

- \hat{B} est optimal dans la classe des estimateurs linéaires sans biais

$$s^2 = \frac{1}{T-k} \hat{\varepsilon}' \hat{\varepsilon} = \frac{1}{T-k} (Y - XB)' (Y - XB)$$

constitue un estimateur sans biais de σ^2

Tous ces résultats généralisent ceux que nous avons vus précédemment dans le modèle à une variable explicative ; il en va de même si les erreurs ε sont distribuées normalement :

dans ce cas, l'estimation de la méthode des moindres carrés coïncide avec celle du maximum de vraisemblance des paramètres, et ceux-ci suivent une loi normale, ce qui permet de tester la signification des coefficients (loi de Student).

Les programmes utilisés sur calculateurs donnent maintenant systématiquement tous ces résultats.

2.2 - Quelques complications dans l'application de la méthode des moindres carrés classiques

Dans la pratique, les conditions que nous avons vues pour l'utilisation des moindres carrés ne sont pas toujours remplies ; la méthode doit alors être complétée ou transformée. Nous allons passer en revue rapidement différentes complications :

- 22.1 - auto-corrélation des erreurs
- 22.2 - hétéroscédasticité des erreurs
- 22.3 - modèles auto régressifs
- 22.4 - modèles à retards échelonnés
- 22.5 - équations simultanées.

22.1 - Autocorrélation des erreurs

La matrice des variances et covariances des résidus aléatoires n'est plus diagonale, car $E(\varepsilon_t \varepsilon_{t+\theta}) \neq 0$ au moins pour certains $\theta \neq 0$.

Ce cas se rencontre fréquemment, notamment lors de l'analyse de séries temporelles où les résidus successifs sont souvent corrélés.

- La méthode des moindres carrés reste sans biais, mais n'est plus optimale : il existe dans la classe des estimateurs linéaires sans biais un estimateur de variance plus faible.
- La méthode dite des "moindres carrés généralisés" permet de trouver cet estimateur :

$$\hat{\beta} = (X' V^{-1} X)^{-1} X' V^{-1} Y$$

avec les mêmes notations que précédemment, V étant la matrice des variances - covariances (qui est, rappelons-le : $\sigma^2 I$, lorsqu'il n'y a pas d'autocorrélations).

- Tests pour détecter l'autocorrélation des résidus :

a) Tests non paramétriques :

En l'absence d'autocorrélation, les résidus observés ont un signe aléatoire ; on peut donc observer soit le nombre de séquences S de résidus de même signe, soit le nombre de changements de signes R des résidus. Les lois de probabilité de S et R ont été tabulées, notamment par Kendall, Prajs et Houthakher.

L'efficacité de ces tests est limitée.

b) Test de Durbin et Watson :

Dans un processus purement aléatoire :

$$\sigma^2 = \frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^{T-1} (x_{t+1} - x_t)^2$$

constitue une estimation sans biais de $2\sigma^2$

S'il y a une autocorrélation d'ordre 1, σ^2 sur une estimation sans biais de $2\sigma^2(1-r_1)$ (r_1 coefficient d'autocorrélation d'ordre 1) l'estimation habituelle de σ^2 étant :

$$s^2 = \frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^{T-1} (x_t - \bar{x})^2$$

le rapport $\frac{\sigma^2}{s^2}$ (appelé souvent : "rapport Von Neumann") est donc proche de : $2(1-r_1)$; si l'autocorrélation est faible le rapport est proche de 2, si elle est forte il est proche de zéro.

Le test de Durbin et Watson est alors le suivant :

- le modèle linéaire, ajusté avec une constante, comprend k' variables exogènes, autres que 1 ;
- ayant fait l'ajustement par les moindres carrés classiques, on calcule sur les résidus observés $\hat{\varepsilon}_t$:

$$d = \frac{\sum_{t=1}^{T-1} (\hat{\varepsilon}_{t+1} - \hat{\varepsilon}_t)^2}{\sum_{t=1}^T \hat{\varepsilon}_t^2}$$

Durbin et Watson ont montré que d était nécessairement compris entre deux valeurs d_L et d_U ; si $d < d_L$ on acceptera l'hypothèse d'autocorrélation positive, si $d > d_U$ on acceptera l'hypothèse d'indépendance, si $d_L < d < d_U$ on ne pourra pas conclure.

Cas où les erreurs sont définies par un processus auto-régressif simple

Faute d'informations suffisantes, on suppose souvent que les résidus sont liés par un processus auto-régressif

$$\varepsilon_t = \rho \varepsilon_{t-1} + u_t \quad \rho \in]-1, 1[$$

$$E(u_t) = 0 \quad E(u_t u_{t+\theta}) = 0 \quad \text{si } \theta \neq 0 \\ = \sigma^2 u \quad \text{si } \theta = 0 \quad \text{pour tout } t$$

On en déduit :

$$y_t - \rho y_{t-1} = \beta (X_t - \rho X_{t-1}) + u_t$$

Dans cette régression de $y_t - \rho y_{t-1}$ sur $X_t - \rho X_{t-1}$ on peut appliquer la méthode ordinaire des moindres carrés, qui a toutes ses propriétés d'optimalité compte-tenu des conditions sur les résidus u_t .

En particulier, si $\rho = 1$ il s'agit d'une régression sur les différences premières, pour laquelle la méthode ordinaire des moindres carrés est optimale.

En revanche, si ρ est proche de zéro, la régression sur les différences premières introduit une autocorrélation dans les résidus, et elle est moins efficace que la régression effectuée sur les variables elles-mêmes.

Procédures d'estimations :

La matrice des variances - covariances \hat{V} est en fait très difficile à estimer, et l'on a recours à divers palliatifs :

- faire les deux régressions (sur les variables, et sur leurs différences et comparer les estimations ; en effet dans un schéma autorégressif les estimations de variance minimale sont comprises entre les deux précédentes ($p = 0$, $p = 1$)).
- calculer, sur les résidus empiriques d'une régression par les moindres carrés ordinaires, le coefficient p d'une autocorrélation supposée :
$$\varepsilon_t = p \varepsilon_{t-1} + u_t$$
- déterminer simultanément les coefficients de la régression et de la liaison des erreurs ; revenant au processus autorégressif du 1er ordre, nous avons vu que les moindres carrés classiques sont une méthode optimale pour régresser $y_t - p y_{t-1}$ sur $X_t - p X_{t-1}$, le paramètre p étant inconnu.

La méthode proposée par Durbin consiste à estimer d'abord p par une régression : $y_t = p y_{t-1} + a_1 X_t + a_2 X_{t-1} + u_t$
(sans aucune restriction sur les coefficients a_1 et a_2).

- puis de régresser $y_t - \hat{p} y_{t-1}$ sur $X_t - \hat{p} X_{t-1}$ pour avoir une estimation de B . On peut éventuellement continuer cette méthode par approximations successives.
- employer une méthode empirique de balayage des valeurs de p dans l'intervalle $(0, 1)$, en estimant B à chaque fois par les moindres carrés classiques. On retiendra le couple (p, B) minimisant la fonction : $\sum (y_t - \hat{y}_t)^2$.

Cette méthode peut être programmée facilement sur ordinateur.

Formules de prévision :

Il y a intérêt à tenir compte de l'autocorrélation des erreurs dans la formule de prévision ; par exemple, dans un processus autorégressif du premier ordre, on prendra :

$$\hat{y}_{t+1} = X_{t+1} B + \hat{\varepsilon}_{t+1}$$

$$\text{avec } \hat{\varepsilon}_{t+1} = \hat{\rho} \hat{\varepsilon}_t$$

En ce qui concerne B, on a vu les différentes méthodes d'estimation possible ; M. Vangrevelinghe note ⁽¹⁾ què "on se contente souvent d'estimer \hat{B} par la méthode habituelle des moindres carrés, mais on tient compte de l'autocorrélation des erreurs, que l'on estime sur les données disponibles, pour améliorer la prévision.

22.2 - Hétéroscédasticité des erreurs

Situation du problème

L'une des hypothèses fondamentales de la méthode des moindres carrés est l'homoscédasticité des erreurs, c'est à dire qu'elles ont même variance d'une observation à l'autre. Nous examinons ici le cas d'hétéroscédasticité : $E(\varepsilon_1^2) \neq E(\varepsilon_2^2) \neq \dots \neq E(\varepsilon_T^2)$ mais en supposant que les erreurs ne sont pas corrélées les unes aux autres.

La matrice des variances et covariances est symétrique et s'écrit :

$$V = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & 0 & \dots & \dots \\ 0 & \sigma_2^2 & 0 & \dots \\ 0 & \dots & \sigma_T^2 & \dots \end{pmatrix}$$

Cette matrice se présente comme un cas particulier de la matrice générale des variances et covariances examinée à propos de l'autocorrélation des erreurs et l'on peut appliquer les résultats correspondants.

(1) Gabriel Vangrevelinghe, cours d'Econométrie à l'ENSPM.

Méthode de la régression pondérée

Dans certains cas, on a une idée sur la nature de la loi qui relie ces différentes variances ; on cherche alors à trouver un changement de variable permettant l'application directe de la méthode des moindres carrés.

M. Vangrevelinghe en donne l'exemple suivant : dans les enquêtes de budget de famille, la dispersion des comportements croît avec le revenu (puisque les possibilités de choix entre plusieurs biens augmentent) ; dans l'estimation de la loi de demande :

$$C_t = a + b R_t + \varepsilon_t$$

on supposera $E(\varepsilon_t^2) = \sigma^2 R_t^2$

En régressant $\frac{C_t}{R_t} = \frac{a}{R_t} + b + \frac{\varepsilon_t}{R_t}$

par la méthode des moindres carrés, on a une estimation optimale des paramètres a et b , car l'erreur $u_t = \frac{\varepsilon_t}{R_t}$ a pour matrice des variances et covariances $\sigma^2 I$.

On a donc pondéré les différents termes par 1 avant de faire la régression par les moindres carrés : il y a un certain R_t nombre de situations dans lesquelles on peut procéder par des régressions pondérées de cette sorte.

22.3 - Modèles autorégressifs

a) Présentation générale

Dans la construction de modèles explicatifs de séries chronologiques, il est fréquent que les valeurs passées de la variable à expliquer interviennent sur le niveau de cette variable à l'époque que l'on considère : ainsi les niveaux des consommations C_{t-1} , C_{t-2} ... C_{t-h} peuvent-ils parfois intervenir comme facteur explicatif de la consommation C_t .

On en verra des exemples en divers chapitres de ce livre. Ainsi encore Ducsenberry faisait-il intervenir un "effet de cliquet" pour expliquer l'évolution de la consommation des ménages américains : la consommation à l'époque t dépend des niveaux maximum enregistrés précédemment, traduisant le fait que les consommateurs habitués à certaines dépenses ne vont pas volontiers en arrière.

Un modèle autorégressif s'écrit :

$$Y_t = a_1 Y_{t-1} + a_2 Y_{t-2} + \dots + a_h Y_{t-h} + X_t \beta + \varepsilon_t$$

Peut-on déterminer les coefficients a_h et β par la méthode des moindres carrés en considérant les quantités Y_{t-h} comme prédéterminées ?

Puisque les variables Y_{t-1}, \dots, Y_{t-h} dépendent chacune de $\varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \dots, \varepsilon_{t-h}$, la distribution conditionnelle des ε_t n'est pas, a priori, la même quel que soit t . Il y a donc hétéroscédasticité des erreurs et la méthode ordinaire des moindres carrés n'a pas ici ses conditions générales d'application.

b) Procédures d'estimation des paramètres

Si les erreurs ne sont pas liées entre elles, il n'y a cependant généralement pas d'erreur grave à estimer les paramètres par la méthode ordinaire des moindres carrés en considérant les valeurs retardées de la variable endogène comme des variables exogènes. Cependant les prévisions obtenues à l'aide de cette méthode ne sont pas très bonnes, car les variances réelles des paramètres peuvent être notablement supérieures à celles que donne la formule habituelle à partir des moindres carrés.

Si les erreurs sont liées entre elles, les estimations ne sont pas convergentes lorsque le nombre des observations augmente ; on va examiner les méthodes utilisées dans les régressions simples avec autocorrélations des erreurs (cf. ci-dessus 22.1).

- autocorrélation par processus autorégressif :

$$\varepsilon_t = \rho \varepsilon_{t-1} + \eta_t$$

les erreurs η_t étant indépendantes

La transformation : $Y_t - \rho Y_{t-1}$ permet d'obtenir par les moindres carrés une estimation correcte des paramètres ; il faut cependant pouvoir connaître ou estimer ρ .

- réalisation de deux régressions : l'une sur les variables, l'autre sur leurs différences premières, en comparant les résultats obtenus sur les paramètres : s'ils sont voisins, on les conservera.

- estimation simultanée des paramètres et du coefficient ρ :

$$\text{Partant de : } \begin{cases} Y_t : a Y_{t-1} + b X_t + \varepsilon_t \\ \varepsilon_t = \rho \varepsilon_{t-1} + \eta_t \end{cases}$$

On déduit :

$$Y_{t-1} = a Y_{t-2} + b X_{t-1} + \varepsilon_{t-1}$$

$$\text{d'où } Y_t - \rho Y_{t-1} = a Y_{t-1} - a \rho Y_{t-2} + b X_t - b \rho X_{t-1} + \eta_t$$

$$Y_t = (a + \rho) Y_{t-1} - a \rho Y_{t-2} + b X_t - b \rho X_{t-1} + \eta_t$$

Il faut estimer a, b, ρ ; le modèle n'est pas linéaire, mais si l'on part d'une valeur ρ_1 il le devient et l'on peut estimer a et b , puis par itération estimer ρ_2 etc...

22.4 - Les modèles à retards échelonnés

L'observation économique met en évidence des décalages et des étalements dans le temps de l'effet de variables économiques les unes sur les autres ; nous le verrons plus loin, dans le chapitre consacré aux "fluctuations". Signalons par exemple que l'évolution des liquidités des ménages d'une année sur l'autre a des effets en France sur l'achat de biens durables importants (automobile, notamment) l'année suivante. Les progrès réalisés dans les modèles de prévision à court terme (1 an, 18 mois) viennent d'une meilleure analyse et d'une meilleure mise en oeuvre de ces phénomènes économiques.

Un tel modèle s'écrit sous la forme générale :

$$Y_t = (a_0 X_t + a_1 X_{t-1} + \dots + a_h X_{t-h}) + (b_0 Z_t + b_1 Z_{t-1} + \dots + b_h Z_{t-h}) + \epsilon_t$$

s'il y a deux variables explicatives intervenant depuis des époques différentes.

Il est bien évident que, si l'on ne connaît rien sur les paramètres a_i et b_j , on est limité dans la pratique par le faible nombre de données disponibles pour obtenir des estimations précises de ces paramètres.

Aussi cherche-t-on par le raisonnement économique à imaginer des lois concernant des paramètres de manière à limiter le nombre des inconnues à estimer.

On supposera souvent que les paramètres décroissent selon une progression géométrique (techniques du lissage exponentiel que l'on retrouvera dans les chapitres 9 et 10 de ce livre) :

soit le modèle $Y_t = a_0 X_t + a_1 X_{t-1} + \dots + a_h X_{t-h} + k + \epsilon_t$
avec l'hypothèse $a_i = a_0 p^i$ $0 < p < 1$

Le modèle s'écrit :

$$Y_t = a_0 X_t + a_0 p X_{t-1} + \dots + a_0 p^h X_{t-h} + k + \varepsilon_t$$

$$\text{ou } Y_t = a_0 \sum_{i=0}^h p^i X_{t-i} + k + \varepsilon_t$$

$$Y_t - p Y_{t-1} = a_0 X_t - a_0 p^{h+1} X_{t-h-1} + k(1-p) + (\varepsilon_t - p \varepsilon_{t-1})$$

$$\text{donc } Y_t = p Y_{t-1} + a_0 X_t - a_0 p^{h+1} X_{t-h-1} + k(1-p) + (\varepsilon_t - p \varepsilon_{t-1})$$

Le modèle à retards échelonnés considéré est donc équivalent à un modèle autorégressif à erreurs liées en négligeant, si p^{h+1} est suffisamment petit, la variable retardée X_{t-h-1} .

D'une manière générale, un modèle à retard échelonné portant sur une seule variable peut être transformé en modèle autorégressif, et inversement un modèle autorégressif stable, à une seule équation, peut généralement être transformé en modèle à retards échelonnés. (On a déjà vu l'application de cette propriété à propos des modèles de revenu permanent, développés notamment par M. Vangrevelinghe par la France, et on le retrouvera aux chapitres 9 et 10 ci-après).

Estimation des paramètres des modèles à retards échelonnés

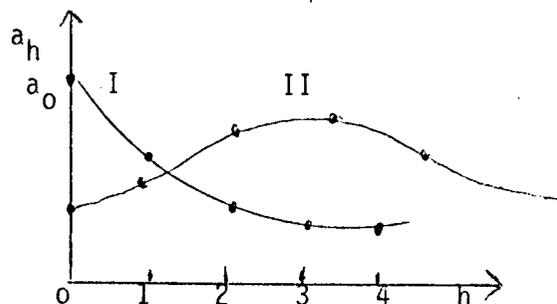
On l'a déjà dit, l'estimation directe est souvent imprécise, à cause du faible nombre d'observations dont on dispose généralement et aussi du fait des collinéarités fréquentes entre les valeurs d'une même variable décalées dans le temps.

On est donc amené à spécifier des hypothèses sur ces paramètres.

a) Formes utilisées

On trouvera différentes formes de courbes pour les coefficients a_h , analogues à celles que nous signalons sur l'influence d'actions diverses de marketing, notamment hors d'actions de promotion (cf. chapitre X).

Par exemple une courbe décroissante telle que (I) ou avec un maximum telle que (II)



Dans le cas de la forme (I) on retiendra souvent une décroissance selon une raison géométrique

$$a_i = a_0 p^i$$

Dans le cas de la formule (II), divers types de fonctions ont été proposées (polynomiales, ou fractions rationnelles, etc.).

b) Estimations directes

Shirley Almon⁽¹⁾ a proposé une représentation polynomiale pour les coefficients a_i , telle que :

$$a_\theta = \alpha_0 + \alpha_1 \theta + \alpha_2 \theta^2 + \dots + \alpha_{q+1} \theta^{q+1} \quad 0 \leq \theta \leq h$$

θ prend les $h + 1$ valeurs $= 0, 1, 2, \dots, h$

Almon propose de prendre $q + 2$ très inférieur à $h + 1$, soit q très inférieur à $h - 1$ pour que l'on ait notablement moins de paramètres à estimer ; si l'on suppose que X_{t+1} est sans influence sur Y_t donc $a_{-1} = 0$ et que $X_{t-(h+1)}$ est sans influence, donc $a_{h+1} = 0$ on introduit deux contraintes linéaires sur les x et il reste q paramètres à estimer.

(1) Shirley Almon "The distributed lag between capital appropriations and expenditures" *Econometrica* I - 1965.

En pratique, on déterminera q points (choisis au hasard) de la fonction polynomiale par ajustement classique des moindres carrés entre les observations Y_t et le modèle spécifié en fonction de X .

Ayant calculé ces points, les autres valeurs de la fonction polynomiale seront déterminées par des combinaisons linéaires.

22.5 - Modèles à équations simultanées

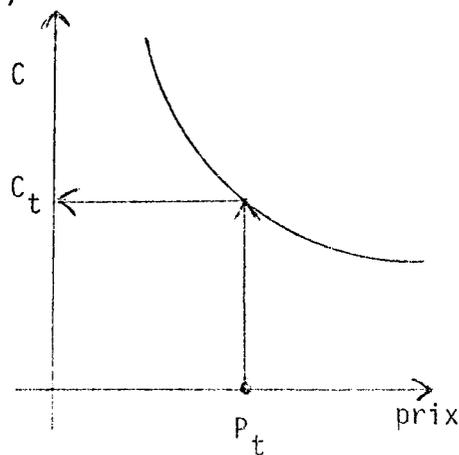
a) Situation du problème

Dans les modèles que nous avons examinés jusqu'à présent, on rencontrait une variable endogène expliquée dans une équation par une ou plusieurs variables exogènes, c'est à dire prédéterminées.

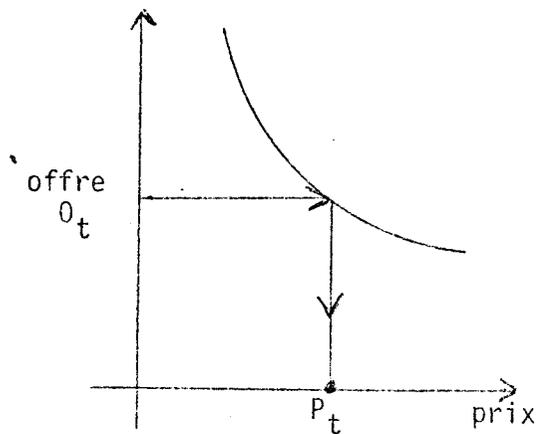
Ainsi dans l'équation liant la consommation d'un produit au revenu et au prix,

$$C_t = a h_t + b p_t + c + \epsilon_t$$

les variables R_t et p_t sont supposées déterminées indépendamment de C_t . S'agissant du rôle du prix, par exemple, c'est lui qui fixe le niveau de la demande, toutes choses étant égales par ailleurs (cf graphique n° 1)



graphique 1



graphique 2

On peut considérer que la demande de transport aérien est à peu près dans ce cas.

46

A l'inverse, il est des situations où l'offre d'un produit, c'est à dire la quantité offerte, détermine son prix : par exemple sur le marché mondial c'est la quantité d'arachide offerte qui détermine le cours de l'arachide (cf. graphique n° 2).

On peut enfin trouver des situations intermédiaires où la quantité demandée et la quantité offerte sont toutes deux fonctions du prix. Ce serait le cas du transport aérien si les compagnies faisaient varier leurs tarifs en cours d'année pour agir sur la demande de manière à assurer un meilleur coefficient de remplissage des avions.

Il importe donc de faire une analyse du phénomène économique pour spécifier correctement les modèles, et ce n'est pas toujours très facile.

Dans le cas où l'on se trouverait avec une quantité demandée et une quantité offerte fonctions uniquement des prix, telles que :

$$\text{(demande)} \quad q_t = \alpha_1 + \beta_1 p_t + \varepsilon_{1,t}$$

$$\text{(offre)} \quad q_t = \alpha_2 + \beta_2 p_t + \varepsilon_{2,t}$$

On ne peut pas déterminer les paramètres α_1 , β_1 , α_2 , β_2 .

En effet, partant de ces équations que l'on appelle structurelles (du fait qu'elles sont écrites en reflétant l'analyse économique faite), pour résoudre p_t et q_t

$$\text{on trouve :} \quad q_t = \frac{\beta_1 \alpha_2 - \beta_2 \alpha_1}{\beta_1 - \beta_2} + \frac{\beta_1 \varepsilon_{2,t} - \beta_2 \varepsilon_{1,t}}{\beta_1 - \beta_2}$$

$$p_t = - \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\beta_1 - \beta_2} - \frac{\varepsilon_{1,t} - \varepsilon_{2,t}}{\beta_1 - \beta_2}$$

c'est à dire les coordonnées du point d'intersection des courbes d'offre et de demande.

Pour parvenir à une identification de la fonction de demande, il suffit d'écrire que l'offre dépend, outre du prix, d'un facteur tel que la climatologie, que nous appellerons θ_t . (C'est le cas par exemple aux Philippines où la production de coprah dépend de la quantité de pluie tombée au printemps). L'équation d'offre s'écrit alors :

$$y_t = \alpha_2 + \beta_2 p_t + \gamma_2 \theta_t + \varepsilon_{2,t}$$

L'équation de demande restant :

$$q_t = \alpha_1 + \beta_1 p_t + \varepsilon_{1,t}$$

avec, à l'équilibre cherché : offre = demande.

Eliminant q_t entre ces deux équations, on obtient une expression de p_t en fonction de θ_t =

$$\begin{aligned} p_t (\beta_1 - \beta_2) &= \gamma_2 \cdot \theta_t - \varepsilon_{1,t} + \varepsilon_{2,t} - \alpha_1 + \alpha_2 \\ &= \gamma_2 \cdot \theta_t - (\alpha_1 - \alpha_2) - (\varepsilon_{1,t} - \varepsilon_{2,t}) \end{aligned}$$

Cette relation montre que p_t dépend de $\varepsilon_{1,t}$ et que l'on ne peut donc résoudre directement l'équation de demande par les moindres carrés classiques.

En revanche, si l'on substitue p_t par son expression en fonction de θ_t , on obtient q_t en fonction de θ_t =

$$\begin{aligned} q_t (\beta_1 - \beta_2) &= \alpha_1 (\beta_1 - \beta_2) + \beta_1 (\alpha_2 - \alpha_1 + \gamma_2 \theta_t + \varepsilon_{2,t} - \varepsilon_{1,t}) \\ &\quad + \varepsilon_{1,t} (\beta_1 - \beta_2) \end{aligned}$$

ou $q_t (\beta_1 - \beta_2) = \alpha_2 \beta_1 - \alpha_1 \beta_2 + \beta_1 \gamma_2 \theta_t + (\beta_1 \varepsilon_{2,t} - \beta_2 \varepsilon_{1,t})$

Ces expressions de p_t et q_t en fonction de θ_t sont appelées équations réduites, car leur signification économique n'est pas évidente ; la variable intermédiaire θ_t porte le nom de variable instrumentale.

On peut estimer séparément les paramètres de ces deux équations réduites par la méthode habituelle des moindres carrés et obtenir des estimations de α_1 et β_1 , biaisées mais convergentes : on connaît donc l'équation de demande. En revanche on vérifie qu'il manque une relation pour identifier les 3 paramètres α_2 , β_1 et γ_2 de l'équation d'offre.

L'identification de cette dernière équation devient possible si la demande des consommateurs est fonction d'un autre facteur (par exemple leur revenu), en plus du prix.

En revanche si l'offre des producteurs est liée non seulement au prix p_t mais encore aux prix agricoles de l'année précédente, alors on a trop d'équations pour déterminer les paramètres de l'équation de demande qui est dite suridentifiable.

Remarquons enfin deux cas particuliers où l'identification de la fonction de demande est possible :

- Supposons d'abord le cas où la fonction de demande étant stable au cours du temps, l'offre se trouve être entièrement élastique, c'est à dire s'ajuste automatiquement à la demande faite pour un prix donné.

Dans ce cas, les différents couples (Q_t, P_t) se déplacent le long de la courbe de demande dont on peut effectivement déterminer les paramètres en régressant Q_t sur p_t

- A l'inverse, si l'offre est totalement inélastique (situation rencontrée en agriculture pour les productions d'arbres fruitiers), c'est la quantité offerte qui déterminera le prix sur la courbe de demande et l'on obtiendra cette courbe en régressant cette fois p_t sur Q_t .

On retrouve les deux situations "nures" décrites au début de ce paragraphe et représentées sur les graphiques N° 1 et N° 2 .

b) Résolution des systèmes

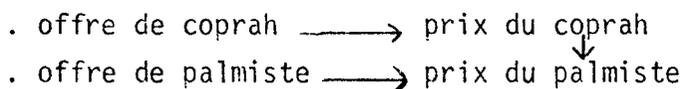
. Cas particulier : système récursif d'équations simultanées.

Un cas simple est celui où les équations peuvent être résolues l'une après l'autre, grâce à leur caractère récursif. L'économiste Wold a particulièrement étudié ces situations. Prenant comme exemple les huiles⁽¹⁾, on a pu mettre en évidence le fait que la quantité produite de coprah déterminait son prix sur le marché mondial :

$$. \text{ prix du coprah} = f(\text{quantité coprah}) + \varepsilon_{1,t}$$

tandis que pour l'huile de palmiste son prix était déterminé à la fois par la quantité offerte de palmiste et par le prix du coprah :

$$. \text{ prix de palmiste} = g(\text{quantité palmiste}) + h(\text{prix coprah}) + \varepsilon_{2,t}$$



Dans une telle situation, on commencera par régresser le prix du coprah sur la quantité offerte, par les moindres carrés ordinaires :

$$\text{Log } p_{1t} = \alpha_1 \text{Log } q_{1t} + \varepsilon_{1,t}$$

puis par régresser le prix du palmiste sur l'offre de palmiste et le prix du coprah déterminé par la relation précédente :

$$\text{Log } p_{2t} = \alpha_2 \text{Log } q_{2t} + \beta_2 \text{Log } p_{1t} + \varepsilon_{2t}$$

(Il faut, bien entendu, que : $E(\varepsilon_{1t} \varepsilon_{2t'}) = 0$ pour toutes valeurs de t et t')

D'une manière générale, lorsque les équations pourront se mettre sous forme d'un système récursif on procédera de manière analogue en appliquant de proche en proche les moindres carrés.

(1) Etude faite pour le compte de la C.E.E. pour la Sema, sous la direction de Daniel Bachelet et développée au chapitre V ci-après.

Cas général des équations simultanées

Lorsqu'il n'est pas possible de construire un système récursif on ne peut utiliser la méthode ordinaire des moindres carrés ; plusieurs solutions ont été proposées à ce problème :

- le passage par les équations réduites
- les doubles moindres carrés, de Theil
- les triples moindres carrés, de Zellner
- la méthode de la Cowles Commission, dite aussi du "maximum de vraisemblance à information limitée"
- les estimateurs de la classe de Theil

Nous ne parlerons ici que des deux premières solutions, renvoyant pour les autres aux ouvrages spécialisés.

- Les équations réduites

Passant de la forme structurelle à la forme réduite, nous avons vu qu'il était possible d'appliquer les moindres carrés ordinaires à chacune des équations réduites.

Les difficultés d'emploi de la méthode tiennent :

- . soit à la complexité d'écriture de ces équations ;
- . soit aux impossibilités d'identification des paramètres des équations structurelles à partir des estimations des paramètres des équations réduites, soit qu'il y ait sous-identification, soit qu'il y ait sur-identification : la méthode ne peut s'utiliser que si le modèle est juste identifiable.

- Les doubles moindres carrés de Theil

Cette méthode suppose que le système soit sur-identifiable.

Si l'on revient à l'équation de demande :

$$q_t = \alpha_1 + \beta_1 p_t + \varepsilon_{1,t}$$

supposée associée à une équation d'offre faisant intervenir le même p_t on sait qu'on ne peut employer les moindres carrés ordinaires à cause de la corrélation existant entre p_t et $\varepsilon_{1,t}$.

Le principe de la méthode des doubles moindres carrés est de procéder en deux temps :

- régresser d'abord p_t en fonction de θ (qui caractérise la climatologie, et est exogène)

$$p_t = A_0 + A_1 \theta_t + \eta_{1,t}$$

on obtient \hat{A}_0 et \hat{A}_1 par les moindres carrés ordinaires.

- régresser ensuite q_t sur \hat{p}_t , valeur estimée de p dans la régression précédente :

$$\hat{p}_t = \hat{A}_0 + \hat{A}_1 \theta_t$$

\hat{p}_t est une fonction exacte de θ_t sans corrélation avec ε_t

$$q_t = \alpha_1 + \beta_1 \hat{p}_t + (\varepsilon_{1,t} + \beta_1 \eta_{1,t})$$

par ailleurs \hat{p}_t est son corrélation avec $\eta_{1,t}$ (propriété de la méthode ordinaire des moindres carrés).

L'estimation de $\hat{\beta}_1$ obtenue par cette méthode est convergente.

Forme générale de la méthode des doubles moindres carrés

En prenant la relation matricielle, le système peut s'écrire

$$B Y_t + C X_t = \varepsilon_t$$

- . Y_t est le vecteur colonne des n variables endogènes à l'époque t
- . X_t est le vecteur colonne des p variables exogènes à l'époque t
- . ε_t est le vecteur colonne des n résidus aléatoires correspondant aux n équations structurelles
- . B est la matrice carrée des coefficients des variables endogènes dans les n équations structurelles (coefficients b_{ij}).
- . C est la matrice rectangulaire (n x m) des coefficients des variables exogènes du modèle. (Coefficients C_{ik}).

(Remarquons que le système n'admet de solutions que s'il y a au moins autant d'équations structurelles que de variables endogènes, ce qui est relativement intuitif).

On prendra par commodité $b_{ii} = 1$ et le système s'écrit donc :

$$\begin{vmatrix} 1 & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & 1 & & b_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1} & \dots & \dots & 1 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} C_{11} & C_{12} & \dots & C_{1p} \\ C_{21} & C_{22} & \dots & C_{2p} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ C_{n1} & C_{n2} & \dots & C_{np} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_p \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{vmatrix}$$

Le principe de la méthode est analogue à ce que nous venons de voir sur l'exemple ci-dessus ; prenons par exemple le vecteur Y_1 qui a T composantes (t varie de 1 à T), il peut s'exprimer en fonction des vecteurs Y_2, \dots, Y_n et X_1, X_2, \dots, X_p ; mais chacune des variables Y_h est en corrélation avec le résidu ε_1 . Dans un premier temps, on va régresser chacune des variables endogènes Y_2, \dots, Y_n sur toutes les variables exogènes X_1, X_2, \dots, X_p par la méthode ordinaire des moindres carrés.

On obtient ainsi des variables estimées $\hat{Y}_2, \hat{Y}_3, \dots, \hat{Y}_n$

Dans un deuxième temps, on régresse Y_1 sur l'ensemble de ces variables et les variables exogènes X , en appliquant ainsi une deuxième fois la méthode des moindres carrés, d'où le nom donné à cette méthode qui est très utilisée en pratique car elle est programmée sur ordinateur.

Conclusion sur les rappels d'économétrie statistique

En définitive, on aura vu que l'imagination des économètres s'est largement employée - en particulier au cours des trente dernières années - pour mettre au point des outils raffinés d'estimation des paramètres des équations.

Nous voudrions en retirer quelques réflexions :

. Tout d'abord s'affirme la nécessité de bien spécifier les modèles, c'est à dire d'imaginer les relations possibles de causalité avec leurs conséquences :

- d'une part sur la dépendance ou l'indépendance des équations entre elles,

- d'autre part sur les liaisons possibles entre les erreurs.

On verra notamment au chapitre 9 les progrès accomplis dans les modèles de prévision à très court terme grâce à l'étude systématique des lois régissant les erreurs.

. En second lieu, il importera toujours de garder bonne mesure entre les raffinements statistiques et les travaux sur les données elles-mêmes : il est inutile de raffiner sur des données imprécises et une partie fondamentale du travail du prévisionniste consiste à élaborer et critiquer des données : nous insisterons à maintes reprises sur cet aspect tout au long de ce livre.

. Enfin, le troisième point que nous voudrions mettre en valeur, c'est en quelque sorte le caractère fondamental, en pratique, de la méthode des moindres carrés :

- soit que l'on puisse l'utiliser directement lorsque les conditions fondamentales sont remplies, ou qu'elle reste non biaisée même si elle n'est pas la plus efficace (auto-corrélation des erreurs) ;

- soit que l'on s'y ramène :

- . par des transformations sur les variables (modèles auto-régressifs, régression pondérée) ;
- . par l'intermédiaire de variables "instrumentales" (équations réduites, dans le cas des équations simultanées) ;
- . en procédant par étapes, comme dans la méthode de Theil des doubles moindres carrés (équations simultanées) ;
- . par itération dans des approximations successives (méthode de Durbin, pour les modèles auto-régressifs).

CHAPITRE II

PRINCIPALES FONCTIONS

On a regroupé dans ce chapitre les types de fonctions les plus couramment employées ; dans une première section figurent celles relatives à des flux de produits, ou fonctions de demande. Dans une deuxième section on trouvera celles relatives à des stocks ou parcs. (1)

2.1 - Fonctions de demande

Les variables explicatives les plus courantes sont le revenu et les prix ; parfois la variable temps figure explicitement lorsqu'un produit est nouveau et que son développement est lié à une mode ou à un changement des habitudes. Nous désignerons par C la consommation à expliquer, et par x la variable explicative.

21.1 - Fonction linéaire

C = ax + b si x est un revenu, a est > 0
si x est un prix, a est < 0

L'élasticité $\frac{dc}{C} ; \frac{dx}{x} = \frac{a x}{a x + b} = \frac{1}{1 + \frac{b}{ax}}$

Si a > 0 (consommation en fonction du revenu)

L'évolution de l'élasticité au revenu dépend du signe de b.

Si b est > 0 (ce qui caractérise des biens nécessaires) l'élasticité est > 0, elle croît de 0 à 1 en tendant vers 1 par valeurs inférieures.

Si b est < 0 (ce qui caractérise des biens dits "de luxe") la consommation n'apparaît qu'au delà du seuil de revenu $x = \frac{-b}{a}$ et l'élasticité décroît de +∞ à 1 en étant constamment supérieure à 1.

(1) Les logarithmes que nous avons considérés dans ce chapitre sont des logarithmes népériens.

Si $a < 0$ (consommation en fonction du prix) seul le cas où $b > 0$ a un sens ; l'élasticité est constamment négative et décroît vers -2 lorsque le prix tend vers la valeur $-b/a$.

Fonction exponentielle

$$C = e^{ax + b}$$

En prenant les logarithmes, on se ramène à la fonction linéaire précédente :

$$\text{Log } C = ax + b$$

On obtient graphiquement une droite sur du papier semi-logarithmique.

L'élasticité est égale à ax .

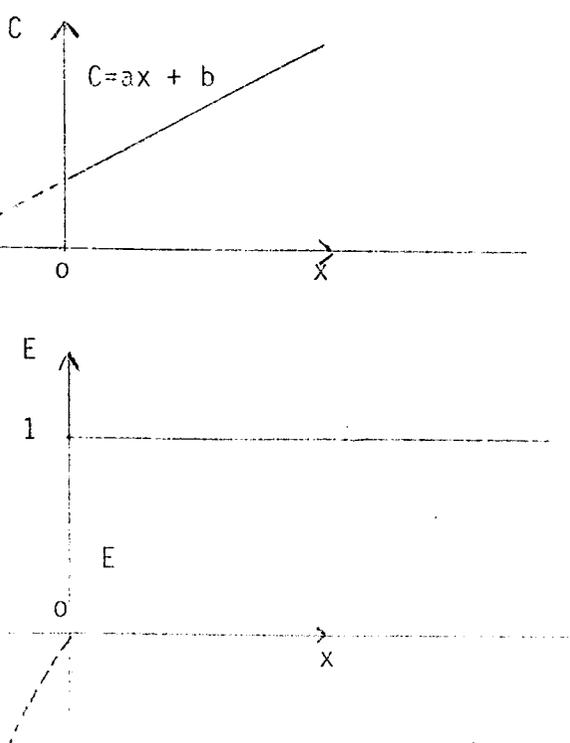
Lorsque x représente le temps, on voit que le taux d'accroissement d'une année sur l'autre est constant, ce qui est la propriété de la croissance exponentielle.

Une telle fonction est fréquemment utilisée pour représenter des tendances croissantes sur des périodes de développement d'un marché nouveau.

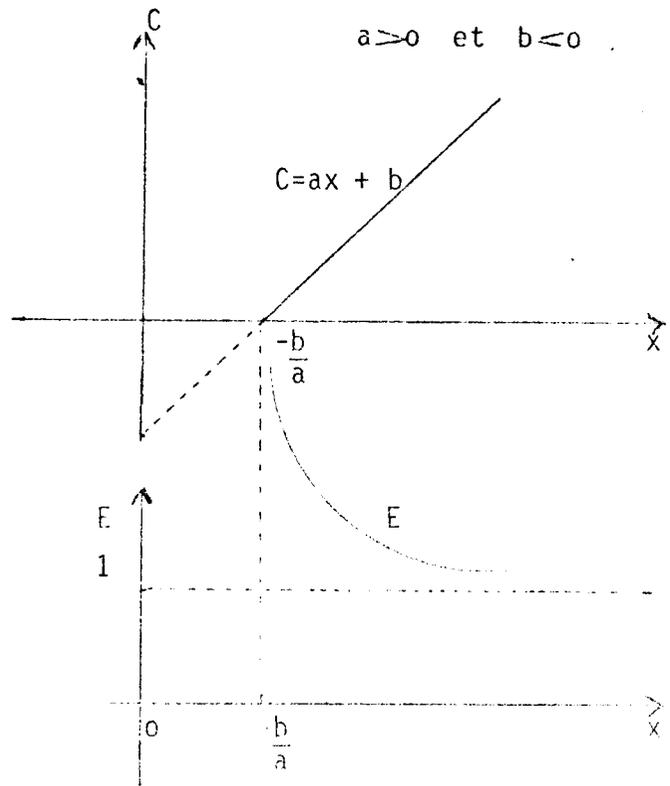
Fonction linéaire

$a > 0$ (consommation fonction du revenu)

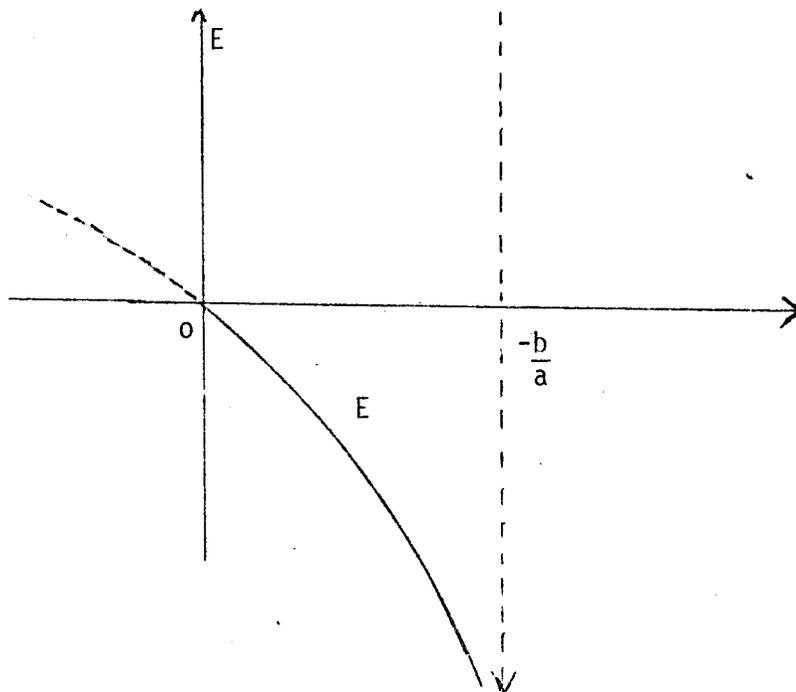
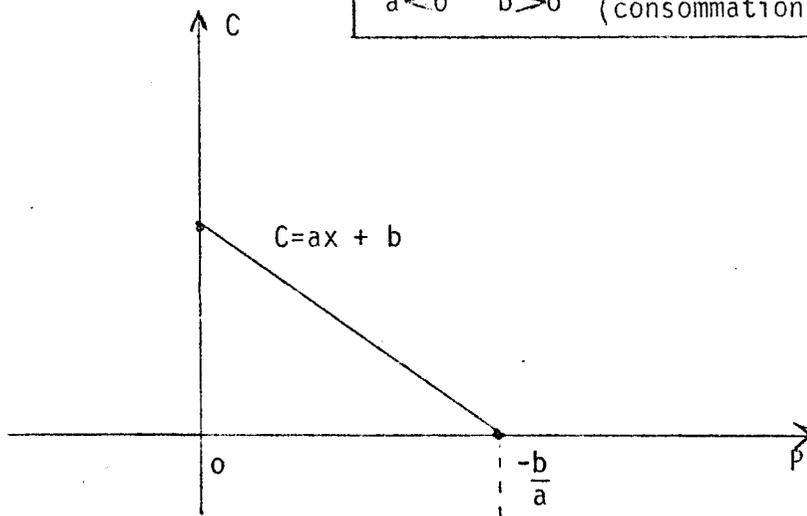
$a > 0$ et $b > 0$



$a > 0$ et $b < 0$

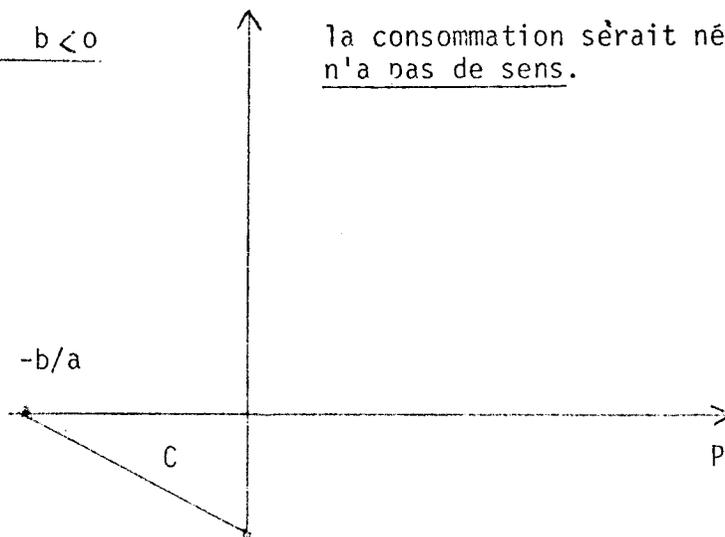


$a < 0$ $b > 0$ (consommation fonction du prix)



$a < 0$ $b < 0$

la consommation serait négative = cette situation n'a pas de sens.



21.2 - Fonction de puissance

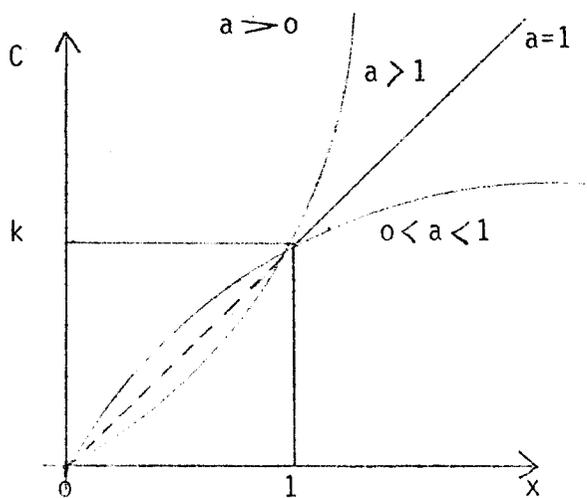
$$C = k x^a$$

Cette fonction se ramène à une fonction linéaire en prenant les logarithmes :
 $\text{Log } C = a \text{ Log } x + \text{Log } k = a \text{ Log } x + b$

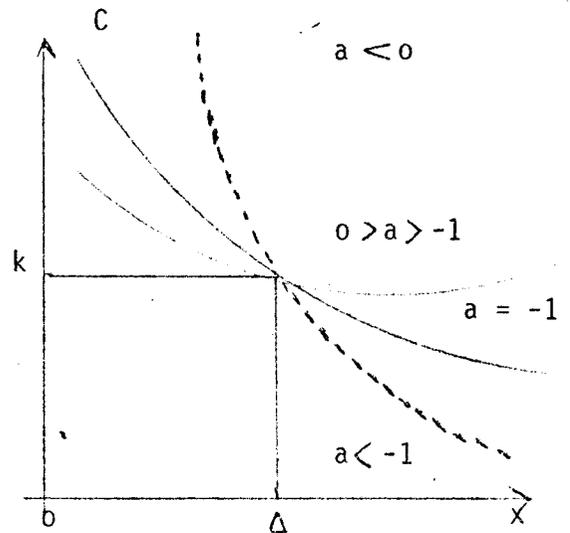
si x est un revenu, a est ≥ 0

si x est un prix, a est ≤ 0

Les élasticités, au revenu ou au prix, sont constantes et égales à a ;
 ces fonctions sont très utilisées, au moins sur des plages de variation
 pour lesquelles on peut admettre que l'élasticité est constante.



(x est un revenu)



(x est un prix)

Fonction semi-logarithmique

$C = a \log x + b$

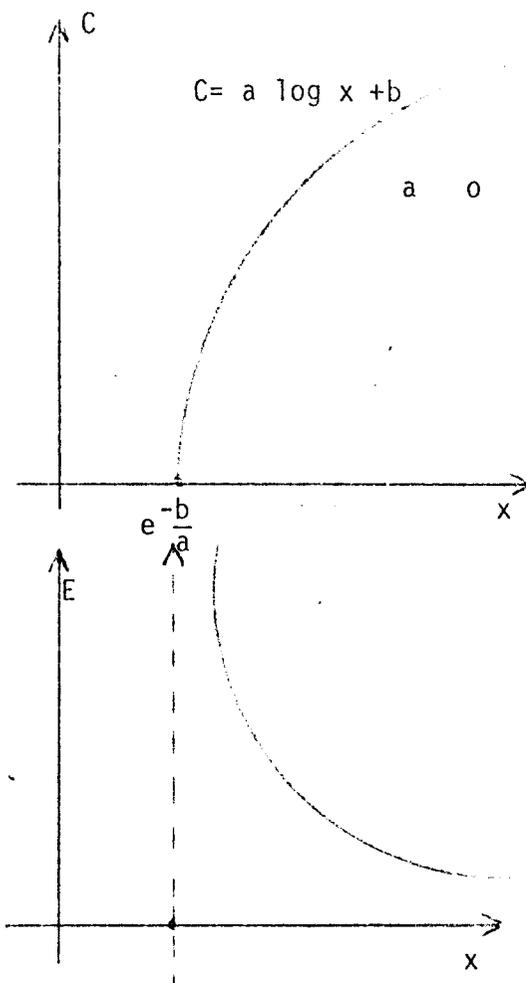
1° $a > 0$

$E = \frac{a}{C} = \frac{a}{a \log x + b}$

E décroît constamment de $+\infty$ à 0 quand x varie de :

$e^{-b/a}$ à $+\infty$ (élasticité constamment décroissante)

x est un revenu, la croissance de la consommation se fait avec ralentissement.



2° $a < 0 \rightarrow b > 0$

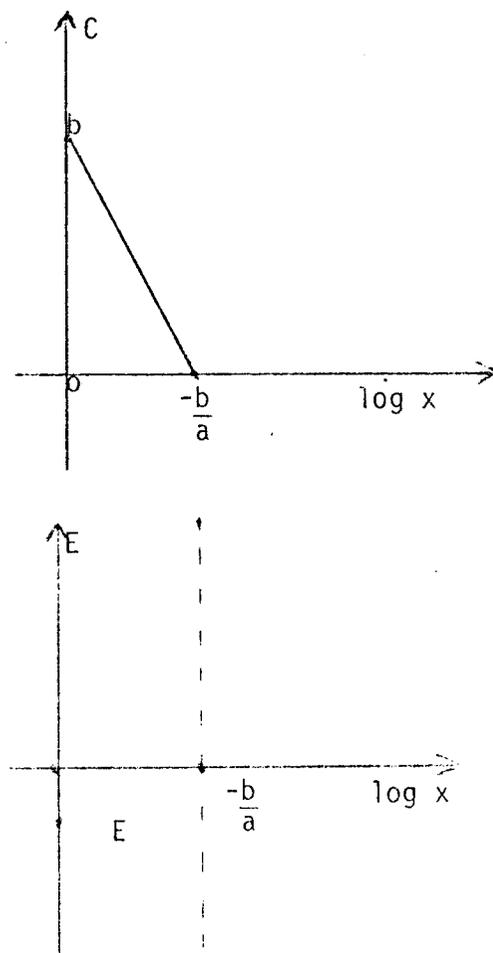
La consommation décroît de b à 0 tandis que $\log x$ varie de 0 à $-\frac{b}{a}$

x peut être un prix (zone de variation limitée)

ou éventuellement un revenu s'il s'agit d'un bien désuet (mais cela ne présente peut-être pas d'intérêt pratique).

L'élasticité est négative et constamment décroissante, très fortement lorsqu'on approche de la valeur $-\frac{b}{a}$ pour $\log x$.

Cela comprend bien à une élasticité au prix pour un bien non nécessaire.

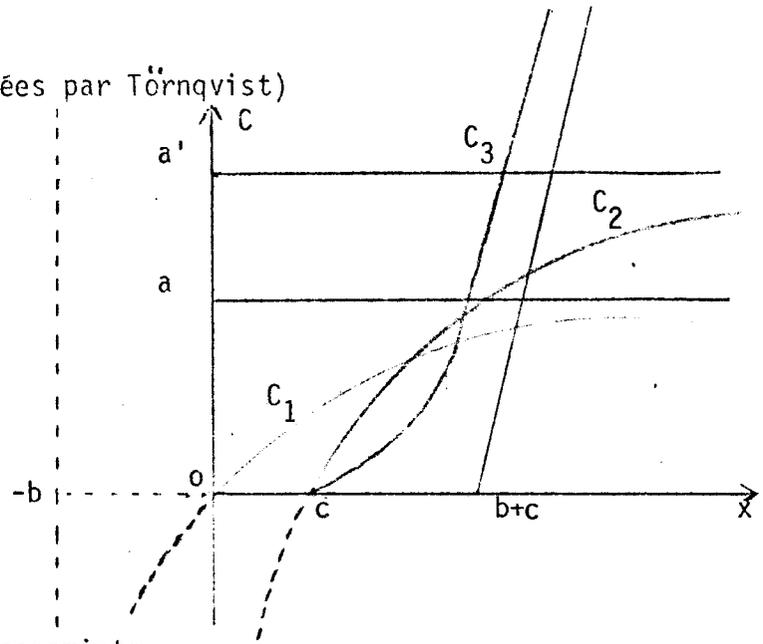


21.4 - Fonctions homographiques (proposées par Törnqvist)

$$C_1 = \frac{a x}{x+b}$$

$$C_2 = a' \frac{x-c}{x+b}$$

$$C_3 = a'' x \frac{x-c}{x+b}$$



Ces fonctions, proposées par l'économiste scandinave Törnqvist, font intervenir le revenu sous forme de fonctions homographiques

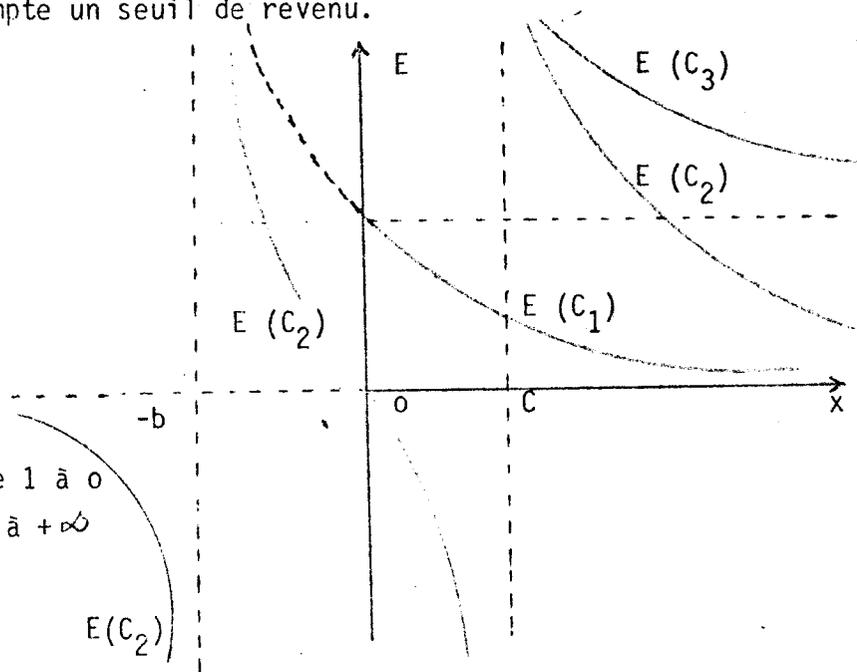
- C_1 et C_2 prennent en compte une saturation de la consommation.
- C_2 et C_3 prennent en compte un seuil de revenu.

Elasticités

$$E(C_1) = \frac{b}{x+b}$$

si $b > 0$

Cette élasticité décroît de 1 à 0 quand le revenu croît de 0 à $+\infty$



$$E(C_2) = \frac{(b+c) x}{(x+b)(x-c)} \quad b > 0 \quad c > 0$$

pour les revenus x supérieurs à C $E(C_2)$ est > 0 et décroît constamment de $+\infty$ à 0.

$$E(C_3) = \frac{(x+b)^2 - b(b+c)}{(x+b)(x-c)}$$

La fonction nous intéresse pour $x > c$; l'élasticité décroît de $+\infty$ à 1 (par valeurs supérieures) quand x varie de c à $+\infty$.

Ces propriétés des fonctions et de leurs élasticités permettent de dire que C_1 convient pour des biens nécessaires.

C_2 demi-luxe

C_3 de luxe.

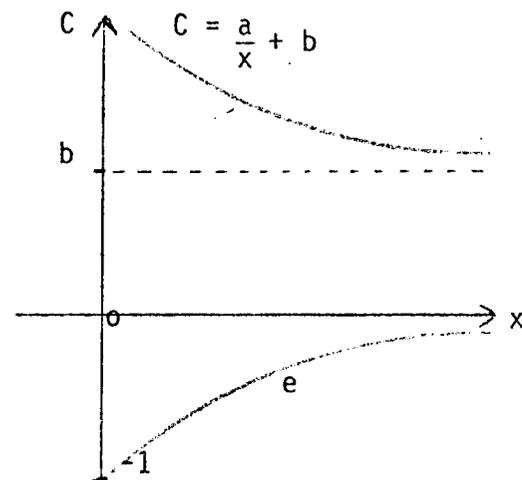
21.5 - Fonction inverse

$$C = \frac{a}{x} + b$$

$a > 0$ et $b > 0$

$$\frac{dC}{dx} = \frac{-a}{x^2}$$

$$e = \frac{dC}{dx} \times \frac{x}{C} = -\frac{a}{a + bx}$$



e croît de (-1) à 0 quand x varie de 0 à $+\infty$.

x est homogène à un prix.

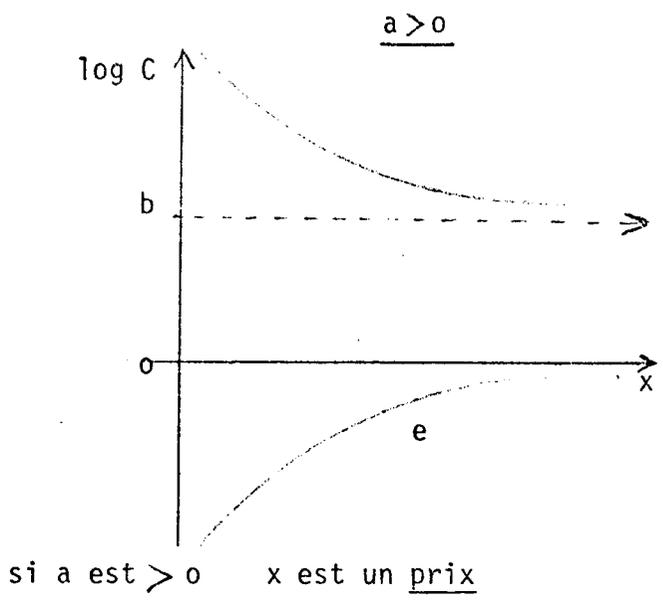
La présence du terme b caractérise un niveau incompressible de consommation ; il pourrait s'agir d'un bien "nécessaire".

21.6 - Fonction logarithmo-inverse

$$\log C = \frac{a}{x} + b$$

$$\frac{1}{C} \cdot \frac{dC}{dx} = \frac{-a}{x^2}$$

$$E = \frac{dC}{dx} \cdot \frac{x}{C} = -\frac{a}{x}$$



et l'élasticité varie de $-\infty$ à 0 quand x passe de 0 à $+\infty$.

On a une représentation proche de celle de la fonction inverse ; l'élasticité a une plage de variation plus large.

Si a est < 0 alors x est un revenu

E décroît de $+\infty$ à 0 quand x croît de 0 à $+\infty$.

Le point d'inflexion est atteint

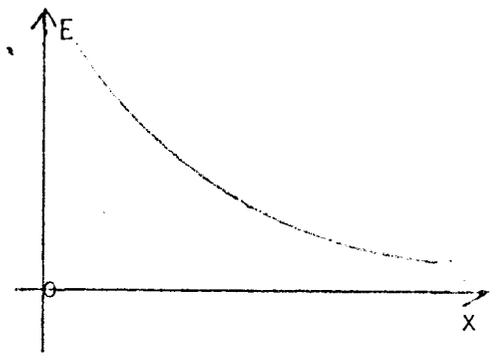
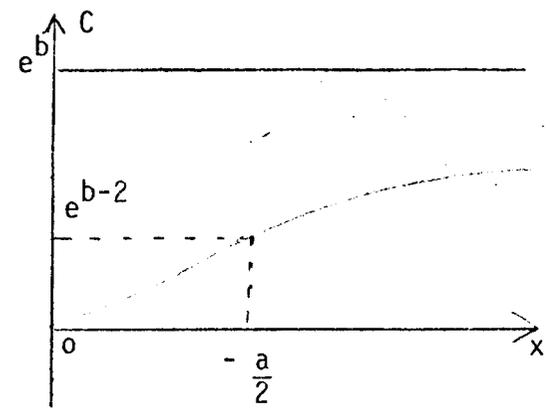
par $x = -\frac{a}{2}$

$$\rightarrow \log C = b-2 \rightarrow C = e^{b-2} \neq \frac{1}{7} e^b$$

$$\frac{dC}{dx} = e^{\frac{a}{x} + b} \left(\frac{-a}{x^2}\right) \text{ est toujours } > 0$$

et s'annule quand $x \rightarrow 0$.

L'élasticité décroît constamment de $+\infty$ à 0 quand x croît de 0 à $+\infty$.



21.7 - Fonction logarithmo-inverse généralisée

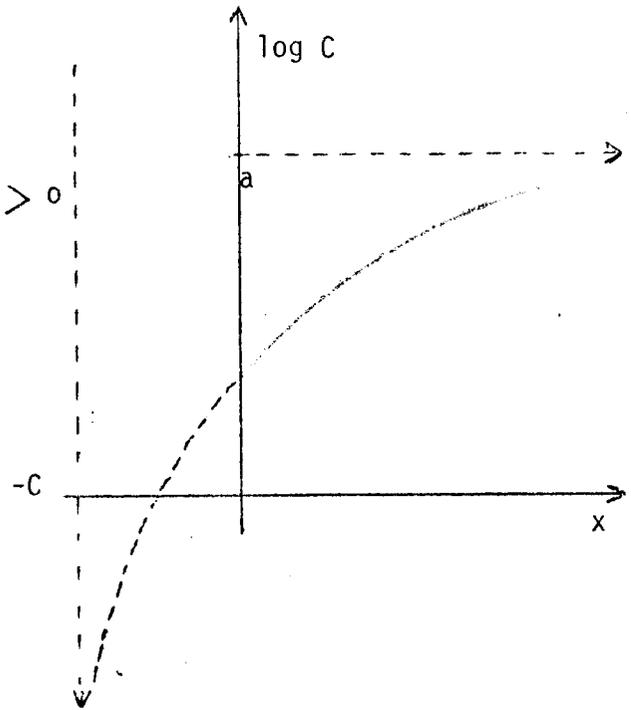
$$\log C = a - \frac{b}{x+c}$$

a et b > 0

(hyperbole équilatère dans ces axes)

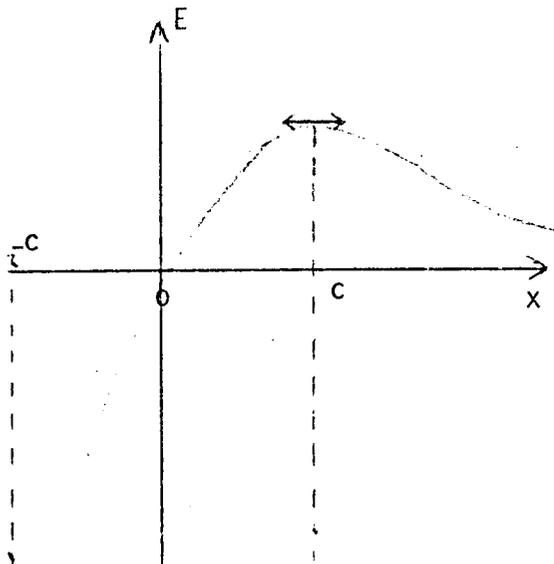
$$\frac{dC}{C} = \frac{b \, dx}{(x+c)^2}$$

$$\frac{dC}{C} : \frac{dx}{x} = E = \frac{b \, x}{(x+c)^2}$$



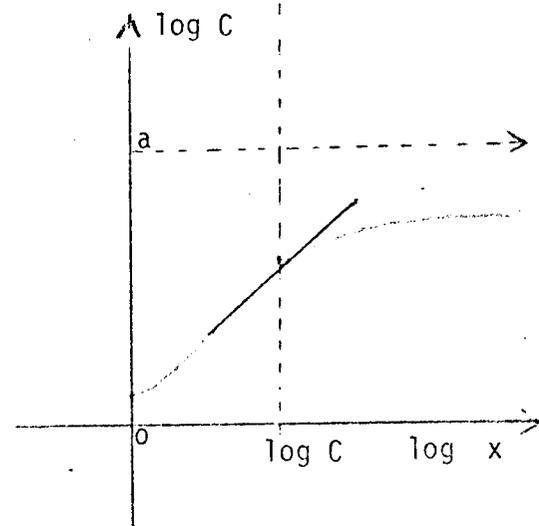
Dans la zone $x > 0$ l'élasticité commence à croître, passe par un maximum pour $x = C$ et décroît en tendant vers 0 lorsque le revenu augmente indéfiniment.

Ces propriétés sont très intéressantes, car pour de nombreux produits (notamment alimentaires) il semble que cette évolution de l'élasticité soit plus adéquate qu'une élasticité constante, ou croissante, ou décroissante, avec le revenu.



En coordonnées doublement logarithmiques, la courbe de consommation a la forme d'un S, le point d'inflexion correspond à $x = c$ ($\log x = \log C$) ; la pente de la tangente en chaque point correspond à l'élasticité E.

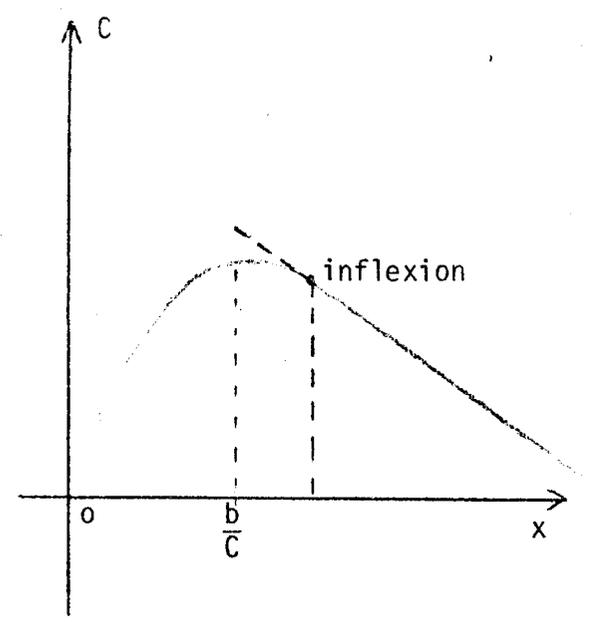
Cette représentation convient particulièrement bien pour les résultats d'enquêtes de consommation des ménages (coupe instantanée).



21.8 - Fonction logarithmique et inverse

$$\log C = a - \frac{b}{x} - c \log x$$

En coordonnées (C, x) la courbe passe rapidement par un maximum, puis s'infléchit et tend asymptotiquement vers 0 quand le revenu augmente indéfiniment.



L'élasticité est :

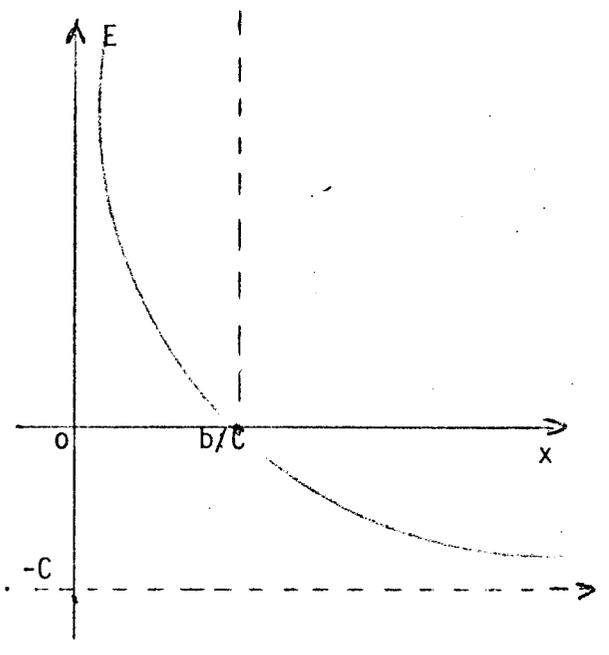
$$E = x \times \frac{1}{C} \frac{dC}{dx} = x \left(\frac{b}{x^2} - \frac{c}{x} \right)$$

$$E = \frac{b - cx}{x} = \frac{b}{x} - c$$

(hyperbole équilatère)

E est constamment décroissante, s'annule par $x = \frac{b}{c}$, et est

ensuite constamment négative et tend vers $-c$, quand x augmente indéfiniment.



Fonction de demande	Variable	Elasticité	Représentation graphique de l'élasticité
1. <u>Linéaire</u> $C = ax + b$	$a > 0 \quad x=R$ $a < 0 \quad x=p$	E ou $e = \frac{ax}{ax + b} = \frac{1}{1 + \frac{b}{ax}}$	
2. <u>Puissance</u> $C = k x^a$	$a > 0 \quad x=R$ $a < 0 \quad x=p$	a	E ou e constante
3. <u>Semi-logarithmique</u> $C = a \log x + b$	$a > 0 \quad x=R$ $a < 0 \quad \left. \begin{array}{l} x=p \\ x=R \end{array} \right\}$	E ou $e = \frac{a}{a \log x + b}$	
4. <u>Homographiques</u> proposées par Tornqvist $C_1 = \frac{a x}{x+b}$ $C_2 = \frac{a' x - c}{x+b}$ $C_3 = \frac{a'' x}{x+b} \frac{x-c}{x+b}$	$x=R$	$E = \frac{b}{x+b}$ $E = \frac{(b+c) x}{(x+b)(x-c)}$ $E = \frac{(x+b)^2 - b(b+c)}{(x+b)(x-c)}$	
5. <u>Inverse</u> $C = \frac{a}{x} + b$	$x=p$	$e = - \frac{a}{a+b x}$	
6. <u>Logarithmo-inverse</u> $\log C = \frac{a}{x} + b$	$a > 0 \quad x=p$ $a < 0 \quad x=R$	$e = - \frac{a}{x}$ $E = - \frac{a}{x}$	
7. <u>Logarithmo-inverse généralisée</u> $\log C = a - \frac{b}{x+c}$	$x=R$	$E = \frac{bx}{(x+c)^2}$	
8. <u>Logarithmique et inverse</u> $\log C = a - b \log x$	$x=R$	$E = \frac{b}{x+c}$	

Remarques sur les élasticités décrites par ces fonctions

Elasticités au revenu

Sauf pour les biens sur le déclin (cf. modèle 8) les élasticités au revenu sont positives ;

elles sont croissantes modèle 1 de 0 à 1
" 7 pour revenus limités $< C$.

décroissantes modèle 1 de $+\infty$ à 1
" 3 de $+\infty$ à 0 (revenus $>$ à $\frac{-b}{a}$)
" 4 de 1 à 0
" de $+\infty$ à 0 (revenus $> C$)
" de $+\infty$ à 1 (revenus $> C$)
" 6 de $+\infty$ à 0
" 7 de valeur finie à 0 (revenus $> C$)
" 8 de $+\infty$ à $-C$ (C étant > 0)

constantes modèle 2

Elasticités au prix

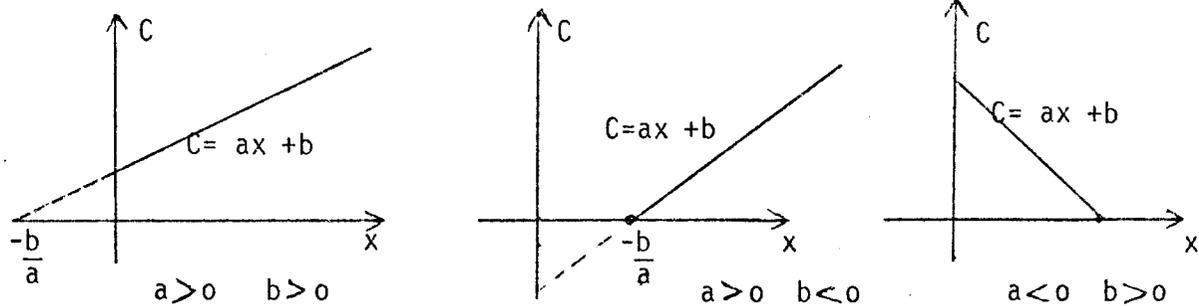
Elles sont très généralement négatives ;

croissantes modèle 5 de -1 à 0
" 6 de $-\infty$ à 0

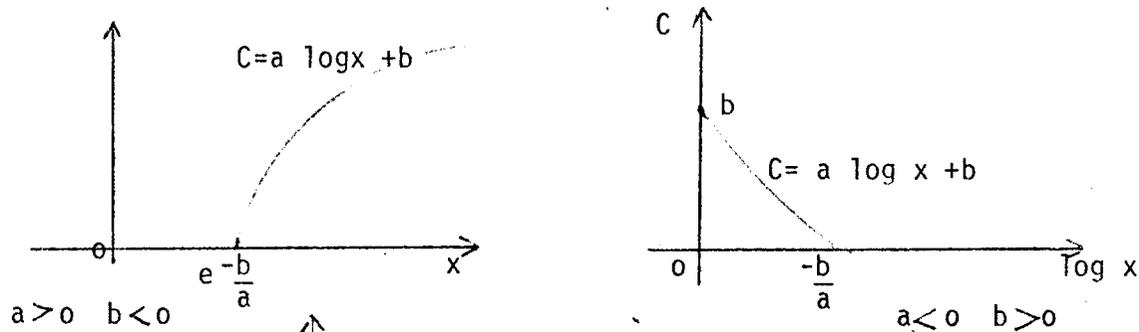
décroissantes modèle 1 de 0 à $-\infty$
" 3 de a/b à $-\infty$

Répartition graphique des fonctions de consommation

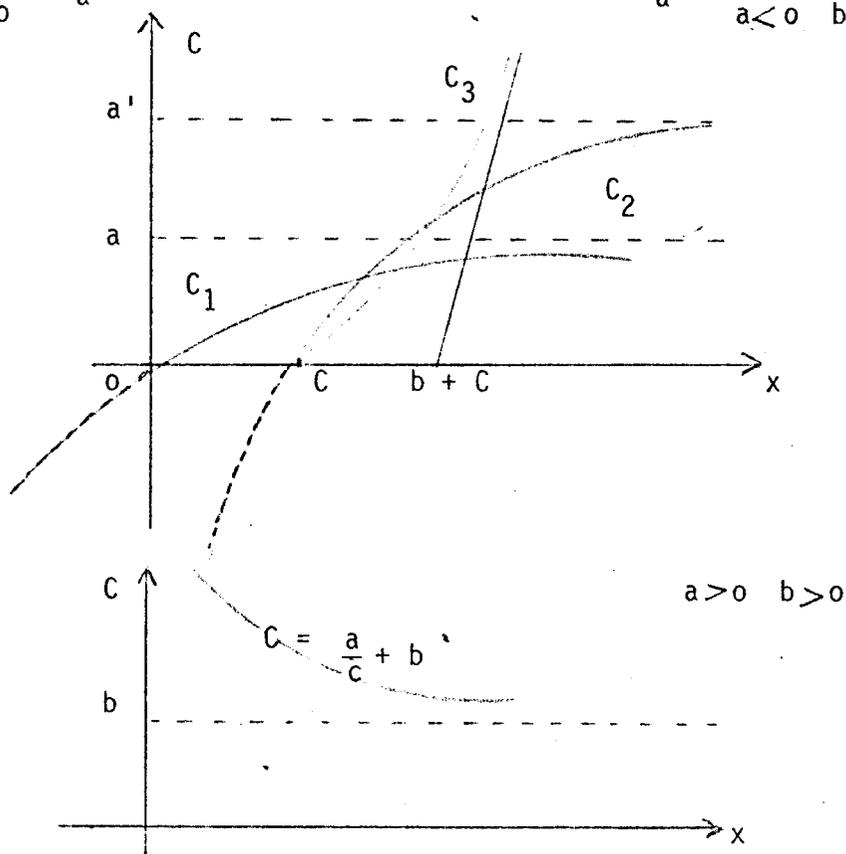
1) Linéaire



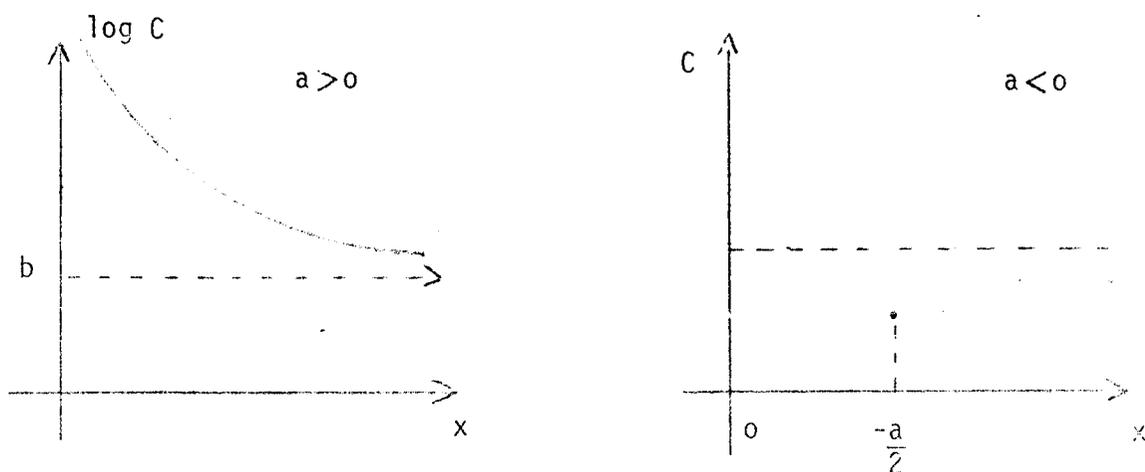
3) Semi-logarithmique



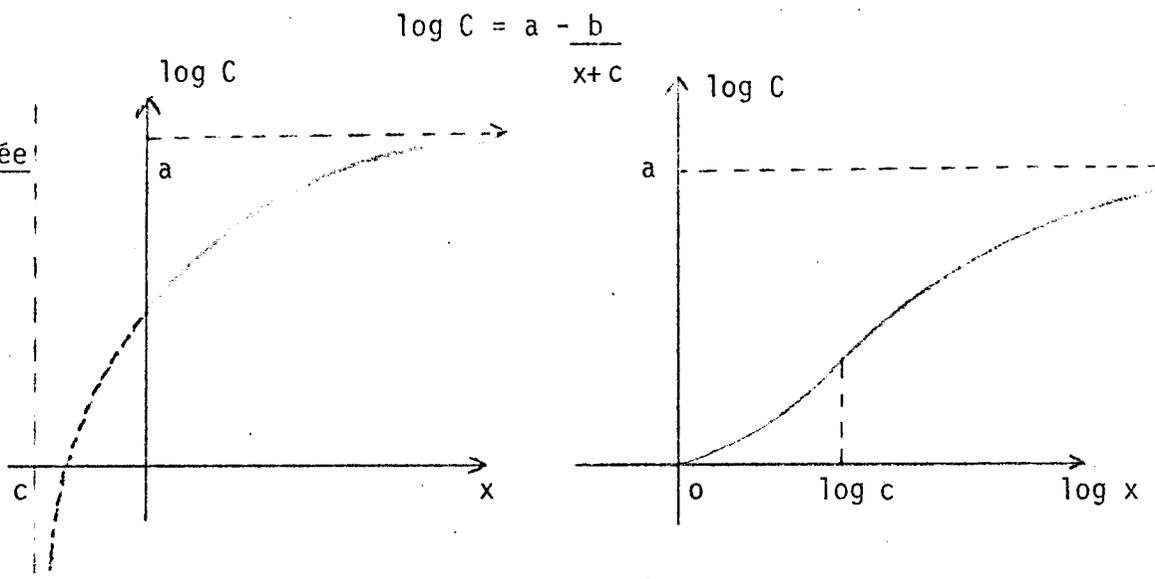
4) Homographiques Törnqvist



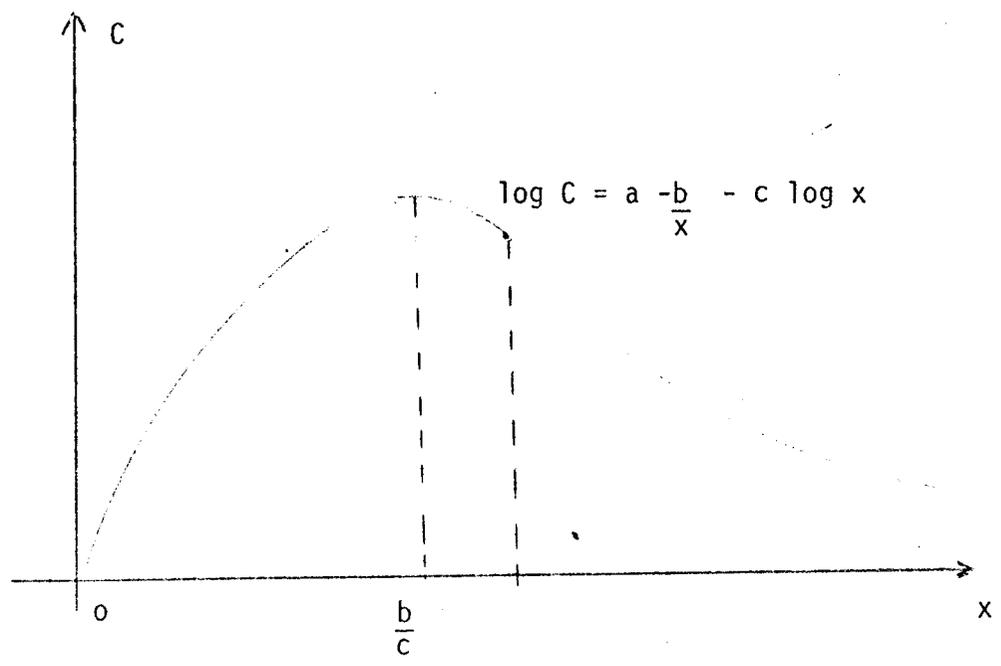
5) Inverse



7) Logarithmo-
inverse généralisée



8) Logarithmique
et inverse



2.2 - Fonctions de parcs (ou de stocks d'équipements)

Un parc étant une somme d'équipements en service évolue d'une manière relativement régulière en fonction du temps ; des modèles de "tendance pure" (c'est à dire ne faisant intervenir que le temps comme variable explicative) conviennent donc souvent très bien. Cependant on peut les perfectionner par l'introduction des variables classiques telles que le revenu ou les prix.

22.1 - Modèles de tendance pure

Nous caractériserons ces modèles par la vitesse d'équipement $\frac{d P_t}{dt}$

P_t représentant le parc (ou stock) à la fin de l'époque t .

a) Modèle linéaire

Si $\frac{dP}{dt}$ est constante et égale à a , on a $P_t = P_0 + at$

Ce type de modèle peut convenir pour décrire une phase de démarrage.

b) Modèles exponentiels

- On suppose que $\frac{dP}{dt}$ est proportionnel au parc existant :

$$\frac{dP}{dt} = k P_t$$

$$\text{d'où } \underline{P_t = P_0 e^{kt}}$$

On décrit ainsi une phase de démarrage, dans laquelle les personnes équipées jouent un rôle de "contagion" pour l'équipement des autres ; la vitesse d'équipement est croissante $\frac{dP}{dt} = k P_0 e^{kt}$

- On suppose en revanche que $\frac{dP}{dt}$ est proportionnel à ce qui reste à équiper = $\frac{dP}{dt} = a (P^* - P_t)$ P^* étant le niveau de saturation du parc.

$$\text{d'où } \underline{P_t = P^* (1 - e^{-at})}$$

On décrit au contraire ici une phase de saturation, la vitesse d'équipement étant décroissante $\frac{dP}{dt} = a P^* e^{-at}$

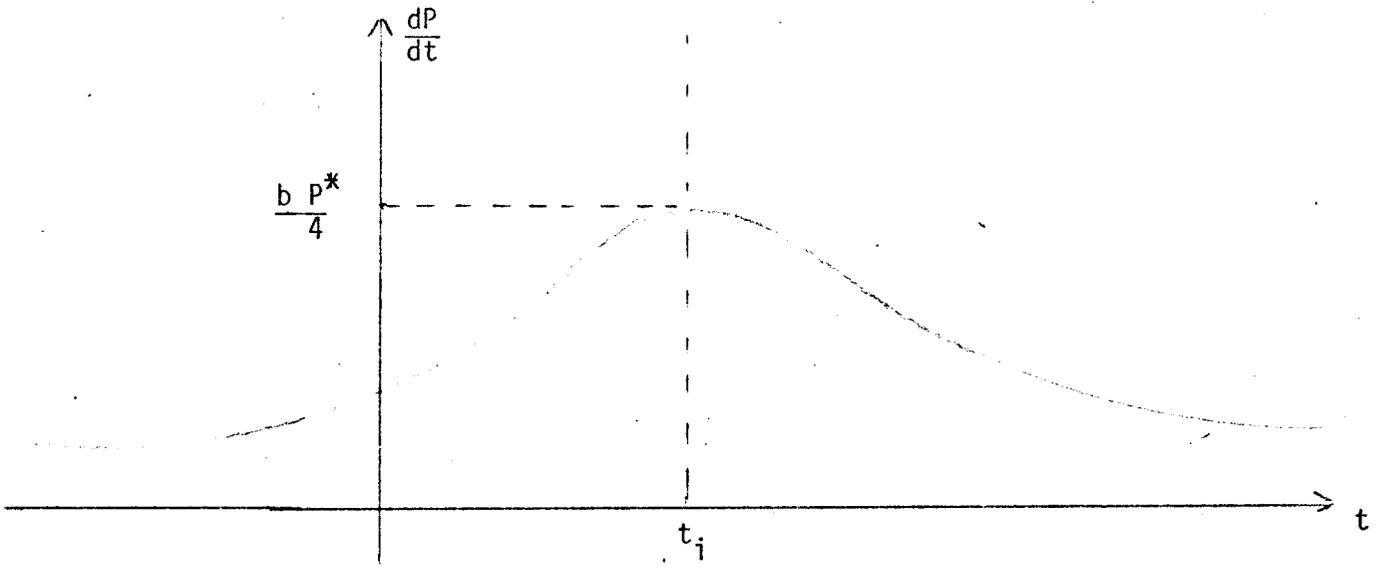
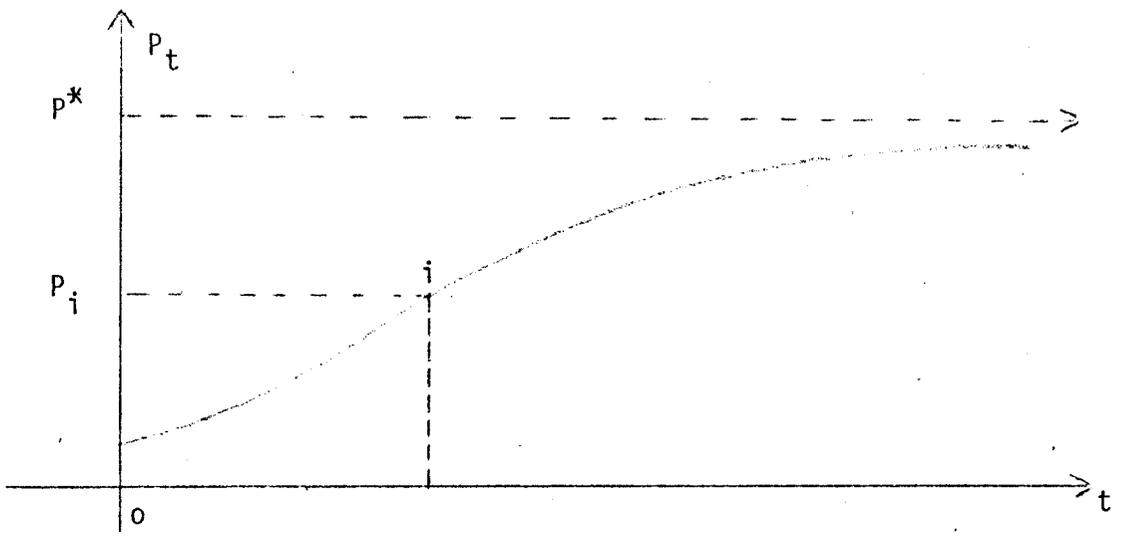
c) Modèle logistique

Pour décrire l'ensemble du processus d'évolution, il faut emprunter aux caractéristiques des deux modèles précédents en supposant que $\frac{dP}{dt}$ est à la fois proportionnel au parc existant et à ce qu'il reste à équiper :

$$\frac{dP}{dt} = \alpha P_t (P^* - P_t)$$

$$\text{d'où } P_t = \frac{P^*}{1 + e^{a-bt}} \quad \text{avec } \left\{ \begin{array}{l} a = \log \left(\frac{P^*}{P_0} - 1 \right) \\ b = \alpha P^* \end{array} \right.$$

Ce modèle est à trois paramètres P^* (qui correspond à P_∞), a , b . La courbe a la forme d'un S ; ce modèle convient très bien pour représenter l'évolution des équipements des ménages en biens durables, tels que automobile, télévision, machine à laver, etc...



La dérivée passe par un maximum correspondant au point d'inflexion i de la courbe en S. On vérifie que $P_i = \frac{1}{2} P^*$, $t_i = \frac{a}{b}$ et

$\frac{dP_i}{dt} = b \frac{P^*}{4}$. Le point d'inflexion est centre de symétrie de la courbe P_t ; la dérivée $\frac{dP}{dt}$ a naturellement un axe de symétrie.

Ces propriétés de symétrie résultent de la définition initiale :

$$\frac{dP}{dt} = \alpha P_t (P^* - P_t)$$

qui donne un rôle symétrique à P_t et à $(P^* - P_t)$.

Nous avons dit que la courbe dépendait de 3 paramètres : P^* , a et b . Leur interprétation géométrique est simple : P^* correspond à P infini, a est lié à la fois à P_0 et P^* , b est caractéristique du point d'inflexion i dont l'abscisse est $t_i = \frac{a}{b}$, tandis que la pente de la tangente d'inflexion vaut $b \frac{P^*}{4}$.

En pratique, l'abscisse du point d'inflexion est très incertaine tandis que la pente s'apprécie avec une bonne précision : on peut donc définir la courbe :

- . par la connaissance d'un parc où l'on fixera l'origine des temps (il vaut mieux que ce ne soit pas la période, généralement mal connue, du démarrage d'un produit, mais une époque où le développement est déjà assez régulier) ;
- . par la pente d'inflexion, qui se confond généralement avec la courbe sur une longue période de temps ;
- . par l'appréciation de P^* , qui dépend naturellement de l'idée que l'on se fait du marché potentiel d'un produit.

Notons que l'accroissement relatif du parc = $\frac{1}{P} \times \frac{dP}{dt}$ est proportionnel

à $P^* - P_t$, ce qui traduit bien l'effet d'attraction prédominant lors du démarrage du marché et l'effet de saturation qui se développe ensuite progressivement. Ce type d'équation est utilisé dans bien d'autres domaines (par exemple autocatalyse chimique).

d) Modèle logarithmo-inverse

La vitesse d'équipement $\frac{dP}{dt}$ est encore proportionnelle au parc P_t , mais le facteur de freinage est de la forme $\frac{b}{t^2}$

L'accroissement relatif du parc $\frac{1}{P} \frac{dP}{dt}$ est ici de la forme $\frac{b}{t^2}$

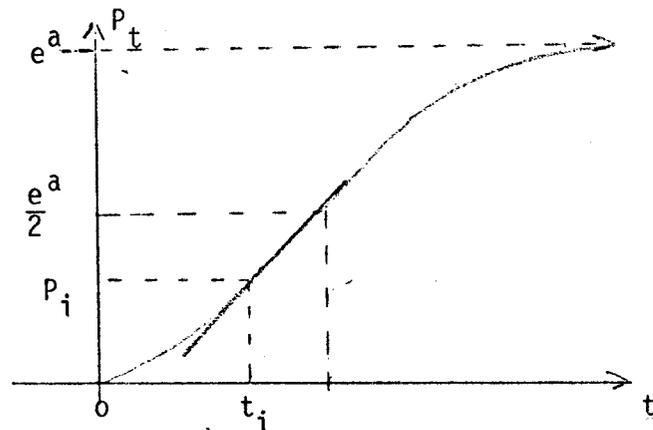
Il décroît donc plus vite dans le modèle logistique.

On en déduit :

$$\log P_t = a - \frac{b}{t}$$

ou encore $P_t = e^{a - \frac{b}{t}}$

avec $\frac{dP}{dt} = \frac{b}{t^2} \times e^{a - \frac{b}{t}}$



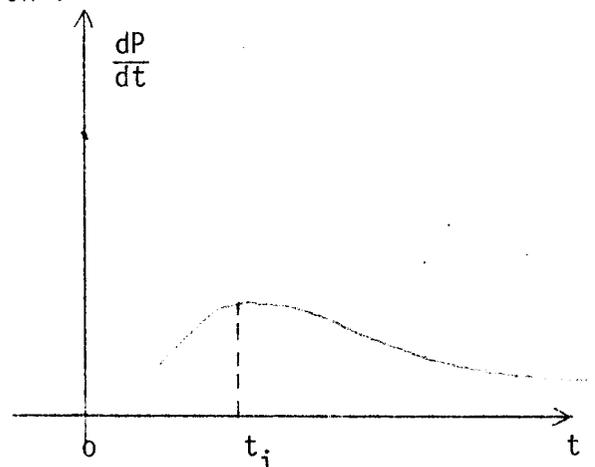
C'est un modèle à deux paramètres ;
a caractérise le niveau de saturation :

$$P_\infty = e^a$$

$$\frac{d^2P}{dt^2} = b e^{a - \frac{b}{t}} \left(\frac{b}{t^4} - \frac{2}{t^3} \right)$$

donc $t_i = \frac{b}{2}$

Par ailleurs $P''_0 = P'''_0 = 0$



La croissance de P , au voisinage de l'origine, est donc moins rapide que dans la fonction logistique ; elle devient ensuite plus rapide. La moitié du parc de saturation est atteinte pour $t = \frac{b}{\log 2}$ soit après le point d'inflexion ce qui accentue le caractère asymétrique de cette courbe.

e) Modèle de Gompertz

Ici la vitesse d'équipement $\frac{dP}{dt}$ est encore proportionnelle au parc P_t , et à un facteur de freinage du type $(\log P^* - \log P_t)$ au lieu de $P^* - P_t$ dans le modèle logistique.

On écrit $\frac{dP}{dt} = (-\log c) \times P_t \times (\log P^* - \log P_t)$

avec $\frac{dP}{dt} > 0$ c'est à dire $0 < c < 1$

On en déduit $P_t = e^{a-b} c^t$

Eléments caractéristiques

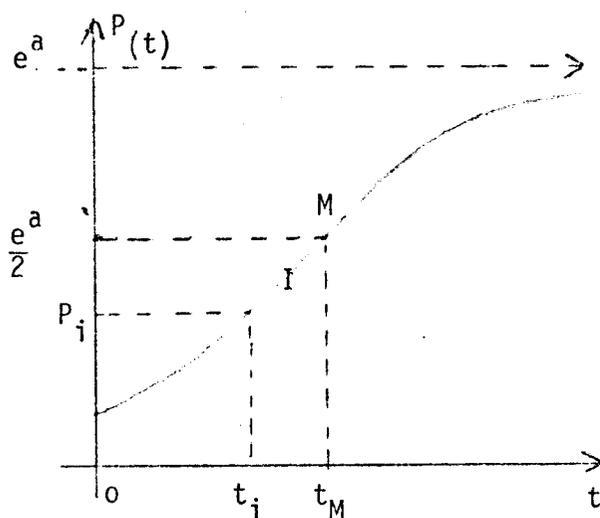
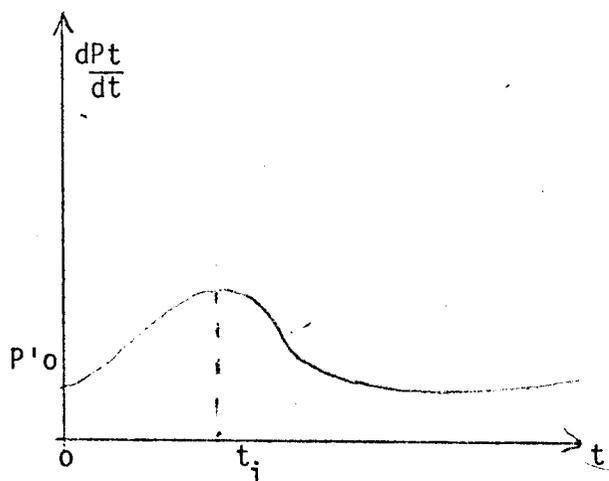
$$\left\{ \begin{array}{l} P_0 = e^{a-b} \\ P_{\infty} = P^* = e^a \\ P'_0 = -b \log c \quad e^{a-b} \end{array} \right.$$

$$P_i = \frac{P^*}{e} = e^{a-b}$$

$$t_i = - \frac{\log b}{\log c}$$

Là également la moitié du parc de saturation est atteinte après le point d'inflexion.

La courbe est asymétrique (comme dans le modèle logarithmo-inverse).



22.2 - Ajustement pratique de ces modèles

Nous présenterons une méthode convenant à la fois aux trois modèles : exponentiel, logistique et de Gompertz.

Dans ce but, nous les mettrons sous la même forme : en introduisant un paramètre supplémentaire pour le modèle exponentiel.

1) Exponentiel modifié $P_t = p^* (1 - k e^{-at})$

2) logistique $P_t = \frac{p^*}{1 + e^{a-bt}}$

3) Gompertz $P_t = e^{a-b c^t}$

On peut encore les écrire :

1) $P_t = p^* (1 - k e^{-at})$

2) $\frac{1}{P_t} = \frac{1 + e^{a-bt}}{p^*}$

3) $\log P_t = a - b c^t$

Les seconds membres sont tous trois de la forme :

$$\alpha - \beta \gamma^t = \alpha - \beta e^{t \log \gamma}$$

en posant pour chaque modèle successivement :

1) $\alpha = p^*$ $\beta = k p^*$ $\gamma = e^{-a}$

2) $\alpha = \frac{1}{p^*}$ $\beta = -\frac{e^a}{p^*}$ $\gamma = e^{-b}$

3) $\alpha = a$ $\beta = b$ $\gamma = c$

On remarque que $\left(\begin{array}{l} \alpha \\ \gamma \\ \beta \end{array} \right.$ est toujours positif
 $\left. \begin{array}{l} \gamma \\ \beta \end{array} \right)$ positif, inférieur à 1
 $\left(\begin{array}{l} \beta \end{array} \right.$ positif dans les modèles 1 et 3,
 $\left. \begin{array}{l} \end{array} \right)$ négatif dans le modèle 2.

Méthode graphique

On porte en abscisses le temps en ordonnée la quantité Q_t qui est soit P_t , soit $\frac{1}{P_t}$, soit $\log P_t$ selon le modèle.

On n'a besoin que de 3 points pour ajuster, alors que l'on dispose en général d'une vingtaine d'observations (séries annuelles débutant après la guerre). On a intérêt à choisir des points répartis sur la totalité de la courbe observée ; une méthode consiste à prendre le point moyen des 5 premiers points, des 5 derniers points, et de 5 points pris dans la partie moyenne de la courbe (5 ou 6 selon la parité des n observations). On obtient ainsi des estimations empiriques de α , β , γ ; si cet ajustement semble convenable, on recherche des valeurs plus précises par application de la méthode des moindres carrés.

Méthode des moindres carrés (ou de Gomes)

La méthode consiste à minimiser

$$Z = \sum_{t=1}^n (Q_t - \alpha + \beta \gamma^t)^2$$

c'est à dire $\frac{\partial Z}{\partial \alpha} = \frac{\partial Z}{\partial \beta} = \frac{\partial Z}{\partial \gamma} = 0$

$$\sum_{t=1}^n \varphi_t - n\alpha + \beta \sum_{t=1}^n \gamma^t = 0$$

$$\sum_{t=1}^n \gamma^t \varphi_t - \alpha \sum_{t=1}^n \gamma^t + \beta \sum_{t=1}^n \gamma^{2t} = 0$$

$$\sum_{t=1}^n t \cdot \varphi_t \gamma^{t-1} - \alpha \sum_{t=1}^n t \gamma^{t-1} + \beta \sum_{t=1}^n t \gamma^{2t-1} = 0$$

Ce système est linéaire en α et β ; on peut donc les éliminer facilement et obtenir une équation ne contenant plus que $\gamma =$

$$\begin{vmatrix} \sum_{t=1}^n \varphi_t & n & \sum_{t=1}^n \gamma^t \\ \sum_{t=1}^n \varphi_t \cdot \gamma^t & \sum_{t=1}^n \gamma^t & \sum_{t=1}^n \gamma^{2t} \\ \sum_{t=1}^n \varphi_t \cdot t \cdot \gamma^{t-1} & \sum_{t=1}^n t \gamma^{t-1} & \sum_{t=1}^n t \gamma^{2t-1} \end{vmatrix} = 0$$

La résolution peut se faire par calcul sur ordinateur ; on peut encore trouver γ par l'intermédiaire des fonctions $J_{n,t}(\gamma)$ dites fonctions de Gomes, tel que $\sum_{t=1}^n \varphi_t J_{n,t}(\gamma) = 0$

Ces fonctions sont tabulées par des valeurs courantes de n , t et γ .

γ étant obtenu, on peut calculer α et β par les relations :

$$\alpha = \frac{\sum_{t=1}^n \varphi_t \gamma^t + \beta \sum_{t=1}^n \gamma^{2t}}{\sum_{t=1}^n \gamma^t}$$

$$\beta = \frac{n \sum_{t=1}^n \varphi_t \gamma^t - \sum_{t=1}^n \varphi_t \sum_{t=1}^n \gamma^t}{(\sum_{t=1}^n \gamma^{2t}) - n \sum_{t=1}^n \gamma^t}$$

22.2 - Modèles à facteurs explicatifs

Ces modèles sont en général des perfectionnements des précédents, par l'introduction de facteurs explicatifs en plus du temps.

a) Modèle logistique généralisé

$$P_t = \frac{p^*}{1 + e^{a-bt - \sum_i c_i x_i}}$$

où les x_i représentent des facteurs explicatifs tels que revenus, prix, etc...

Cette formulation équivaut à opérer des redressements à la logistique classique, en modifiant ses coefficients par le jeu des paramètres x_i , mais sans changer l'asymptote p^* .

$$\text{L'élasticité } E_{i,t} = \frac{\partial \log P_t}{\partial \log x_i} = c_i x_i \left(1 - \frac{P_t}{p^*}\right)$$

dépend du temps par l'intermédiaire de x_i et de P_t ; elle est proche de $c_i x_i$ en début de processus et tend vers zéro à long terme. Dans le cas où x_i serait un revenu, c_i serait positif, et il est normal que l'influence du revenu soit ainsi plus forte en début qu'en fin de processus; dans la période intermédiaire, tout dépend des développements relatifs de x_i et de $\left(1 - \frac{P_t}{p^*}\right)$ qui varient généralement en sens opposé.

En revanche, garder tout au long du développement d'un produit une limite de saturation fixe p^* n'est pas très réaliste, car l'expérience prouve que l'on n'imagine pas toutes les applications possibles d'un marché (elles se font jour progressivement), et donc que le niveau de saturation p^* estimé dépend en fait du moment où l'on ajuste le modèle. Par conséquent, à mesure que le produit se développe on est conduit à "redresser" le niveau de saturation p^* .

Du point de vue mathématique, il est plus simple d'introduire une saturation variable P_t^* que d'opérer des redressements successifs de période en période. C'est ce que nous allons voir dans les deux modèles ci-après.

b) Modèle de BONUS

On admet dans ce modèle que c'est l'élévation des revenus qui entraîne le redressement du niveau de saturation. Si P^* est le niveau absolu de saturation, on peut proposer :

$$P_t^* = \frac{P_{\infty}^*}{1 + c y_t^{-b}} \quad \text{ou } y_t \text{ est le revenu et } c > 0$$

Cette relation s'écrit encore :

$$P_t^* = \frac{P_{\infty}^*}{1 + c e^{-b \log y_t}} = \frac{P_{\infty}^*}{1 + e^{a - b \log y_t}}$$

en posant $c = e^a$

Le niveau de saturation suit donc lui-même un modèle logistique de paramètres P_{∞}^* , a , b fonction non du temps mais du logarithme du revenu.

Or le revenu a souvent une croissance exponentielle

$$\begin{aligned} \text{d'où : } y_t &= y_0 e^{gt} \\ P_t^* &= \frac{P_{\infty}^*}{1 + e^{a - b \log y_0 - bg t}} \end{aligned}$$

qui est une logistique classique de paramètres :

$$P_{\infty}^*, a - b \log y_0, bg$$

Les paramètres g et $\log y_0$ étant déterminés par ailleurs, il reste à déterminer naturellement 3 paramètres, tels que P_α^* , a , b .

Si l'on admet alors que P_t suit une logistique classique de paramètres P_t^* , a' , b' , il y a en tout 5 paramètres à déterminer.

Ce modèle est évidemment très souple mais délicat à ajuster.

c) Modèle de Klaassen et Koyck

Là encore le revenu de saturation est variable, mais le prix intervient en plus du revenu :

$$P_t^* = P_\alpha^* - \frac{\alpha}{y_t} - \gamma P_t$$

où y_t représente le revenu et P_t le prix moyen du bien.

On peut considérer que cela revient à faire l'hypothèse que le marché potentiel P^* est la somme de deux marchés :

. potentiel "réel" représenté par P_t^*

. potentiel "éventuel" représenté par $\frac{\alpha}{y_t} + \gamma P_t$

le monde potentiel "éventuel" doit diminuer si l'augmentation relative du revenu est plus forte que l'augmentation relative du prix (pour de nombreux biens durables, le prix a tendance à baisser sur longue période, au moins relativement au revenu) ; on détermine des coefficients α et γ satisfaisant à cette contrainte.

Par ailleurs, on prend :

$$\frac{dP}{dt} = \beta P_t (P_t^* - P_t)$$

qui est la relation de définition de la courbe logistique.

Il y a donc également dans ce modèle 5 paramètres à déterminer.

CHAPITRE III

LES TENDANCES

L'observation et l'analyse des tendances constituent la première étape de toute prévision. Comme l'ont fait remarquer de nombreux auteurs, la qualité de la prévision dépend étroitement de la qualité avec laquelle on connaît le présent et le passé ; il convient donc d'attacher toute son importance à cette étude.

Nous examinerons successivement dans ce chapitre le rôle joué par les tendances comme outil d'observation et d'analyse, quelques exemples de tendances empruntés à différents domaines, puis les méthodes de recherche et d'interprétation des tendances, enfin les conclusions.

3.1 - L'étude des tendances, outil d'observation et d'analyse

31.1 - Pourquoi s'intéresse-t-on aux tendances ?

Rechercher des tendances, c'est s'efforcer de déceler dans les chroniques certaines régularités, plus ou moins apparentes et simples, certains "invariants" liés à l'inertie des phénomènes économiques. Ainsi, énoncer que les immatriculations d'automobiles neuves en France s'accroissent au rythme moyen de 8% par an, c'est exprimer une tendance constatée sur un certain nombre d'années ; il est clair que cette tendance n'apparaîtra pas immédiatement si l'on ne dispose par exemple que des chiffres mensuels de ventes des deux dernières années : les moyennes annuelles ont pu en effet différer notablement de ce taux, et au niveau de chaque mois d'autres phénomènes, notamment saisonniers, masquent la tendance à long terme. Une tendance n'a donc de signification précise que si on la rapporte à une période de temps déterminée : ainsi on parlera de tendance à long terme pour caractériser un phénomène

82

s'étendant sur une dizaine d'années ou davantage, on appellera tendance intra-annuelle le rythme moyen d'accroissement mensuel entre janvier et décembre de la même année, abstraction faite des mouvements saisonniers, enfin on appellera "tendance récente" le rythme constaté au cours du ou des derniers mois (abstraction également faite des mouvements saisonniers) :

Exemples :

- . Tendance de longue période (1950 - 1972) des immatriculations d'automobiles neuves en France.
- . Tendance intra-annuelle, de janvier à décembre de ces immatriculations.
- . Tendance récente : accroissement désaisonnalisé de décembre 1971 par rapport à novembre 1971 .

L'analyse des chroniques, telle qu'elle est conduite classiquement, conduit à distinguer un terme de tendance T_t , un terme saisonnier S_t , et un terme de fluctuation (souvent appelé "erreur résiduelle") Y_t :

$$Y_t = T_t + S_t + Y_t$$

parfois on ajoute un terme cyclique.

Dans cette optique, le terme de tendance T_t reflète un mouvement de fond qui serait indépendant de "l'écume de surface" que constituent le terme saisonnier et le terme de fluctuation. Ainsi l'étude des tendances a-t-elle un premier intérêt qui est d'éclairer les évolutions grâce à cette distinction entre mouvements de fond (caractéristiques d'un courant relativement lourd) et mouvements de surface (caractéristiques des aléas de la conjoncture instantanée, ou d'opérations de tactique commerciale).

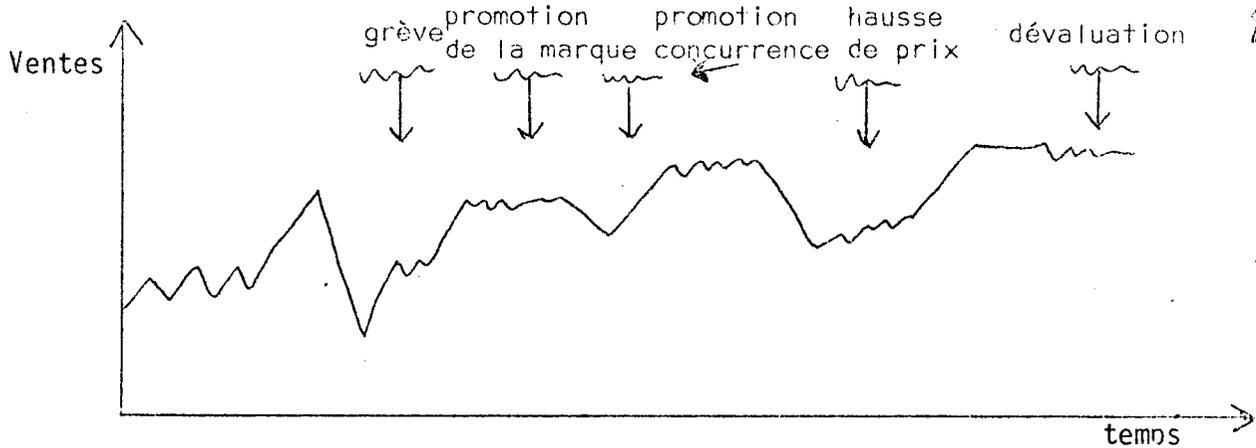
31.2 - Limites de l'utilisation des tendances pour la prévision

L'utilité de cet aspect de l'étude des tendances est rarement mise en cause, dans la mesure où une telle analyse se borne à constater une évolution ; mais la tentation est évidemment grande de vouloir extrapoler dans le futur des régularités constatées sur le passé et c'est là que bien des objections sont élevées. On peut relever trois sortes de critiques, parmi les plus importantes :

- . Ces méthodes sont insuffisantes pour la prévision, étant donné leur caractère passif et purement descriptif. L'appellation d'"extrapolation naïve", parfois décernée aux exemples les plus simplistes, reflète cette impression. De fait, un cinéaste filmant le cours d'un événement peut-il par là même prétendre en connaître la suite ?
- . Comment se contenter de procédés dépassés, à une époque où les outils d'analyse, aussi bien que les techniques de calcul, permettent des méthodes bien plus élaborées ?
- . Quand bien même une observation vigilante aurait décelé des "régularités", comment en faire usage pour la prévision alors que la rapidité croissante des évolutions techniques, économiques, sociales rendra à coup sûr le monde futur de plus en plus différent de l'ancien ? Plus grave encore : comment voir venir les renversements de tendance ?

Face à des arguments aussi sérieux, nous ne tenterons évidemment pas une "réhabilitation" des tendances en tant qu'instrument exclusif de prévision, mais il nous paraît justifié de mettre en relief leur utilité quelquefois oubliée, celle d'un premier outil d'observation qui doit presque obligatoirement être complété par d'autres.

En ce qui concerne d'abord les deux premières critiques, insistons sur le fait que l'observation n'exclut pas l'interprétation : elle doit au contraire la précéder. C'est cette interprétation qui permet ou facilite la connaissance des phénomènes étudiés, suggère des relations causales et prélude à l'application de méthodes plus élaborées. C'est ainsi par exemple que l'examen d'une chronique de ventes, avec un responsable du marketing, permet de mettre en évidence un certain nombre de points "aberrants" correspondant à des événements ayant influé sur la vie du produit : grève générale de mai 1968, dévaluation, hausse de prix, campagne de promotion, etc...



La dernière critique concerne les changements qui affectent le progrès technique, les habitudes de vie, les structures ; on ne peut le nier, mais cela ne rend pas caduque pour autant la mise en évidence de certains "invariants".

En effet, on peut déduire de certaines tendances les facteurs qui risquent de peser le plus dans l'avenir et cela donne un minimum de voies de recherche fructueuses au prévisionniste. En outre, tous les modèles de prévision - qu'ils soient formalisés dans des systèmes plus ou moins complexes, ou informels dans l'esprit des décideurs - supposent un jugement sur l'avenir ; ce jugement est raisonné - comme dans tous les servomécanismes que nous connaissons - en écarts par rapport à une situation de départ connue : il est extrêmement fructueux de préciser le mieux possible cette situation de départ, c'est à dire la tendance connue. On verra d'ailleurs plus loin (chapitre 9) que c'est la démarche suivie dans les modèles de prévision à très court terme utilisés actuellement : la tendance est une référence de base pour la fixation des objectifs et le contrôle des écarts⁽¹⁾.

Notons d'ailleurs que ceci suppose une excellente qualité des informations constituant les chroniques considérées et rappelons qu'il est indispensable, avant tout traitement, de discuter et contrôler la pertinence de ces informations ; ce travail ingrat, trop souvent sous-estimé, est cependant la condition nécessaire à l'amélioration de la qualité des prévisions. C'est la raison pour laquelle les sociétés qui pratiquent une politique de marketing "intégré", c'est à dire où l'étude du marché, la prévision et la planification du marketing sont les bases effectives des actions décidées, ces sociétés donc constituent

(1) La portée de telles méthodes est générale : les calculateurs de tir anti-aérien sont conçus sur des principes analogues ; ils anticipent un point futur de l'avion à partir d'informations récentes sur les tendances de la vitesse et de l'accélération.

leurs informations d'une manière systématique à l'aide de panels ou d'enquêtes répétitives de manière à disposer en permanence de l'évolution des données chiffrées : pour elles l'observation des tendances de leurs produits ou de ceux de la concurrence, la mesure et l'explication des écarts par rapport aux tendances, constituent des instruments de travail indispensables.

3.2 - QUELQUES OBSERVATIONS -

Il s'agit seulement d'évoquer quelques exemples de chroniques, non point pour approfondir leurs techniques de traitement, mais en vue d'analyser l'évolution de phénomènes économiques, ou pris dans divers domaines liés de près ou de loin à l'économie : démographie, production et consommation, activité (main-d'oeuvre), revenus et prix, progrès technique, données physiques....

Nous présenterons d'abord ces exemples sous la forme de graphiques - où le temps sera évidemment toujours porté en abscisses. Puis nous tirerons de ces graphiques, qui constituent ici moins l'illustration du propos que sa substance même, des indications sur les caractéristiques d'emploi des tendances.

32.1 - Exemples

a) Démographie

Les exemples choisis concernent les évolutions suivantes :

- Population mondiale, estimée depuis le début de notre ère sur des périodes de longueurs très diverses, plus brèves pour le dernier siècle (graphique 3.1., courbe a).
- Accroissement annuel de la population mondiale au cours des mêmes périodes (graphique 3.1., courbe b).
- Population française, depuis le milieu du XIX^e siècle, et accroissement annuel moyen au cours des périodes (généralement quinquennales) séparant deux recensements successifs (graphique 3.2, courbes a et b).
- Composantes rurale et urbaine de cette population (graphique 3.2, courbes c et d).
- Population de divers groupes de départements, dont l'évolution sur un siècle est schématisée sous la forme d'une dizaine de profils-types (graphique 3.3).

- Taux de natalité et de mortalité en France, de 1801 à 1967 (graphique 3.4.).

b) Production et consommation

Nous emprunterons nos exemples aux séries suivantes:

- Production et consommation d'étain dans le monde de 1913 à 1967 (graphique 3.5.).
- Production de pétrole brut dans le monde, de 1900 à 1965 (graphique 3.6).
- Consommation de pétrole brut et de gaz naturel aux Etats-Unis, de 1885 à 1968 (graphiques 3.7, à ordonnées arithmétiques et 3.8, à ordonnées logarithmiques).
- Indice de la production industrielle en France, de 1956 à 1968 (graphique 3.9).
- Production de tissages en France, de 1951 à 1967 (graphique 3.10).
- Evolution des taux d'équipement des ménages français en biens durables, de 1953 à 1968 (graphique 3.11).

c) Activité (main d'oeuvre)

- Offres et demandes d'emploi non satisfaites en France, de 1949 à 1966 (graphique 3.12).

d) Revenus et prix

- Revenu national par habitant, en France, de 1900 à 1965 (graphique 3.13).
- Prix du sucre aux Etats-Unis, de 1900 à 1959 (graphique 3.14).

e) Données techniques

- Consommation spécifique de combustibles par Kwh de 1947 à 1969 (graphique 3.15).

- Vitesse d'un avion (records aériens) de 1906 à 1967 (graphique 3.16).
- Saut à la perche (records mondiaux) de 1912 à 1969 (graphique 3.17).

f) Données physiques

- Climatologie : températures moyennes annuelles à Paris, de 1851 à 1959 (graphique 3.18).

32.2 - Premiers commentaires

Directement inspirés par la série de graphiques, ils porteront sur les notions et les unités utilisées dans la présentation des chroniques, avant que nous n'approfondissions en 3.3. les voies de recherche des tendances.

a) Longueur totale de la période d'observation

Elle va, selon les exemples, de quelques années (moins d'une dizaine) à plusieurs siècles. Mais il ne faut pas confondre la notion neutre de longue période, mesurée à une horloge où le temps s'écoule de la même façon pour tous les événements, avec des notions de court terme, moyen terme, long terme, liées à la nature des phénomènes étudiés et des décisions à prendre. Les différences s'analysent simplement dans les cas d'individus ou d'objets qui naissent, vivent et meurent : la durée d'une "génération" peut alors caractériser l'unité de temps, très variable selon les espèces, depuis les éphémères qui ne vivent que quelques heures jusqu'aux infrastructures construites pour des décennies, voire des siècles. On conçoit que les évolutions correspondantes ne puissent être mesurées avec la même aune, et que le court terme d'une espèce puisse paraître long à une autre : de mémoire de rose, on n'a jamais vu mourir de jardinier, dit un proverbe persan. Ainsi, les périodes prises en compte, éventuellement très longues pour rendre compte de phénomènes démographiques, seront plus brèves pour des biens durables courants (autres que logement), dont la durée de vie est de l'ordre de la décennie - a fortiori s'il s'agit de produits récents dont l'histoire limite la période d'observation.

S'il s'agit de données techniques ou économiques (rendements, prix, revenus,...) n'ayant pas ou peu de support concret assorti d'une durée de vie, la question est de savoir quelle est la longueur de la période à prendre en compte pour éclairer la connaissance qualitative des phénomènes, préalable à la prévision : l'analyse historico-économique fournit généralement des éléments d'appréciation à cet égard.

b) Période élémentaire

Pour les observations en très longue période, notamment d'ordre démographique, l'année constitue la plus petite période élémentaire ; des périodes plus longues sont également mises à contribution (cf graphiques 3.1 à 3.3). En particulier les périodes quinquennale et décennale correspondent aux intervalles couramment observés entre deux recensements successifs de la population : en France, après la loi relative à ce sujet du 22 Juillet 1791, le premier "dénombrement général" de la population a été réalisé en 1801. Puis fut choisie en 1822 la périodicité du lustre - au sens fort ancien du terme (1) - respectée depuis, les années un et six, à quelques exceptions près : lors des guerres (recensement réalisé en 1872 au lieu de 1871, pas de recensement en 1916 ni en 1941) et depuis une vingtaine d'années (recensements en 1954 au lieu de 1951, en 1962 au lieu de 1956, puis en 1968). Sur le plan international, la périodicité décennale est adoptée dans un grand nombre de pays (recensements réalisés les années un).

Les observations relatives à des périodes moins longues sont généralement effectuées soit au rythme annuel, soit au rythme mensuel, ce dernier visant particulièrement à faire apparaître les fluctuations saisonnières des phénomènes observés, lissées par les moyennes annuelles (voir par exemple le graphique 3.9).

(1) Lustre : cérémonie expiatoire qui avait lieu à Rome tous les cinq ans, après le recensement de la population.

Ainsi la période annuelle règne sur le domaine des chroniques, imposée par une longue habitude où interviennent, avec le rythme éternel des saisons, les coutumes sociales qui en découlent, et aussi les procédures comptables. Cependant des périodes différentes sont maintes fois mieux adaptées à diverses évolutions ; période de cinq ou dix ans comme nous l'avons vu à propos des données démographiques, ou au contraire périodes plus courtes - en particulier trimestrielles - pour des données macroéconomiques, utilisées couramment dans la comptabilité nationale des Etats-Unis, moins fréquemment en Europe.

c) Amplitude des variations

On observera que les graphiques présentés dans ce chapitre se répartissent en deux catégories, selon l'échelle de leurs ordonnées : arithmétique ou logarithmique (sans parler de graphiques gaussio-logarithmiques, dont il sera question plus loin). L'échelle logarithmique correspond évidemment aux cas où l'amplitude des variations est considérable (1 à 10, 1 à 100, 1 à 1000 ou davantage). Ces cas, relativement fréquents, peuvent correspondre notamment à l'une des deux circonstances suivantes :

- Phénomène (population, production, consommation...) partant de valeurs très faibles pour se développer considérablement au cours d'une longue période : exemples des graphiques 3.1 - 3.6.- 3.7 - 3.8 - 3.16. En particulier les graphiques 3.7 et 3.8, relatifs aux mêmes séries (consommation de pétrole et de gaz naturel aux Etats-Unis), illustrent l'influence du choix de l'échelle (arithmétique ou logarithmique) sur le profil d'une courbe reflétant un phénomène ascendant ; allure parabolique ou hyperbolique dans le premier cas, linéaire (ou à faible courbure) dans le second.
- Phénomène économique oscillant entre des valeurs très éloignées : production ou consommation d'une matière première (graphique 3.5), offres et demandes d'emploi non satisfaites (graphique 3.12 : exemple

de cycles économiques), prix d'une denrée alimentaire dont le marché mondial fluctue largement (sucre : graphique 3.14) ; selon le cas ces graphiques sont présentés en ordonnées arithmétiques ou logarithmiques.

Par contre, des évolutions moins contrastées apparaissent plus nettement en ordonnées arithmétiques : ainsi pour les taux de natalité et mortalité (graphique 3.4.), en dépit de fluctuations accentuées lors des périodes de guerre ou d'immédiat après-guerre, fluctuations qui se superposent à des tendances régulières : décroissance en très longue période, rattrapage partiel dans les années qui ont suivi la dernière guerre.

Même dans des cas de chroniques à variations limitées, l'ordonnée logarithmique a l'avantage de permettre une présentation simultanée de séries impliquant des ordres de grandeur différents (graphique 10, relatif à la production de tissages : cinq produits distincts).

d) Dimensions et unités

Toute prévision de demande doit être précédée d'une analyse qualitative des mécanismes de consommation, dans laquelle le choix d'une variable (ou de plusieurs) adaptée au problème constitue une phase essentielle, qui peut comporter divers essais et tâtonnements. Les variables utilisées dans plusieurs graphiques donnent des exemples de ces essais :

- variable élémentaire (consommation, production...) ou bien variation par unité de temps de cette variable. Ainsi, s'agissant de l'évolution démographique mondiale (cf graphique 3.1), la présentation et le raisonnement peuvent concerner soit la population N , soit la variation ΔN de cette population ; cette variation, presque nulle au départ, est passée au cours des deux derniers siècles de moins de 4 millions à une cinquantaine de millions d'unités par an. Pour la population française (graphique 3.2.), l'évolution est sensible, mais relativement moins marquée.

- Consommation globale ou consommation par habitant (variable C ou C) ou taux d'équipement par individu ou par ^N ménage (cf graphique 3.11), ou encore proportion de la dépense totale affectée à l'achat d'un bien i : "coefficient budgétaire" du bien i, soit, si p_i et q_i désignent le prix unitaire et la quantité achetée de ce bien :

$$\alpha_i = \frac{F_i}{F} = \frac{P_i Q_i}{\sum_i P_i Q_i}$$

- Production (ou consommation....) exprimée soit en quantité, soit en valeur (monnaie "courante" ou "constante"), soit en indice du montant atteint au cours d'une période de référence.
- Moyennes de valeurs consécutives de la variable : moyennes mobiles couramment utilisées dans le lissage des séries chronologiques (graphique 3.9 par exemple).
- Rendement (ou performance réalisée par unité de référence) : par exemple consommation spécifique de combustible par kWh produit dans les centrales thermiques (cf graphiques 3.15), "mise au mille" ou consommation de coke par tonne de fonte produite dans les hauts-fourneaux, productivité de la main d'oeuvre....

Avec les caractéristiques d'un rendement, les vitesses ont une importance particulière puisque la variable de référence y est le temps : nous y revenons ci-après.

e) Rythme d'évolution

Il s'agit de la principale caractéristique des tendances ; aussi ces commentaires qualitatifs, inspirés par une première vue des graphiques, devront-ils être approfondis en 3.3.

On notera seulement ici que ce rythme varie considérablement selon la nature des phénomènes étudiés :

- Démographie : les évolutions, relativement lentes (couramment de l'ordre de 0,5 à 2 % par an), ménagent à moyen terme une stabilité qui peut être remise en cause à très long terme (cf graphique 3.2).

Le graphique 3.3. représente une tentative intéressante pour schématiser différents profils possibles d'évolution démographique à très long terme dans diverses zones géographiques.

- Consommation : les évolutions sont généralement lentes pour des biens alimentaires courants (céréales, sucre, lait...); elles peuvent même se borner à une stagnation pour la consommation par individu.

Pour divers biens intermédiaires et biens durables, l'évolution, rapide tant qu'il s'agit de produits relativement nouveaux, peut plafonner lorsqu'on approche d'une certaine saturation (cf graphique 3.11, pour les taux d'équipement des ménages français en divers biens durables).

- Revenus, prix, main d'oeuvre.... : les fluctuations signalées plus haut peuvent s'ordonner en cycles, plus ou moins réguliers et marqués ; cette composante des séries chronologiques, à laquelle les analystes attachaient avant la dernière guerre une grande importance, en relation avec les crises économiques, est devenue moins accentuée dans les chroniques plus récentes, marquées par une évolution relativement plus régulière et mieux maîtrisée de l'économie. Plus que de véritables cycles, on trouvera seulement dans des séries relatives aux quinze ou vingt dernières années les traces d'à-coups conjoncturels : guerre de Corée en 1950-1951, ralentissement de l'économie française en 1958-59 et en 1963-64, par exemple (cf graphique 3.9 : indice de la production industrielle).

93

- Rendements, données physiques

Les évolutions sont alors soumises à des contraintes d'ordre technique : par exemple les rendements d'une transformation ou d'une réaction s'améliorent avec le progrès technique, mais restent en-deçà des rendements théoriques correspondants (cf graphique 3.15: consommation spécifique de combustibles par kwh produit, transformation par l'intermédiaire de vapeur dont le rendement effectif ne peut être qu'inférieur au rendement théorique découlant du principe de Carnot).

L'amélioration progressive d'une technique peut conduire à l'accroissement des performances, qu'il s'agisse d'un moteur (graphique 3.16) ou d'un athlète (graphique 3.17).

Mais dans le premier cas, le changement de technique peut entraîner une véritable mutation : selon les appréciations, la différence entre progrès technique et mutation sera considérée comme une question de nuance, ou d'ordre de grandeur (cf plus loin en 3.3).

Pour des données purement physiques, telles que le débit d'un cours d'eau ou des éléments climatologiques, on peut s'attendre à une grande stabilité en moyenne annuelle, quoique les activités humaines risquent de provoquer des modifications écologiques perceptibles en longue période (cf graphique 3.18 : températures moyennes à Paris). La prise en compte de données en plus courte période (mois, jour, heure, seconde) conduit ici à l'analyse de fluctuations climatiques, importante pour la prévision de pointes à la demande, dont il sera question ultérieurement.

3.3 - RECHERCHE ET INTERPRETATION DE LA TENDANCE

Une première analyse de séries chronologiques, en particulier sous forme de graphiques, suggère couramment une régularité parmi diverses possibles : par exemple, comme en mécanique rationnelle, "vitesse instantanée" de la consommation de constante, ou proportionnelle au temps... Avant de se décider $\frac{dC}{dt}$ pour le choix d'un "ajustement", c'est-à-dire d'une formulation quantitative liant le phénomène économique étudié (consommation en général) et le temps, il convient d'approfondir un peu les principales caractéristiques possibles des analyses de tendances : taux d'accroissement, asymptotes, renversement, changement rapide, paliers.

33.1 - Taux d'accroissement

Il s'agit à présent d'approfondir et de quantifier la notion, évoquée un peu plus haut, de rythme d'évolution ; nous utiliserons dans ce but le taux moyen d'accroissement, soit, pour une consommation, fonction du temps $C = C(t)$, la variable $v = \frac{1}{C} \frac{dC}{dt}$.

Il nous suffira, pour en concrétiser l'application, de rappeler les quatre types d'ajustements les plus fréquemment utilisés pour décrire la tendance, dépouillée de ses composantes accessoires éventuelles (variations cycliques et conjoncturelles, variations saisonnières, résidu aléatoire) : fonction linéaire, fonction exponentielle, fonction puissance, fonction logistique, examinées au chapitre précédent.

a) Fonction linéaire : $C_t = a + bt$ ($a, b = \text{constantes}$)

La "vitesse instantanée" est alors constante $\frac{dC}{dt} = a$

et le taux moyen décroît avec le temps selon une loi hyperbolique :

$$v = \frac{1}{C} \frac{dC}{dt} = \frac{a}{at + b}$$

b) Fonction exponentielle : $C_t = e^{bt}$

Le rapport entre deux valeurs consécutives de la consommation est alors constant :

$$\frac{C_{t+1}}{C_t} = \frac{e^{b(t+1)}}{e^{bt}} = e^b$$

Le taux moyen d'accroissement est constant lui aussi :

$$\log C = Bt \quad (1)$$

$$\text{d'où } v = \frac{1}{C} \frac{dC}{dt} = B$$

c) Fonction puissance : C ou $C_t = At^k$

$$\frac{dC}{dt} = Akt^{k-1} ; \text{ ou encore } \log C = a \log t + b ;$$

d'où $v = \frac{a}{t}$ décroissant avec le temps, comme dans le

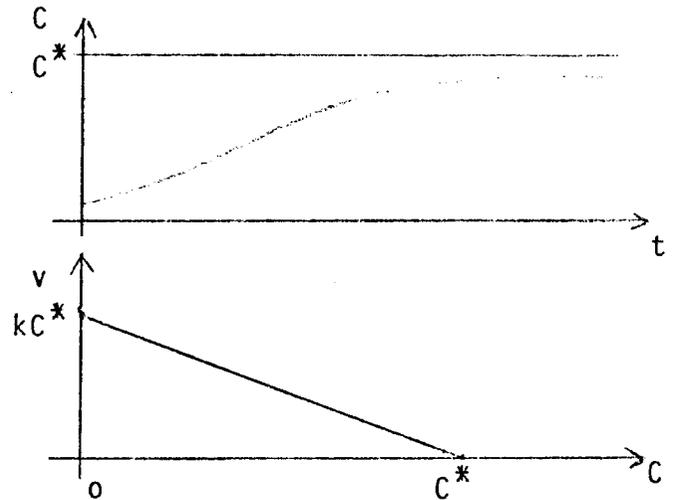
cas de la fonction linéaire (qui constitue en effet un cas particulier de la fonction puissance, avec $k = 1$) ; ceci traduit un effet de pénétration décroissante : le taux d'accroissement décroît au fur et à mesure que le niveau de consommation s'élève.

(1) la constante B tient compte de la constante M de passage des logarithmes népériens aux logarithmes décimaux : $B = \frac{e^b}{M}$.

d) Fonction logistique :

$$C_t = \frac{C^*}{1 + e^{a-bt}}$$

Cet ajustement à trois paramètres (contre un à deux pour les précédents) traduit un effet de saturation du niveau de la consommation.



Corrélativement, le taux moyen d'accroissement décroît linéairement lorsque la consommation s'accroît, s'annulant pour le niveau limite $C = C^*$:

$$v = \frac{1}{C_t} \cdot \frac{dC_t}{dt} = k (C^* - C_t) \quad (\text{cf. chapitre II}).$$

Après avoir ainsi passé en revue les structures et les taux moyens d'accroissement de ces quatre types d'ajustements, il reste à s'interroger sur les raisons qui peuvent conduire à choisir l'un d'entre eux.

- 97
- a) Le principal avantage de l'ajustement linéaire tient évidemment à sa simplicité, à sa rusticité, acceptable notamment lorsqu'on ne recherche pas une précision très poussée, du fait de l'état des données disponibles ou du fait des objectifs visés. Cet avantage, il est vrai, ne lui est pas spécifique : un simple changement de variables assure, on l'a vu, la même simplicité à l'ajustement exponentiel. Cette caractéristique est apparue nettement sur les graphiques semi-logarithmiques (cf par exemple le graphique 3.6) : une tendance linéaire, aisément et rapidement décelable sur un tel graphique, suggère un ajustement exponentiel, dont la pente de la droite reflète l'exposant.
- b) L'ajustement exponentiel constitue en fait, implicitement ou explicitement, la référence la plus courante de toutes les tendances sous-jacentes aux chroniques, du fait de cette simplicité d'emploi et de la généralité de la notion de taux d'accroissement constant. Celui-ci implique les propriétés de la progression géométrique, dont des applications économique-financières courantes mettent particulièrement en relief les effets cumulatifs, déjà sensibles en courte période avec des taux d'accroissement élevés, encore sensibles même avec de faibles taux lorsque la période prise en compte est suffisamment longue.

Si l'on veut s'en rendre compte, l'on peut dire qu'il y a ... intérêt à déborder des marges trop étroites des tables financières pour envisager des taux soit très faibles (évolutions démographiques, par exemple), soit très élevés (développement d'un produit nouveau).

Une façon caractéristique et bien connue de prendre conscience des effets combinés du temps et du taux consiste à rappeler les temps de doublement correspondant à divers taux moyens annuels d'accroissement :

Temps de doublement à taux constant.

Temps (années)	Taux (%)	Temps	Taux	Temps	Taux
1	100	10	7,1	40	1,75
2	41	15	4,7	45	1,6
3	27	20	3,6	50	1,4
4	19	25	2,8	62	1,1
5	15	30	2,3	70	1,0
6	12			100	0,66
7	10,5	36	2,0	139	0,5

Cette gamme d'une très large amplitude permet de couvrir des phénomènes économiques de nature et de rythme très différents (ou diverses périodes, différemment rythmées, d'un même phénomène).

Ainsi, comme on a commencé de le dire en 32.2.e, les évolutions démographiques connaissent des taux peu élevés (doublement en plusieurs décennies, voire en un siècle ou davantage). Mais ces taux varient largement dans le temps et dans l'espace. Ainsi le graphique 3.1. nous montre très clairement que l'évolution en très longue période de la population mondiale, quasiment nulle, durant les premiers siècles de notre ère, pour autant qu'on sache l'évaluer a posteriori, s'accélère au cours des derniers siècles à un taux qu'on ne saurait considérer comme constant (sinon pendant des sous-périodes restreintes vis-à-vis de la longueur totale de la période d'observation, mais encore importantes vis-à-vis d'horizons à court terme). Par exemple, les taux annuels atteignent et dépassent 0,3 % à partir du 17^e siècle ; puis, du milieu du 19^e siècle au milieu du 20^e, la population mondiale s'est accrue à un rythme voisin de

un rythme

0,7 % par an (un peu plus du doublement en un siècle). Mais ce rythme, à peu près égalé en Europe, n'a pas été atteint par l'Asie (coefficient multiplicateur 1,7), dont le poids relatif a diminué mais reste important (des 2/3 à plus de la moitié) ; il a par contre été dépassé par l'Afrique, l'URSS et surtout par l'Amérique (coefficients multiplicateurs respectifs : 2,2 - 2,6 - 5,4). Les taux relatifs aux vingt dernières années sont généralement en augmentation sensible par rapport à la période antérieure.

Pour la France (cf graphique 3.2), l'évolution au cours de cette même période 1850-1950 a été plus lente (coefficient multiplicateur d'environ 1,2, soit un taux d'à peine 0,2 % par an), mais la croissance est plus rapide pour la population urbaine, qui, à total relativement stabilisé, s'accroît au détriment de la population rurale (courbes c et d du graphique 3.2). En moins longue période (une vingtaine d'années), les taux de croissance les plus élevés atteints par des agglomérations françaises importantes sont de l'ordre de 3 à 5 %. A l'étranger, on peut signaler des cas exceptionnels, comme celui de la ville d'Abidjan qui se développe depuis 1950 au rythme de 9 à 10 % par an (doublement en huit ans environ, d'où des problèmes évidents en matière d'infrastructures, de construction de logements, d'équipements collectifs...).

Avec les revenus, niveaux de vie, indicateurs globaux d'activité, consommations...., on observe des évolutions plus rapides que pour la démographie. Les taux annuels relatifs aux revenus et niveaux de vie, sont couramment de l'ordre de 3 à 5 % pour des périodes récentes : 3,7 % par an pour le niveau de vie en France de 1950 à 1965 (+ 70 % en quinze ans, soit à peu près doublement en vingt ans) ; + 2,2 % envisagés aux Etats-Unis d'ici la fin du siècle (doublement en 30 ans).

La consommation dans son ensemble suit à peu près le rythme des ressources globales ; mais lorsqu'on la désagrège en biens et services de plus en plus détaillés, on observe évidemment un éventail très large de taux d'accroissement, le passage de l'échelle des revenus à celle des consommations se faisant commodément par l'intermédiaire des élasticités au revenu. Les produits "nouveaux", à pénétration rapide, se caractérisent par des taux d'accroissement élevés : la "loi du doublement en dix ans", classique pour l'électricité et

observable également pour d'autres biens (cf graphique 3.6., relatif à la production de pétrole dans le monde depuis le début du siècle) correspond à un taux d'accroissement de 7,1 % par an ; pour les matières plastiques, par exemple, les taux observés sont de l'ordre de 15 % par an (doublement en cinq ans).

Là encore, comme pour la démographie, les taux d'accroissement évoluent dans le temps ; ainsi, pour des indicateurs nationaux d'activité économique (produit national brut, production intérieure brute...), les taux, de l'ordre de 1 à 2 % entre les deux dernières guerres mondiales, sont nettement plus élevés depuis. Pour des biens dont l'élasticité-revenu est sensiblement supérieure à l'unité, les effets de ces disparités sur les tendances à long terme de la consommation sont très marqués ; nous en verrons des exemples concrets au cours des chapitres suivants.

L'effet cumulatif, déjà signalé, de la progression géométrique, explique l'importance attachée à des variations, faibles en apparence, des taux de croissance. Ainsi en France, pour la décennie 1970-1980, la production nationale, partant d'un niveau de l'ordre de 600 milliards de francs, atteindrait environ 1 000 ou bien 1 100 milliards en fin de période, selon que le taux de croissance moyen annuel pour la décennie serait de 5,4 % (poursuite de la tendance antérieure) ou de 6,2 % : l'écart final est évidemment considérable - de l'ordre de toute la production actuelle suisse, si l'on veut rappeler des comparaisons de style journalistique.

L'ajustement exponentiel, largement mis à contribution pour rendre compte des progrès économiques, peut l'être également à propos des progrès techniques. Le graphique 3.16, relatif à l'évolution des vitesses aériennes les plus élevées atteintes depuis le début du siècle, nous en fournit un exemple. Mais ce domaine d'application sera surtout évoqué un peu plus loin, à propos des effets de mutation et de saturation.

- c) Nous avons vu que des variations du rythme d'accroissement d'un phénomène au cours de sous-périodes successives peuvent être reflétées par des ajustements exponentiels à taux différents. La fonction puissance permet

de représenter directement de telles variations. Nous l'illustrerons par un seul exemple, celui d'un modèle utilisé - parmi d'autres - pour rendre compte de l'évolution à long terme de la consommation d'électricité en Grande-Bretagne, modèle de la forme : $C_t = k (t-t_0)^a$ où C_t représente la consommation d'électricité au cours de l'année t , et t_0 la première année d'électrification, soit 1878.

Le paramètre a a été estimé à 4,92, d'après un ajustement réalisé sur les données de plusieurs décennies. Cet ajustement rend compte d'une pénétration lentement décroissante avec le temps. En effet, le taux moyen d'accroissement

$$v = \frac{1}{C} \frac{dc}{dt} = \frac{a}{t - t_0}$$

décroit progressivement selon une fonction hyperbolique du temps : de 9,5 % à 8 % par an environ au cours de la décennie 1930-1940 ; de près de 7 % à 6 % par an environ au cours de la décennie 1950-1960.

- d) Le choix de l'ajustement logistique est fréquent lorsque l'on souhaite modéliser des phénomènes de retournement progressif de tendance et de saturation ; il sera évoqué à ces titres au cours des paragraphes suivants. Mais les deux caractéristiques correspondantes sont relativement difficiles à ajuster et à interpréter : le "passage" du point d'inflexion ne peut être considéré comme assuré que largement a posteriori. Quant à l'asymptote, ses caractéristiques sont plus nettes, mais difficiles à prévoir longtemps à l'avance, lorsqu'on est encore sur la partie ascendante de la courbe, assimilable à une exponentielle.

33.2 - Asymptote

a) Signification

La logistique contient en germe la notion d'asymptote : cette liaison a été exposée brillamment par Bertrand de Jouvenel (1), notamment à partir des travaux de l'abbé de Pradt sur les évolutions démographiques attendues (au

(1) cf "L'art de la conjecture" (Futuribles, Editions du Rocher, 1964) Chap. XV : Sur la quantification en général.

109

début du 19^e siècle) pour la Russie et les Etats-Unis, et à partir des hypothèses de Malthus et des ajustements de Verhulst. Selon Malthus, la croissance serait "composée de deux termes, une fonction exponentielle correspondant à la croissance virtuelle selon le rythme naturel supposé, et une fonction retardatrice exprimant l'influence des obstacles" (c'est nous qui soulignons). Verhulst en propose une expression mathématique : "accroissement instantané... somme de deux termes, l'un positif proportionnel à la population présente, le second négatif, proportionnel au carré de la population acquise à partir d'un certain niveau".

A l'examen de ce modèle, la schématisation de la deuxième composante - le frein - paraît plus arbitraire que celle de la première - la croissance exponentielle. Pour en revenir à l'analogie chimique que nous avons évoquée plus haut à propos de la logistique, le niveau de saturation fixé par l'asymptote, qui avait un sens précis s'agissant de la teneur d'un corps dans un composé, en a-t-il encore un dans le domaine économique ? Nous distinguerons deux cas à cet égard : phénomènes démographiques et économiques d'une part, données techniques d'autre part.

b) Evolutions démographiques et économiques

Du fait de l'arbitraire signalé, il ne semble pas qu'il y ait lieu dans ce cas d'attacher une importance et une précision particulières à la position de l'asymptote, et ce d'autant moins que l'échéance de la prévision est plus éloignée. Nombreux sont d'ailleurs les exemples d'ajustements anciens dont les résultats se sont avérés a posteriori nettement "dépassés par les événements".

Mais il faut noter l'importance de la nature, de la dimension de la variable dont il s'agit d'exprimer la saturation (cf plus haut en 32.2.d) : un taux d'équipement en appareils, par exemple, s'y prête mieux qu'un parc. Encore convient-il de prendre garde aux définitions et à leurs nuances : ainsi, pour les parcs de biens durables (cf chapitre 6), une limitation du taux de possession (proportion de ménages équipés) n'implique une limitation du taux d'équipement (nombre d'appareils pour 100 ménages) que dans la mesure où l'équipement d'un ménage est plafonné à un appareil : cette hypothèse limitative est de plus en plus fréquemment levée dans la pratique (automobiles, postes de radio...). Quant au parc d'appareils, il peut diverger pour suivre la croissance du nombre de ménages (asymptote oblique).

c) Données techniques

Dans ce cas, les contraintes des rendements (cf plus haut, 3.2.2.e) peuvent donner un sens précis au niveau de l'asymptote, qui n'a plus être liée à l'ajustement d'une logistique. mais à une analyse technico-économique (cf graphique 3.15). Nous y reviendrons ultérieurement, à propos de modèles de prévision à coefficients techniques.

Là encore, le choix de la variable importe fort. Pour reprendre et prolonger un exemple cité par B. de Jouvenel, la vitesse moyenne du transport transatlantique, du "Britannia" (1838) au "Normandie" (1935), puis au Boeing (1960) et au "Concorde" (1975 ?) aura été multipliée successivement par 3,6, puis 12,5 puis environ 2,5, le temps de transport s'abaissant respectivement de 15 jours à 100 heures, puis 8 heures et 3 heures. A supposer que la vitesse continue à croître dans des proportions importantes, l'économie de temps, elle, tend vers zéro.

d) Risques de dépassement

Les éventualités de dépassement de l'asymptote ne sont pas de même nature dans les deux cas cités, correspondant aux situations d'"épuiement et percée" évoquée par B. de Jouvenel. Dans le premier cas, l'évolution est généralement floue, traduisant en quelque sorte une translation plus ou moins continue de la logistique. Il peut en être ainsi dans le second cas, sous l'effet d'un progrès technique lent et régulier (cf. graphique 3.1.5) ; mais il s'y ajoute des effets de mutation, impliquant un bond ou un changement de tendance (cf graphique 3.1.6.).

L'une des méthodes utilisées en matière de prospective technologique (cf bibliographie) consiste précisément à rechercher des régularités dans ces percées et à en tracer des enveloppes.

33.3 - Retournements de tendances

Il peut paraître relativement facile de représenter une évolution d'allure régulière. Le choix entre divers ajustements possibles peut alors n'être pas déterminant : c'est le cas si les résultats de ces ajustements sont voisins jusqu'à une échéance à partir de laquelle il

104

faudra, en tout état de cause, revoir et éventuellement refaire les prévisions. Il est plus difficile, et généralement considéré comme plus important, de prévoir les retournements de tendances.

Mis à part les phénomènes conjoncturels - dont nous nous préoccupons plus loin d'où peuvent provenir de tels retournements ? On peut chercher des éléments de réponse pour certaines des notions économiques et des évolutions évoquées précédemment.

a) Démographie

Référons-nous simplement au graphique 3.3 et à ses "profils" schématiques d'évolution démographique séculaire pour les départements français : profil 7 (remontée après une décroissance de plusieurs décennies), profils 3 et 4 (évolution inverse, conduisant en fin de période au-dessous ou au-dessus du niveau initial). Sans rentrer dans le détail d'analyses départementales, remarquons seulement que ces évolutions résultent d'une part de phénomènes purement démographiques (mortalité, natalité), d'autre part de migrations elles-mêmes liées à l'activité économique et à l'emploi. C'est donc à ces niveaux que doivent se situer analyses et prévisions.

b) Production et consommation

En ces domaines, dans le cas - le plus fréquent - d'un maximum suivi d'une décroissance, un renversement de tendance peut notamment provenir :

- d'un essoufflement de la demande d'un produit, auquel d'autres produits se substituent pour la satisfaction du même besoin, la fourniture du même service.
- de la résultante de mouvements décalés dans le temps : nous verrons en particulier au chapitre 6 le cas fort important des biens durables : les deux composantes de leur demande (premier équipement et renouvellement) peuvent conduire à une demande globale structurellement croissante puis décroissante.

- de phénomènes cycliques, observables par exemple lorsque l'offre et la demande réagissent aux conditions du marché et visent à s'y adapter selon des rythmes distincts. C'est l'exemple, classique en économie agricole, du cycle du porc. C'est également ce que l'on peut constater pour des matières premières telles que l'étain (graphique 3.5).

c) Prix

Il est plus difficile encore d'en rendre compte que des autres variables économiques, et de déterminer si des mouvements observés en courte période s'inscrivent, comme pour la population ou les revenus, dans des tendances à moyen ou long terme, ou bien dans des oscillations autour d'une position d'équilibre. Ces deux cas s'observent couramment, par exemple :

- L'évolution du coût de production et donc du prix d'un produit peut refléter d'une part des tendances à la baisse, résultant de progrès techniques, de rationalisations dues à des fabrications en grande série, de baisses des prix de certaines matières premières...., d'autre part des tendances à la hausse liées au renchérissement des salaires. Selon la pondération et le rythme d'évolution de chaque composante, on pourra observer soit une décroissance continue des prix (cas des réfrigérateurs depuis une quinzaine d'années, par exemple) soit une croissance (journée d'hôpital...), soit un retournement (cas du charbon en Europe occidentale, en longue période : baisse suivie d'une remontée).
- Là aussi peuvent se produire des phénomènes cycliques, caractérisés quelquefois par une grande irrégularité ; ainsi en est-il des taux de fret maritime soumis à de fortes oscillations pour des variations relativement réduites de l'offre et de la demande de transport ; ainsi également de certaines matières premières et denrées agricoles (cf graphique 3.1.4., relatif au prix du sucre aux Etats-Unis).

Que conclure de ces diverses observations sur les retournements, sinon qu'elles mettent en relief les limites de l'analyse de tendances ? Pratiquée de façon systématique et unidirectionnelle (consommation, par exemple, en fonction du temps), elle risque en effet de ne pas déceler les renversements virtuels. Ce sont des analyses qualitatives approfondies qui permettent de démonter les mécanismes économiques, de dégager les principaux facteurs influant sur la consommation et les divers termes auxquels agissent des tendances divergentes. Les chapitres suivants montreront dans quelle mesure de telles analyses sont possibles.

Pourtant l'étude des tendances n'est pas complètement démunie face à ces problèmes d'extremum et de retournement. Certains modèles ont en effet été construits pour rendre compte d'évolutions à extremum.

Citons à titre d'exemple la théorie du Hongrois Kasper, qui a ajusté des lois normales à la durée de vie d'un certain nombre de produits (1) ; les quantités produites l'année t seraient de la forme :

$$y/t = a.e^{-b^2 (t-h)^2}$$

où a représente le maximum de production annuelle du produit,

h représente l'année où ce maximum est atteint,

b caractérise la forme de la courbe de vie.

33.4 - Changements rapides et mutations - Paliers

Il s'agit là encore de situations difficiles à décrire par de simples ajustements en fonction du temps. Mais tout d'abord, la distinction entre évolution et mutation est-elle une question de nature ou de degré ? Peut-on l'exprimer quantitativement - en considérant par exemple comme certains auteurs (cf L. Armand et M. Drancourt : voir plus loin) qu'il y a mutation lorsque, sur la période en cause, l'échelle du changement dépasse le rapport 10 à 1 - ou seulement de façon qualitative ?

(1) Egon Kasper "Theory of product life curves and technico-economic progress" communication présentée au Congrès d'Econométrie de Varsovie - Septembre 1966.

Sans prendre parti sur la définition précise de ces modifications de structure, on peut noter qu'elles correspondent en particulier à deux types de situations, qui impliquent chacun leur type de palier :

a) Effets du progrès technique

Ces effets peuvent être observés sur une longue période (développement des télécommunications) ou concerner la mise en service d'un produit nouveau : radio à transistor, bouteille en plastique... Bien des auteurs ont mis l'accent sur l'accélération du progrès technique, devenue de plus en plus sensible depuis le début et surtout le milieu du XXe siècle. Ainsi L. Armand et M. Drancourt (1) insistent sur l'interdépendance des techniques, et sur le fait que le mouvement fait désormais partie intégrante de notre histoire économique : "l'évolution devient une des composantes de ce que par habitude on appelle l'équilibre économique.... Les formes mêmes de la pensée s'en trouvent modifiées", notamment par l'accoutumance des hommes, dès leur enfance, à ces changements permanents. Divers exemples numériques montrent l'importance des mutations réalisées dans divers domaines techniques en longue période - de l'ordre du siècle : mais n'en est-il pas logiquement ainsi à propos de séries longues rapportées aux premières années de vie du produit considéré ? En tout cas, selon ces auteurs, la représentation de ces séries ne pose pas de problème méthodologique ardu, des exponentielles pouvant traduire l'évolution de toutes les techniques.... La réalité nous paraît quelquefois plus complexe.

b) Evolution des modes de vie

Pour être plus progressive, l'évolution de certaines habitudes de vie n'en est pas moins quelquefois déterminante en tant que moteur de diverses activités économiques. Nous en prendrons seulement pour exemple le secteur des loisirs, dont l'importance économique transparait dans les grandes migrations hebdomadaires et saisonnières, dans la création de stations de sports d'hiver, de stations balnéaires, de ports de

(1) Louis Armand et Michel Drancourt "Plaidoyer pour l'avenir" Calmann-Lévy, 1961 ; cf en particulier la section "l'Epoque buissonnante" pp. 41 et seq.

plaisance, de complexes spécialisés... Or ce développement est lié d'une part à un changement des comportements (ainsi le bain de mer, jadis corvée médicale infligée à quelques-uns, est devenu une distraction de foule), d'autre part à un phénomène socio-économique récent (dans une optique de longue période) : l'extension des congés payés.

Une analyse classique de séries chronologiques courantes (production industrielle, par exemple : cf graphique 3.9) est d'ailleurs révélatrice de ces mouvements en profondeur. On observe en effet une modification de la répartition dans l'année des coefficients saisonniers (hebdomadaires, ou plus souvent mensuels, ou trimestriels, selon le rythme des relevés) ; ces coefficients, on le sait, reflètent les fluctuations autour de la tendance :

$$\text{coefficient saisonnier} = \frac{\text{donnée brute}}{\text{donnée corrigée des variations saisonnières}}$$

Le "profil saisonnier" de la série analysée retranscrit ainsi l'influence des phénomènes naturels, économiques et sociaux qui rythment la vie des hommes, l'influence de fluctuations en plus courte période (dont nous reparlerons plus loin) étant à ce niveau "lissée", c'est-à-dire éliminée, ou au moins atténuée.

Si les institutions et le cadre de vie étaient stables, ces profils seraient immuables. En fait, on observe une évolution, lente sous certains effets (modification progressive de l'importance relative de diverses branches industrielles, changement de certains modes de production...), plus brusque dans d'autres cas - encore qu'un recul de quelques années soit nécessaire pour en apprécier précisément l'incidence : la généralisation de la quatrième semaine de congés payés entre dans cette dernière catégorie.

c) Paliers

Les paliers sont le plus souvent complémentaires des mutations dont on vient de parler, s'intercalant entre elles, ou illustrant leur absence. On en observe en particulier dans les circonstances suivantes :

- c₁. "Essoufflement" d'un phénomène économique : ainsi, sur le graphique 3.10, la courbe relative à la production cotonnière et linière.
- c₂. Temps nécessaire à la mise en oeuvre d'un nouveau progrès, de nature généralement technique : cas des graphiques 3.1.6. (vitesse maximum des avions) et 3.1.7. (records d'athlétisme). On a déjà signalé plus haut l'accélération du progrès technique, analysée par de nombreux auteurs, et qui se traduit ici par une diminution de la durée de ces paliers de mise au point de nouveaux progrès.

Selon certains auteurs, une technique nouvelle peut au mieux doubler ses performances tous les trois ans, mais cette tendance résulte de bonds et de paliers. L. Armand et M. Drancourt (op. cit.) se référant à Westinghouse Engineer Electric, mettent en relief "la réduction continue (du délai) qui sépare une découverte des principes de sa mise en application :

- entre la découverte de l'effet thermo-ionique et la vente de la première lampe triode : 35 ans.
- de l'observatoire Roentgen aux tubes Looldge : 20 ans.
- de la découverte du neutron à la première pile atomique : 10 ans.
- de la découverte des propriétés des ondes très courtes aux radars : moins de 10 ans.
- de la fission de l'atome à la première bombe atomique : 5 ans.
- de la purification des semi-conducteurs à la vente du premier transistor au germanium : 3. ans".

c₃. Evolution liée à des changements institutionnels : ainsi, pour reprendre l'exemple des congés évoqué plus haut en b, et de la durée du travail (1), celle-ci résulte de composantes qui décroissent en longue tendance - depuis un siècle :

- nombre d'heures par jour : de 7 - 10 ou 10 - 14 (selon les saisons) à 8 - 9 ;

- nombre de jours par semaine : de 6 à 5, le plus souvent ;

- nombre de semaines par an : de 52 à 47 - 48.

c₄. Système écologique : le palier correspond alors au maintien d'un équilibre, menacé si l'on observe une évolution. Ainsi, sur le graphique 3.1.8 (températures moyennes annuelles à Paris, de 1851 à 1966), on observe d'une part des fluctuations de l'ordre de 1 à 2 degrés autour de cette tendance, d'autre part, pour cette tendance, une constance jusque vers 1910, suivie d'une remontée vraisemblablement liée à une modification écologique. Il n'entre pas dans notre propos de rechercher ici les facteurs ayant pu influencer sur le milieu et le microclimat (intensification des chauffages de locaux, accroissement de l'agglomération, circulation automobile, fumées industrielles, réchauffement de l'eau prélevée à des fins industrielles : centrales thermiques, etc...) mais seulement de constater que l'analyse des séries permet de déceler de tels changements.

(1) Cf notamment : - le rapport du groupe de travail "Durée du Travail de la Commission de la Main d'oeuvre, Commissariat Général au Plan, Paris -, 1964.

- Jean Fourastié "Les 40 000 heures" Laffont-Gonthier, Inventaire de l'avenir, 1965.

3.4 - Conclusions

34.1 - Possibilités et limites d'utilisation

a) Cas d'application

Comme on l'a vu, l'analyse des tendances, d'application relativement simple - au moins dans de nombreux cas - permet de juger de la régularité de l'évolution des phénomènes étudiés, d'apprécier le poids du passé et le rythme de mouvements économiques (ou à incidence économique) dont on recherche la composante à long terme, observable et prévisible.

- Dans tous les cas, elle constitue une première étape essentielle de l'analyse et de la prévision économiques. Il y a donc toujours lieu de la pratiquer, fût-ce sous une forme apparemment sommaire (graphique, en particulier).
- Dans certains cas, elle peut suffire à assurer la prévision, et notamment :
 - . lorsqu'il s'agit de produits largement diffusés (matières premières, denrées alimentaires...) pour lesquels on dispose déjà d'une base étendue d'observations et d'expériences ;
 - . lorsqu'il s'agit d'une évolution monotone (par exemple, constamment croissante), au moins sur une période de temps assez large, telle que l'évolution d'un parc de biens durables en service ou de taux de possession de ces biens ;
 - . lorsqu'il s'agit de la part d'un constituant dans un ensemble, par exemple le pourcentage du trafic total de marchandises transporté par la S.N.C.F. ; mais dans de tel cas, l'étude et le prolongement de la tendance ne constituent naturellement qu'une approximation, parfois grossière ;

- 112
- . lorsqu'il s'agit de produits à utilisations très diversifiées (par exemple biens intermédiaires tels que l'acier, l'électricité) qui conduisent à une certaine stabilité dans l'évolution de la consommation, par exemple à une régularité dans l'expansion, exprimable en termes de tendances ;
 - . lorsque la prévision est à faire en termes neutres, c'est-à-dire par un observateur extérieur, qui ne dispose pas de possibilité d'action sur l'évolution.
- Mais l'analyse des tendances est insuffisante dans la plupart des cas, dès l'instant qu'il y a lieu de restreindre le cadre de la prévision de toute une branche à un produit ou à un petit nombre de produits, cas le plus fréquent dans les problèmes d'entreprises. Il convient alors d'affiner cette première analyse en tenant compte d'une part de phénomènes de substitution entre produits et de mutations, d'autre part, de la signification des écarts quelquefois importants observés par rapport à la tendance.

Dans la réalisation de cette deuxième phase, venant après l'analyse de tendances, il y a lieu de transcender la formulation mathématique des phénomènes, et de recourir à une analyse qualitative - avant d'être quantifiée - des facteurs qui influencent la consommation : c'est l'objectif que permettent d'atteindre les modèles à facteurs explicatifs, qui font l'objet du chapitre suivant.

b) Modalités d'application

Nous avons vu qu'elles peuvent être très variées, allant de la simple analyse graphique à l'élaboration de modèles élaborés, "sophistiqués". Elles peuvent être élargies par la prise en compte de données en coupe instantanée, et notamment de comparaisons régionales et internationales. Il y a une évidente analogie dans ces deux approches (séries chronologiques et coupes instantanées)

consistant à multiplier les observations dans le temps et dans l'espace pour reconstituer les phénomènes économiques, à la manière des archéologues ou des naturalistes recherchant à partir de quelques éléments l'identification et l'évolution des espèces ou des civilisations ; à la manière également, pour reprendre une image de G. Th. GUILBAUD, de quelqu'un qui voudrait comprendre le mécanisme du vol des oiseaux soit en filmant les mouvements d'un seul d'entr'eux (chronique), soit en photographiant tout un groupe d'oiseaux en vol (coupe instantanée) et en comparant leurs attitudes respectives pour arriver à les relier entre elles.

34.2 - Rythme d'évolution et terme de la prévision

L'analyse économique pratiquée en vue de la prévision doit s'adapter à l'horizon de celle-ci. Mais, comme l'ont montré les analyses relatives aux diverses caractéristiques des tendances, les évolutions peuvent avoir des causes de natures et de rythmes différents, selon les phénomènes : démographiques (renouvellement de générations ; changements de rythme possibles en longue période), techniques et technico-économiques (rendements, taille des unités de production, confrontation de l'offre et de la demande...), sociaux, institutionnels, politiques, internationaux...

Dans ces divers cas, la mise en oeuvre d'équipements implique une rigidité liée à leur durée de vie ; la mise en cause d'hommes implique en outre l'éventualité de changements difficiles à prévoir, de processus de constante adaptation.

On conçoit qu'il soit difficile de travailler simultanément sur ces différents "registres". En fait tel ou tel d'entre eux sera privilégié, selon le terme visé. A très court terme (cf. chap. IX), on s'intéresse à des évolutions relativement autonomes en courte période, qui risquent d'apparaître à moyen terme (quelques années) comme des péripéties masquant des tendances à rythme plus long (migrations, revenus...) déterminantes à cette échéance. A long terme - une dizaine d'années, pour fixer les idées - et à très long terme - quinze, vingt années ou davantage - ce sont d'autres tendances plus lourdes (démographie, habitudes de vie ...) qui peuvent intervenir parce que

leurs effets, peu sensibles en plus courte période, se sont accumulés assez longtemps pour peser à leur tour.

A cet horizon et pour des horizons encore plus éloignés, on passe de la prévision à la prospective. La différence, apparemment peu nette quant au terme, l'est bien plus quant à l'esprit et aux méthodes. Elle apparaît dans les deux fonctions que B. de JOUVENEL (1) attribue à la prévision chiffrée "l'une de contribuer à la solution d'un problème posé, l'autre de nous faire entrevoir les problèmes".

Ainsi la prévision à long terme au niveau des entreprises dégage les tendances les plus vraisemblables de leur environnement, pour leur permettre de faire leurs choix jusqu'à un terme défini par la période qu'engagent ces choix (durée de mise en oeuvre des décisions, durée de vie des installations...).

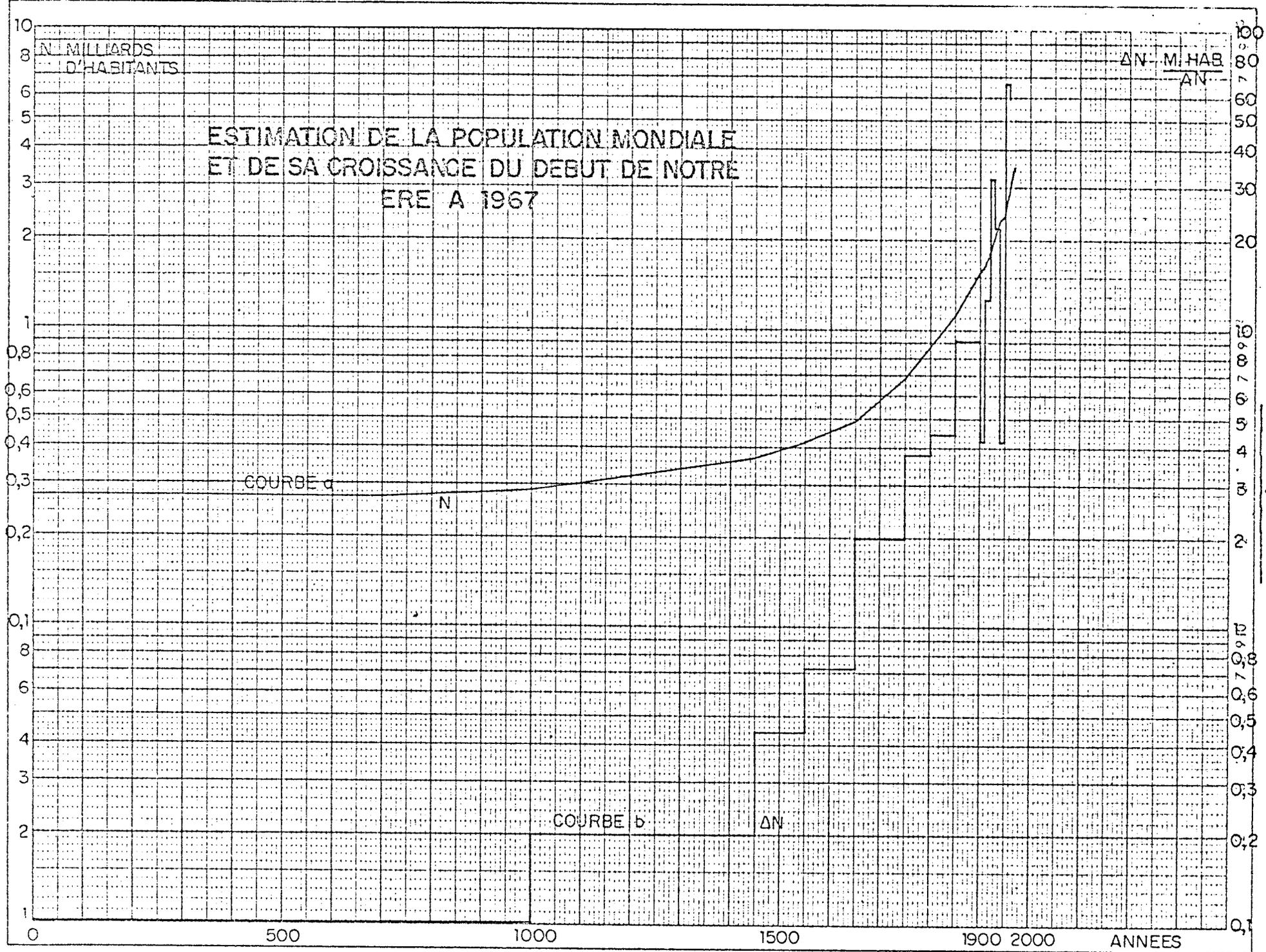
La prévision à très long terme, au niveau des responsables de grandes organisations, de régions, de pays, entendue comme le prolongement de trends statistiques, permet entre autres conséquences de faire apparaître dans le lointain certaines incohérences, certaines impossibilités et de mettre en garde vis-à-vis des changements de rythme à attendre. On peut ranger dans ce cadre les exemples fréquemment évoqués de phénomènes dont le rythme de croissance ne saurait se prolonger très longtemps, parce que la partie dépasserait le tout : par exemple évolution des consommations d'électricité au sein des consommations d'énergie, des effectifs de certains services (éducation, soins, télécommunications) au sein de la population active, etc... La prospective, elle, permet aux mêmes responsables de "prospector" les futurs possibles en vue de les infléchir. Son rôle est exploratoire, voire provocateur : l'évocation de situations futures qui paraissent actuellement vraisemblables mais non souhaitables conduit à prendre des mesures qui permettront, aux carrefours à venir, de suivre d'autres voies parmi les voies possibles dans divers domaines d'abord rapprochés dans une vue globale : démographie (politique de natalité), économie (structures industrielles, coûts et prix), environnement (pollutions), institutions, etc..

(1) L'art de la conjecture - op. cit. Chap. IX : sur la quantification en général.

115

Mais notre intention n'est pas de développer les caractéristiques de la prospective ; elle se limite à indiquer ses frontières avec la prévision, qui nous préoccupe ici, et leurs points communs, notamment dans l'emploi des tendances - avec des horizons et des degrés de précision fort différents.

Pour conclure sur l'analyse des tendances, nous pourrions dire, comme à propos de la langue, que c'est la meilleure ou la pire des méthodes, selon l'usage qui en est fait. Si l'on en revient aux remarques et aux critiques du début de ce chapitre, nous décernerons à ces méthodes une place à la fois modeste - puisqu'elles ne suffisent généralement pas à la prévision - et essentielle - puisque la prévision commence presque toujours par elles. Elles assurent ou plus souvent préparent la compréhension des phénomènes économiques, elles permettent de situer les échelles temporelles de la prévision en classant les évolutions observées par degré de "lourdeur". Elles constituent en effet un prisme qui différencie les couleurs élémentaires correspondant aux rythmes des divers phénomènes qui interviennent dans l'activité économique.



GRAPHIQUE 3.1.

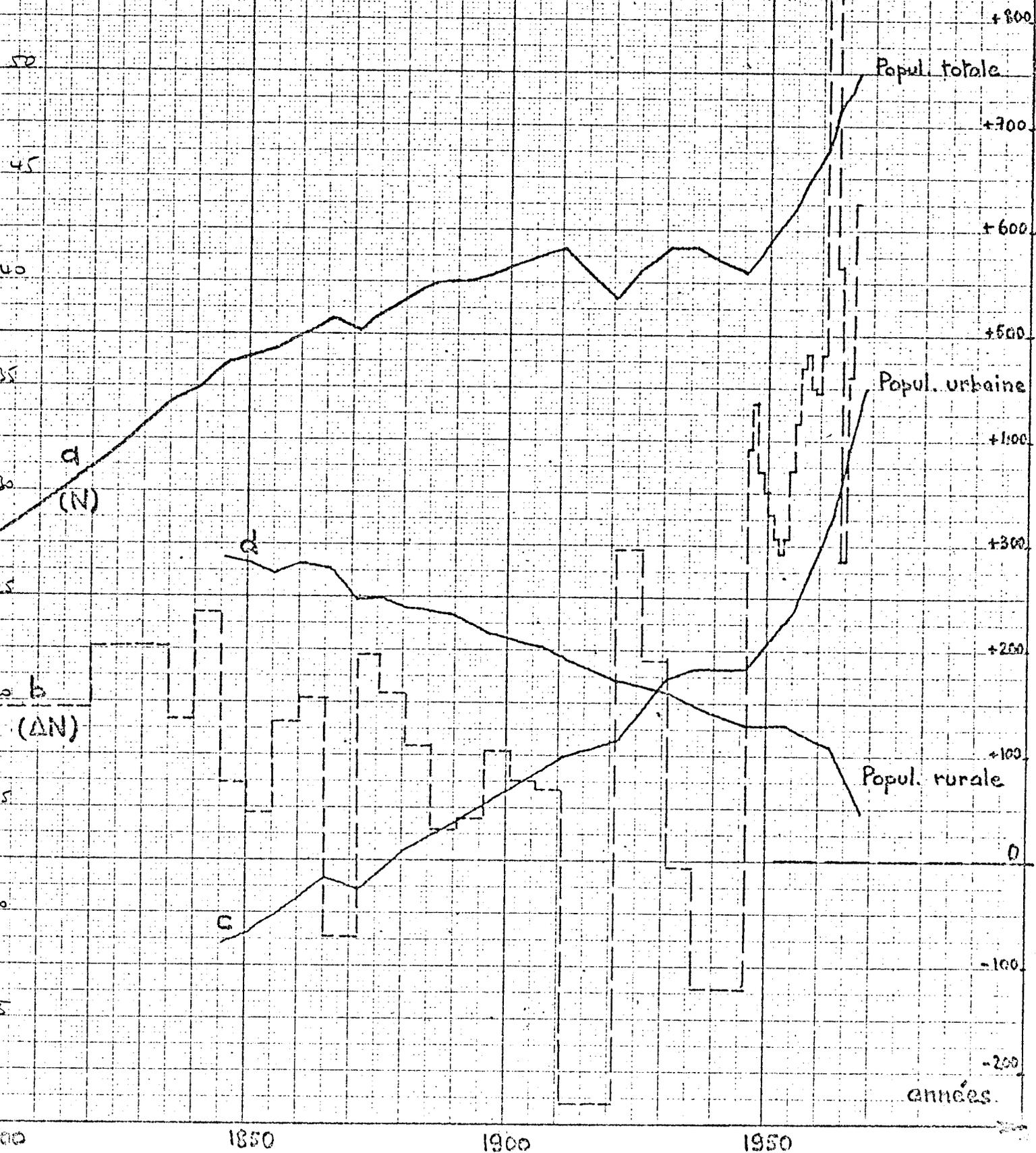
GRAPHIQUE 3.2.

POPULATION DE LA FRANCE METROPOLITAINE DE 1800 A 1968 :

Population totale N et Accroissement ΔN
 Population urbaine et rurale

ΔN
 (milliers d'habitants)

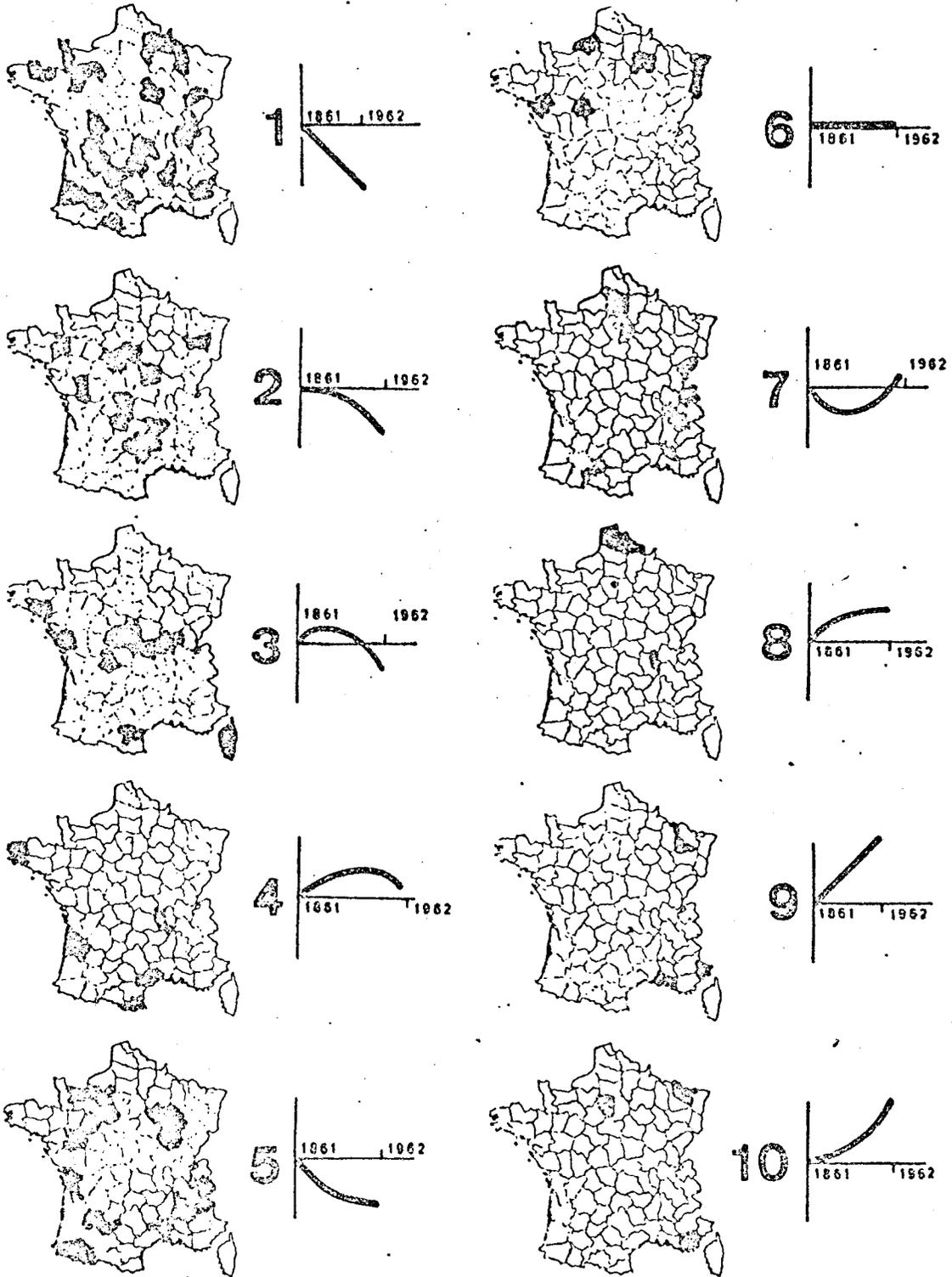
N
 (millions d'habitants)



GRAPHIQUE 3.3.

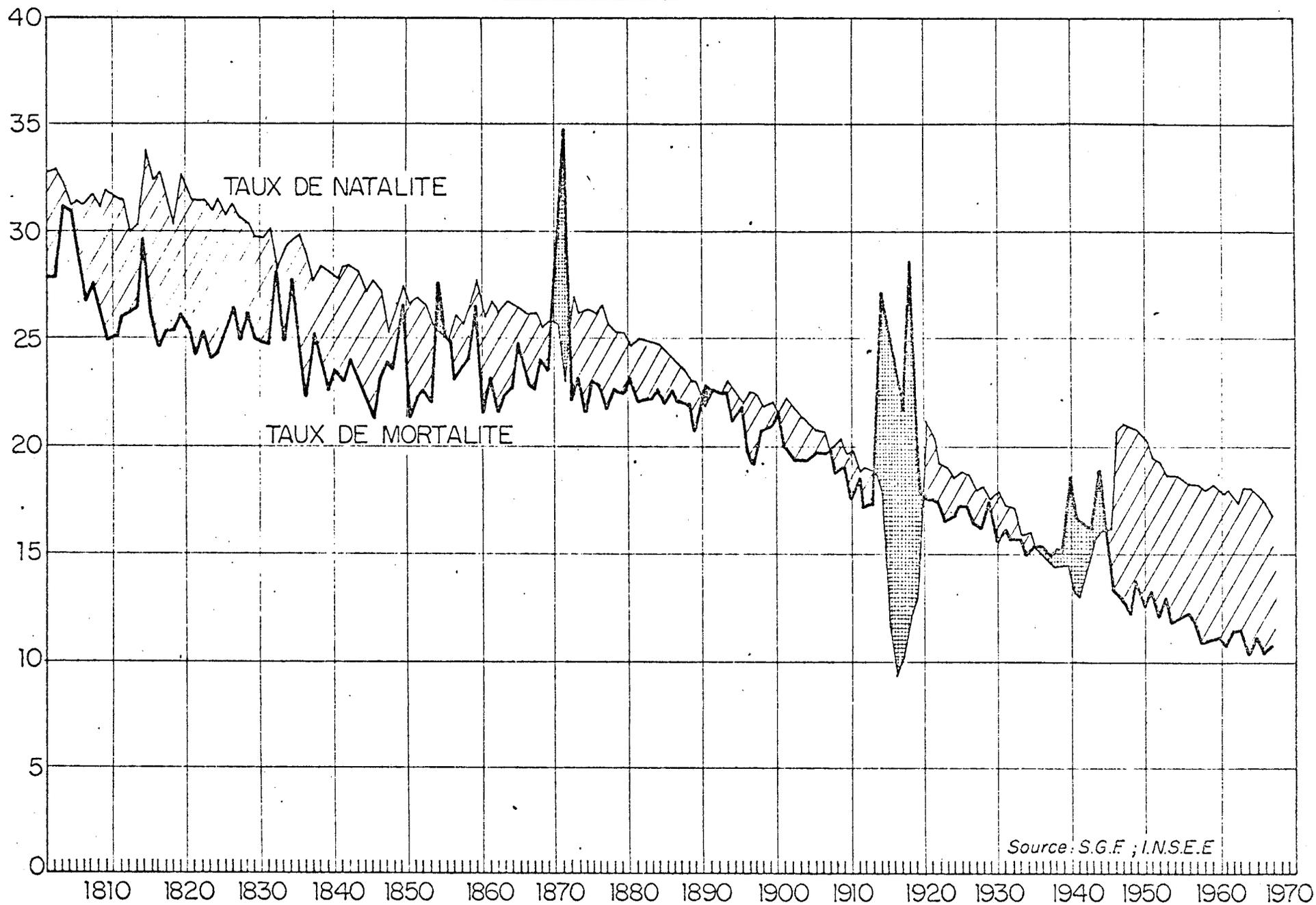
EVOLUTION RELATIVE DE LA POPULATION DES DEPARTEMENTS
DEPUIS 100 ANS

les types de profil



(Aménagement du territoire et développement régional. p.462
Institut d'Études Politiques. Grenoble 1968)

la Documentation Française



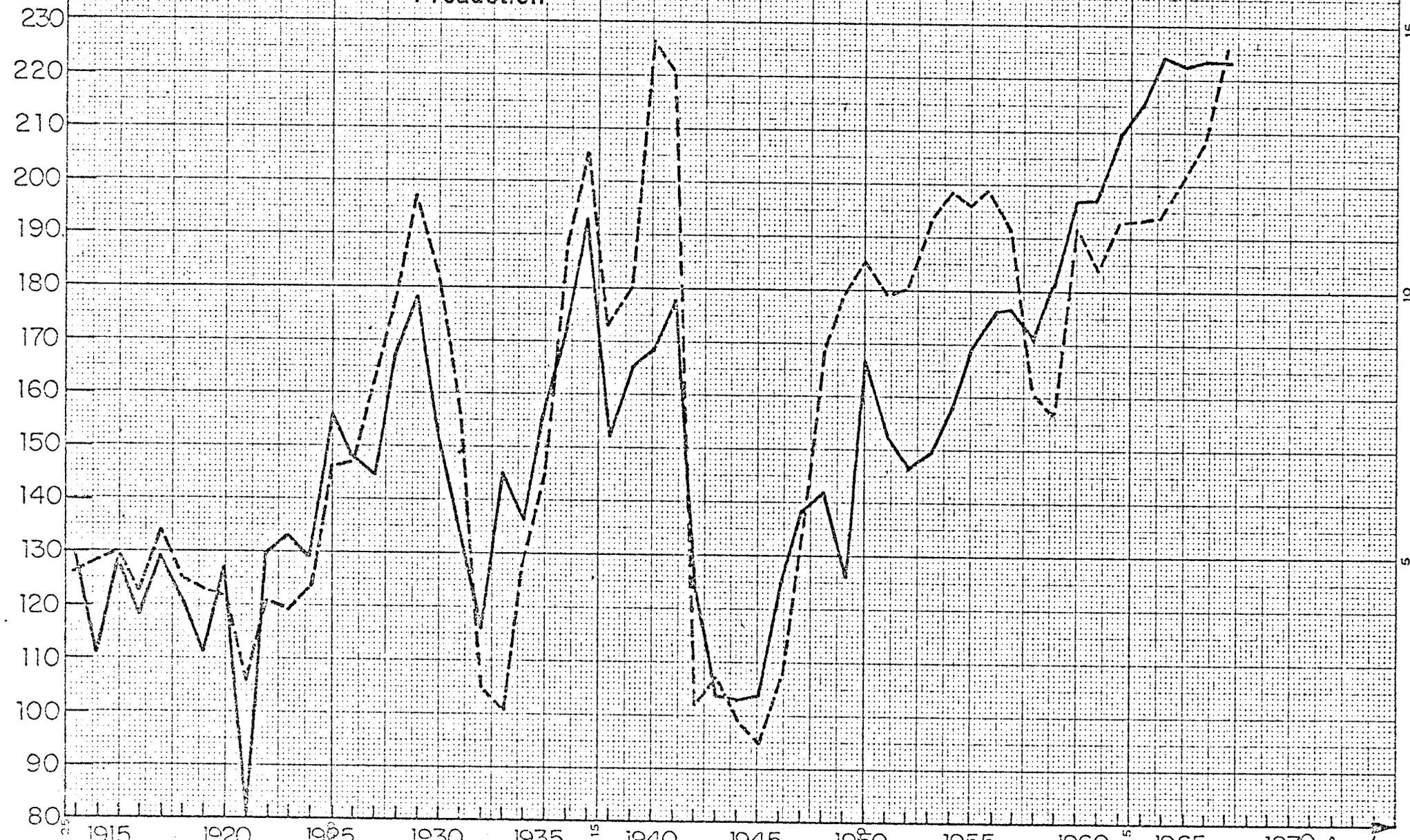
Source: S.G.F.; I.N.S.E.E

TAUX DE NATALITE ET TAUX DE MORTALITE DE 1800 A 1967
 Nombre de naissances et de décès pour 1000 habitants.

Milliers de tonnes
métriques

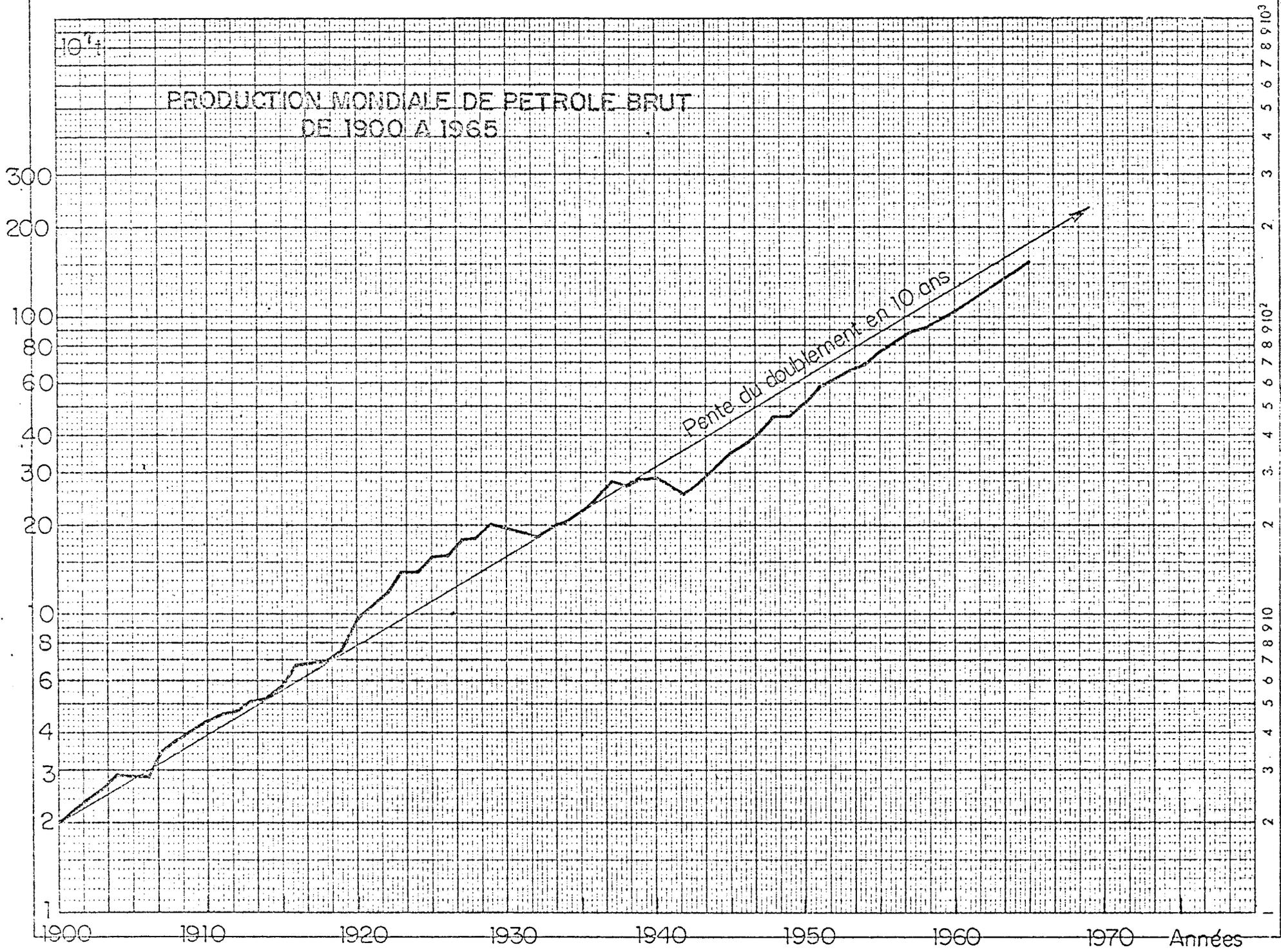
PRODUCTION ET CONSOMMATION D'ETAIN DANS LE MONDE DE 1913 A 1967

— Consommation
- - - Production



GRAPHIQUE 3.5.

PRODUCTION MONDIALE DE PETROLE BRUT
DE 1900 A 1965

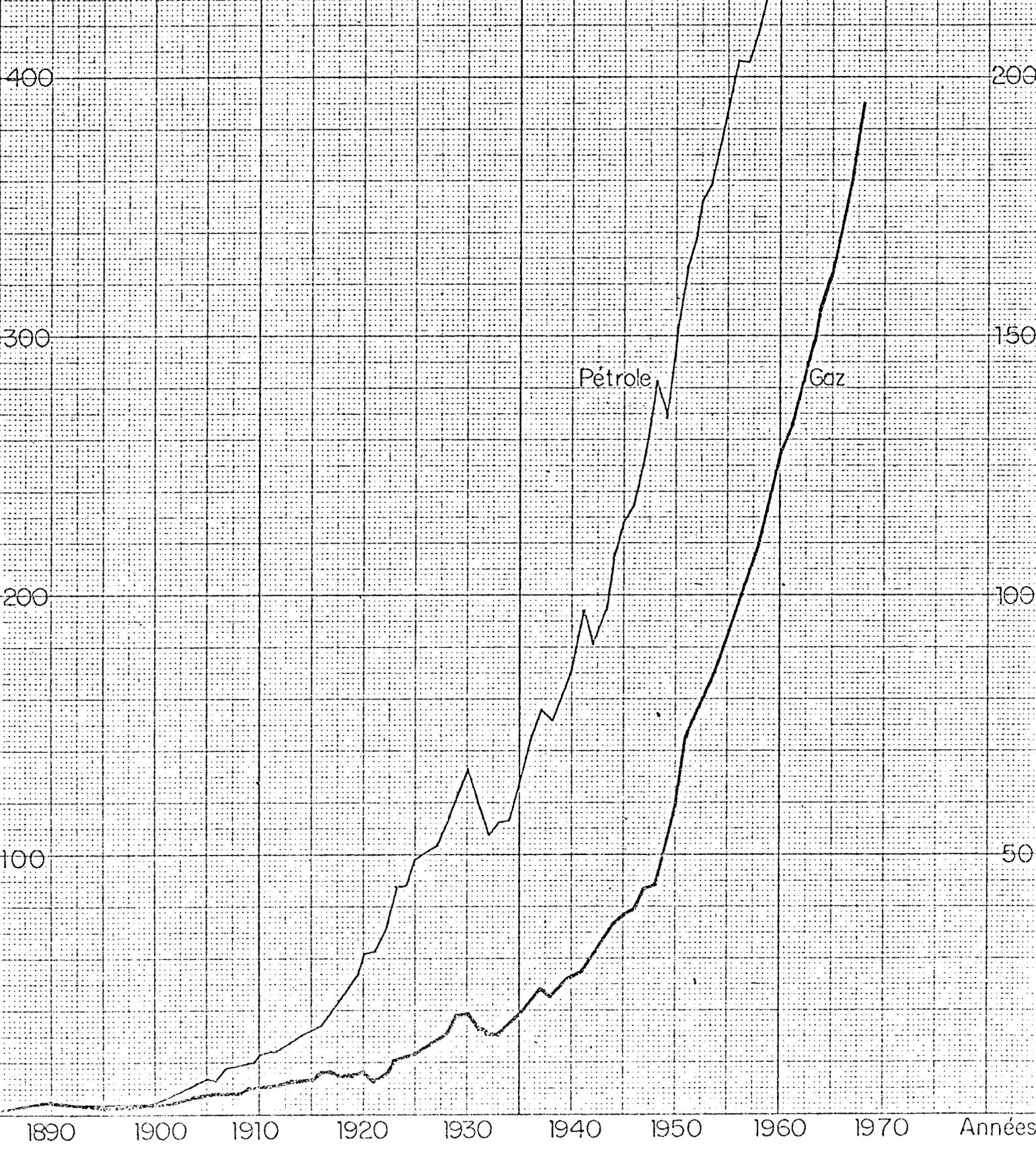


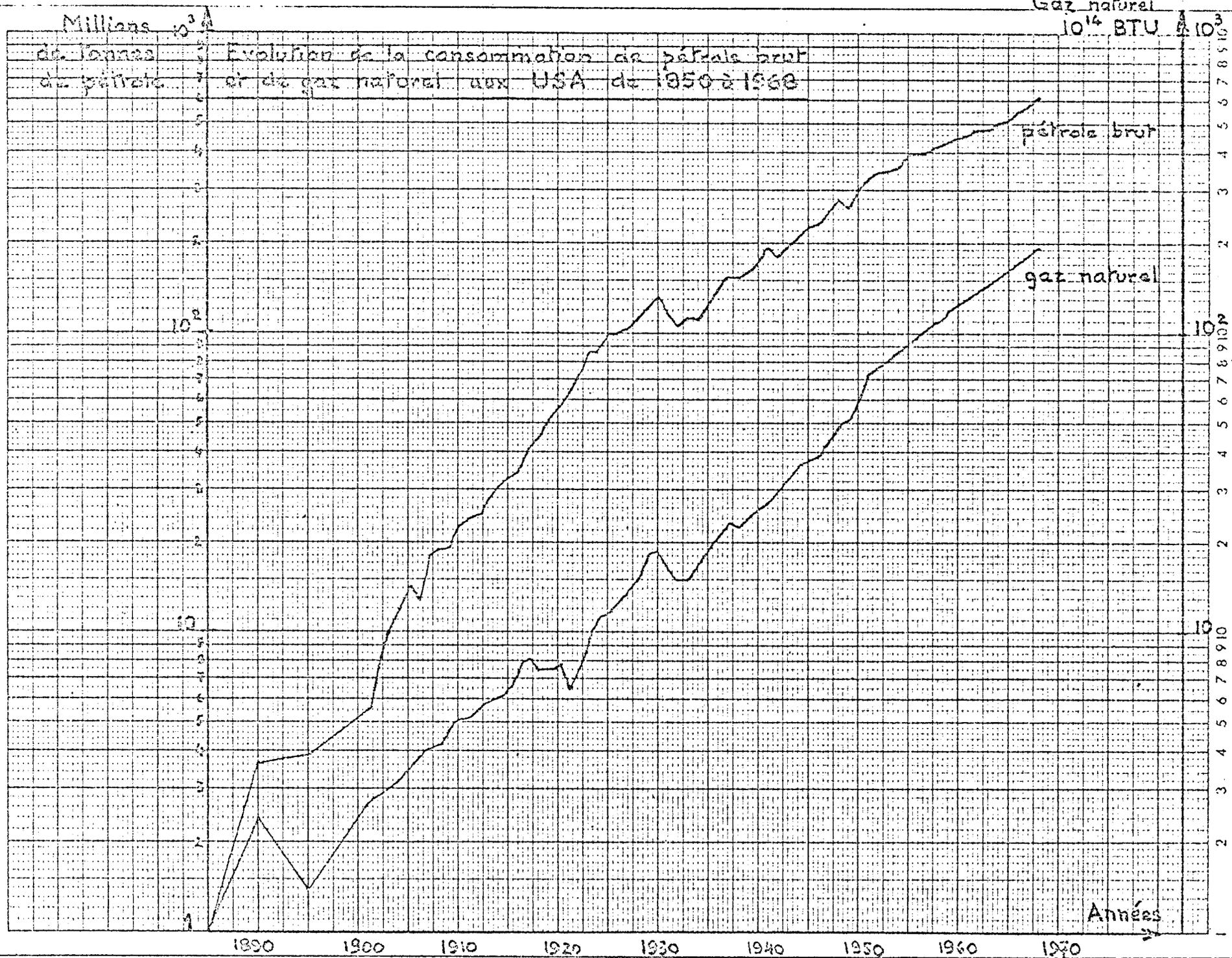
GRAPHIQUE 3.6.

Pétrole
 10^6 tonnes

Gaz
 10^{14} B.T.U.

EVOLUTION DE LA CONSOMMATION DE GAZ
ET DE PETROLE BRUT AUX U.S.A. DE 1885 A 1968





GRAPHIQUE 3.8.

FRANCE. INDICE DE LA PRODUCTION INDUSTRIELLE
Ensemble sans Bâtiment-Travaux Publics
Données mensuelles. Base 100 en 1959

200
150
100
50

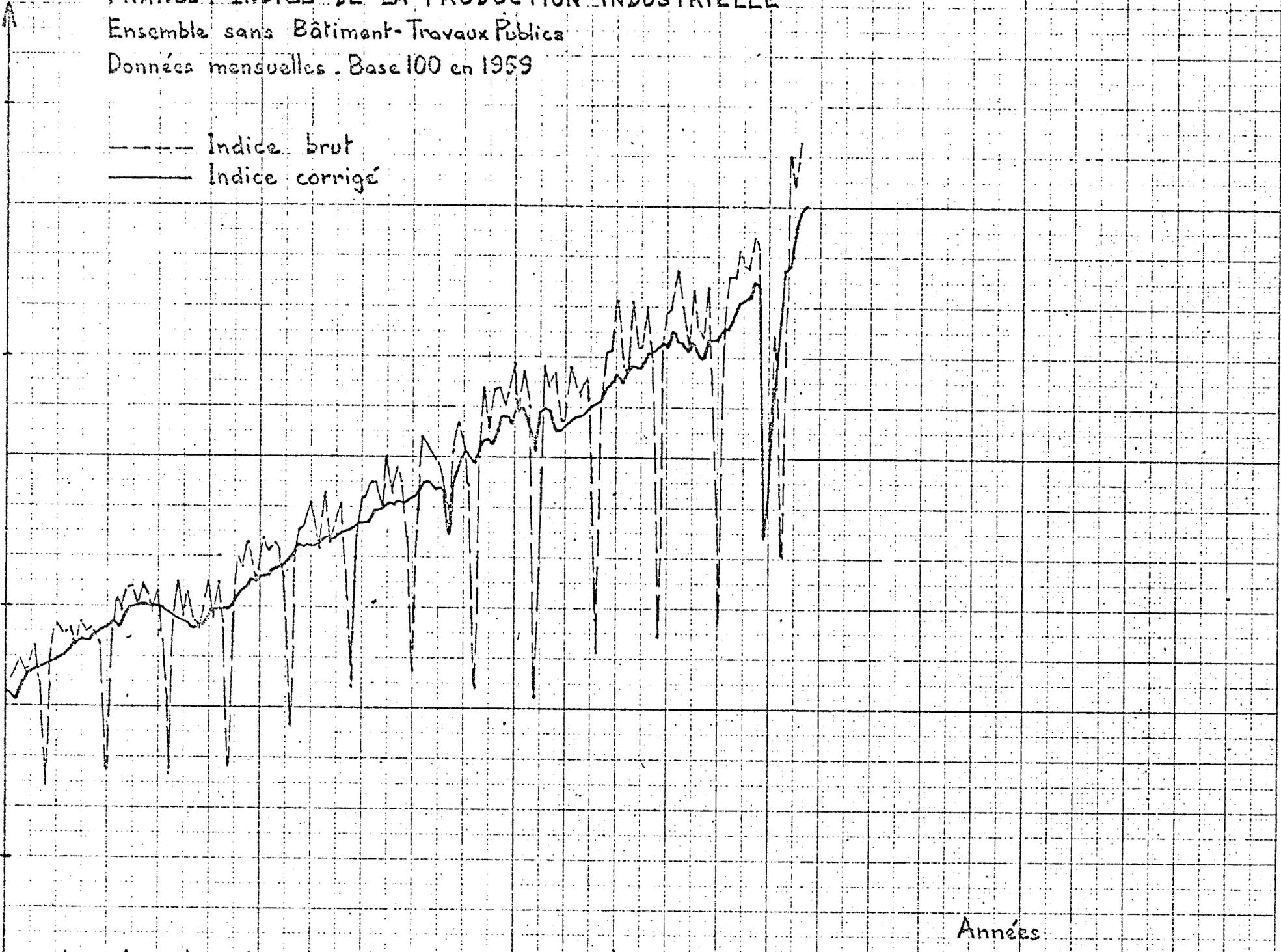
--- Indice brut
— Indice corrigé

Années

GRAPHIQUE 3.9.

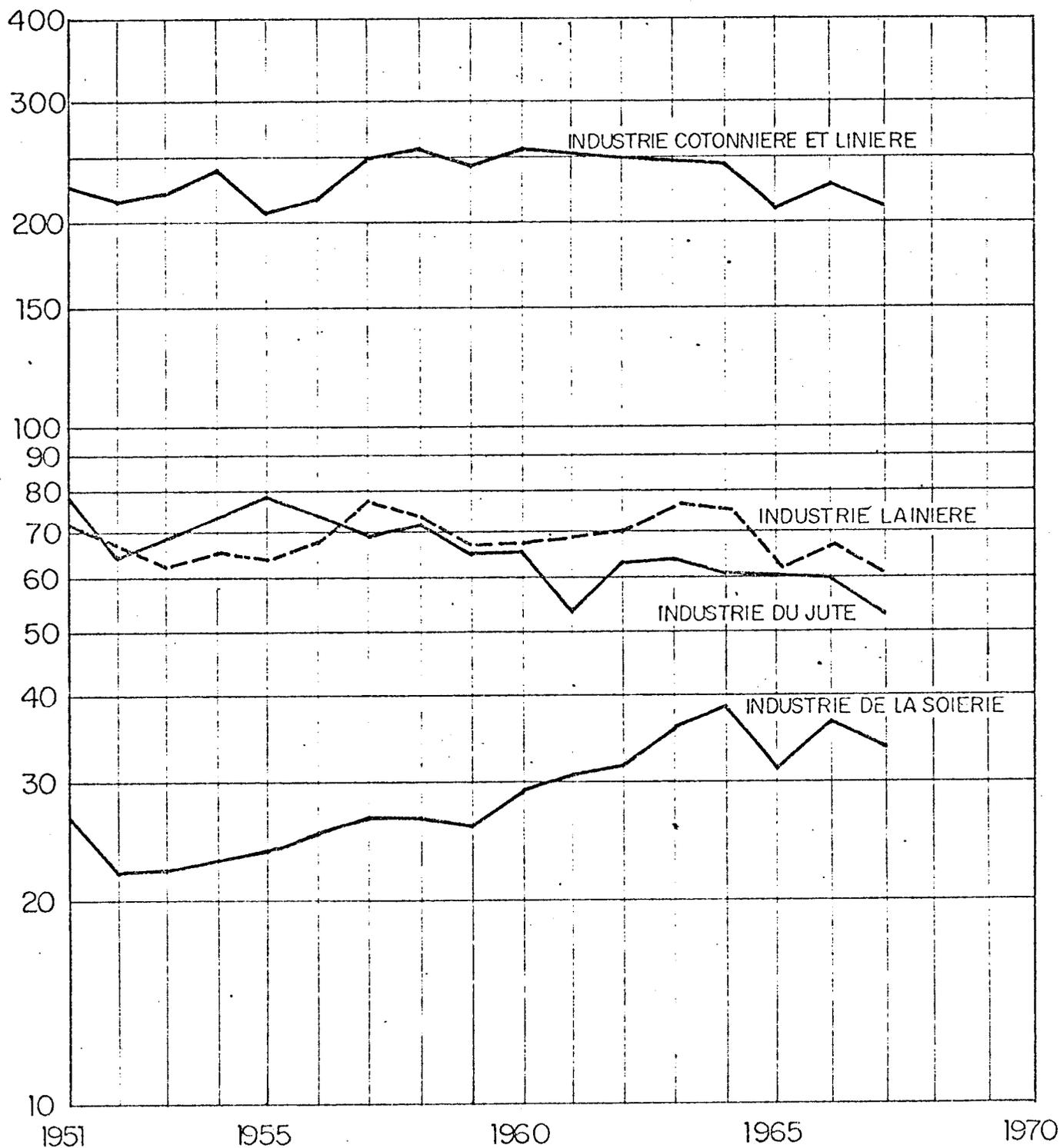
1952 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70

129



GRAPHIQUE 3.10

PRODUCTION DE TISSAGES EN FRANCE DE 1951 A 1967
en milliers de tonnes

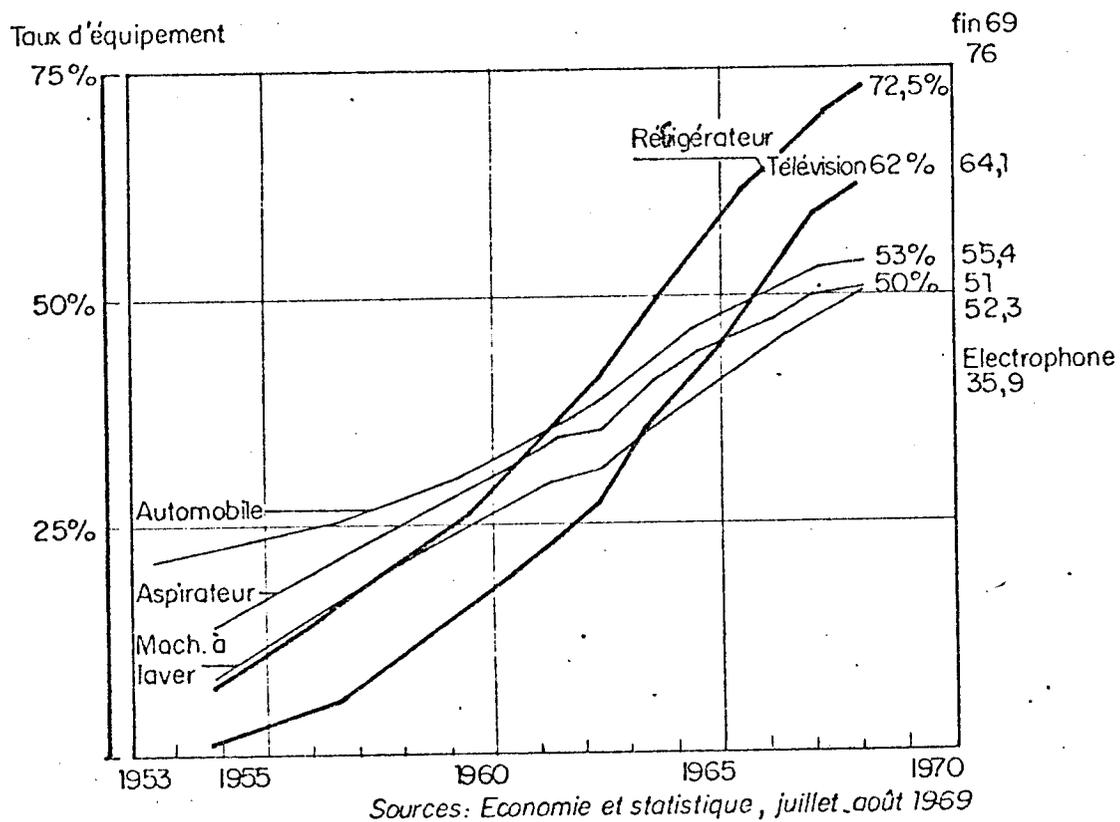


Sources: Syndicats professionnels

7.26

GRAPHIQUE 3.11.

EVOLUTION DES TAUX D'ÉQUIPEMENT DES
MENAGES EN BIENS DURABLES



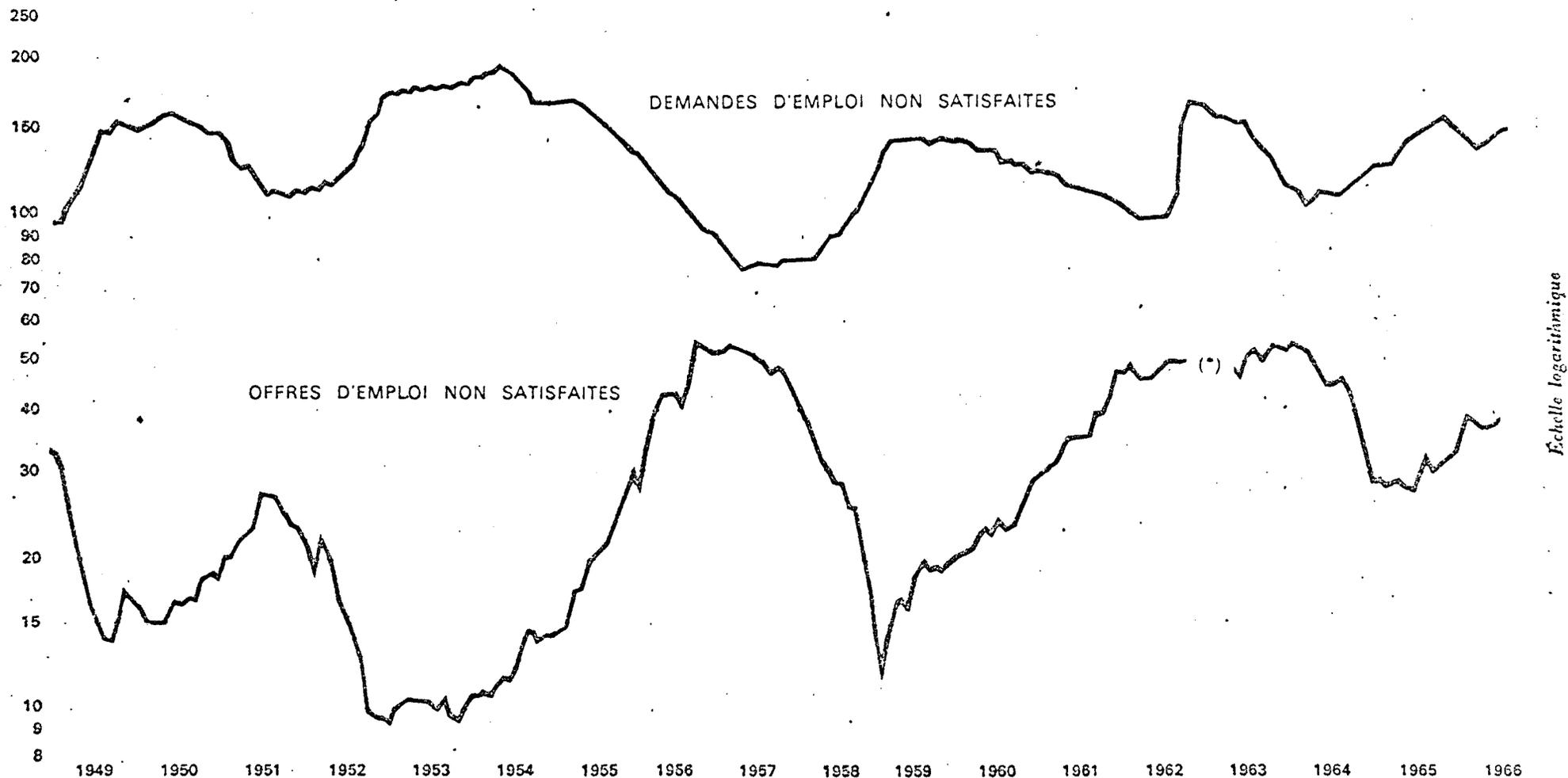
127
GRAPHIQUE 3.12

OFFRES ET DEMANDES D'EMPLOI NON SATISFAITES EN FRANCE, de 1949 à 1966

Données mensuelles corrigées des variations saisonnières

Sources : Ministère des affaires sociales, I.N.S.E.E.

Unité : millier



(*) Interruption due aux opérations particulières pour recueillir des offres d'emploi au bénéfice des rapatriés d'Algérie.

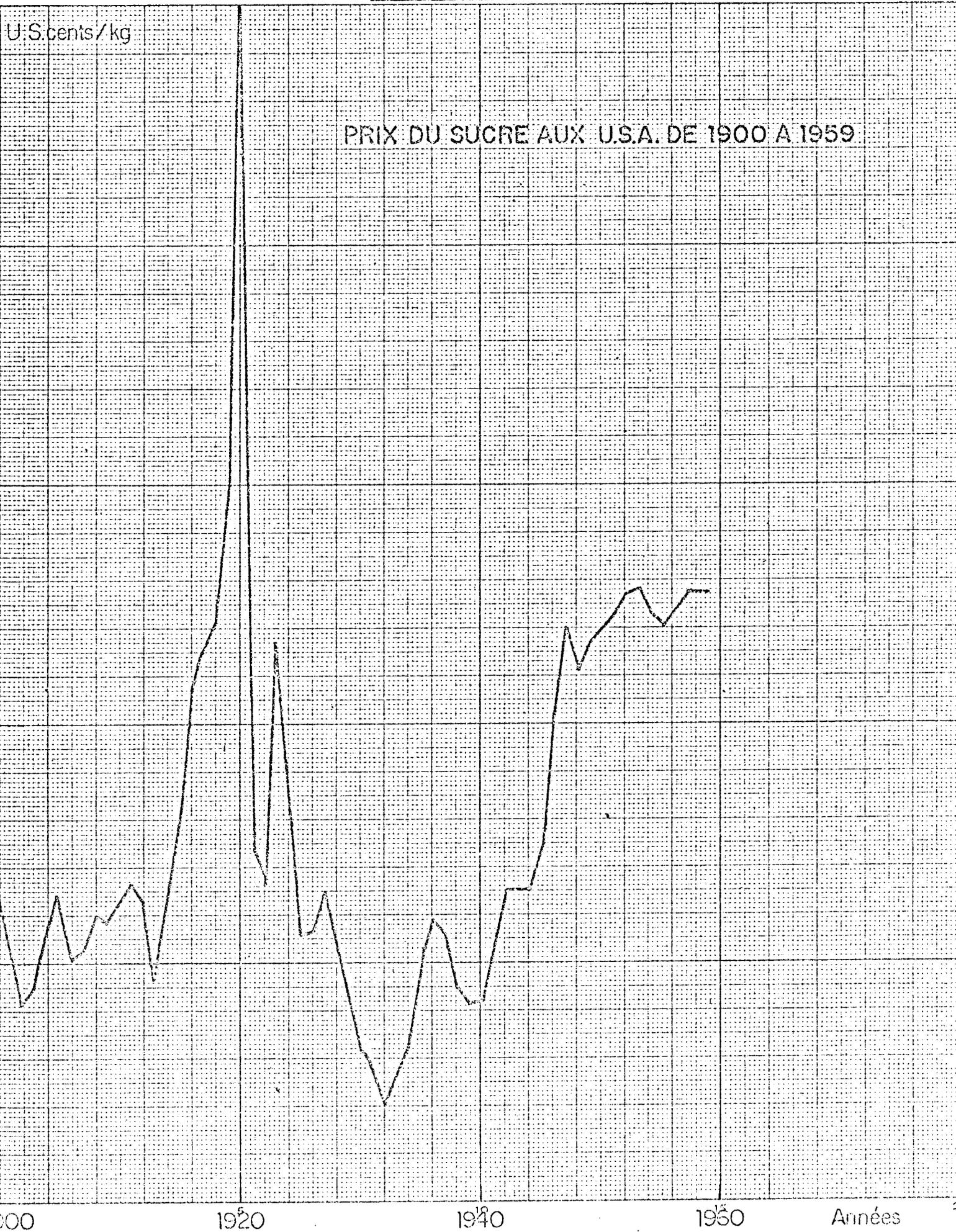
REVENU NATIONAL PAR HABITANT
EN FRANCE, DE 1900 A 1965



GRAPHIQUE 3.14

U.S.cents/kg

PRIX DU SUCRE AUX U.S.A. DE 1900 A 1959



000

1920

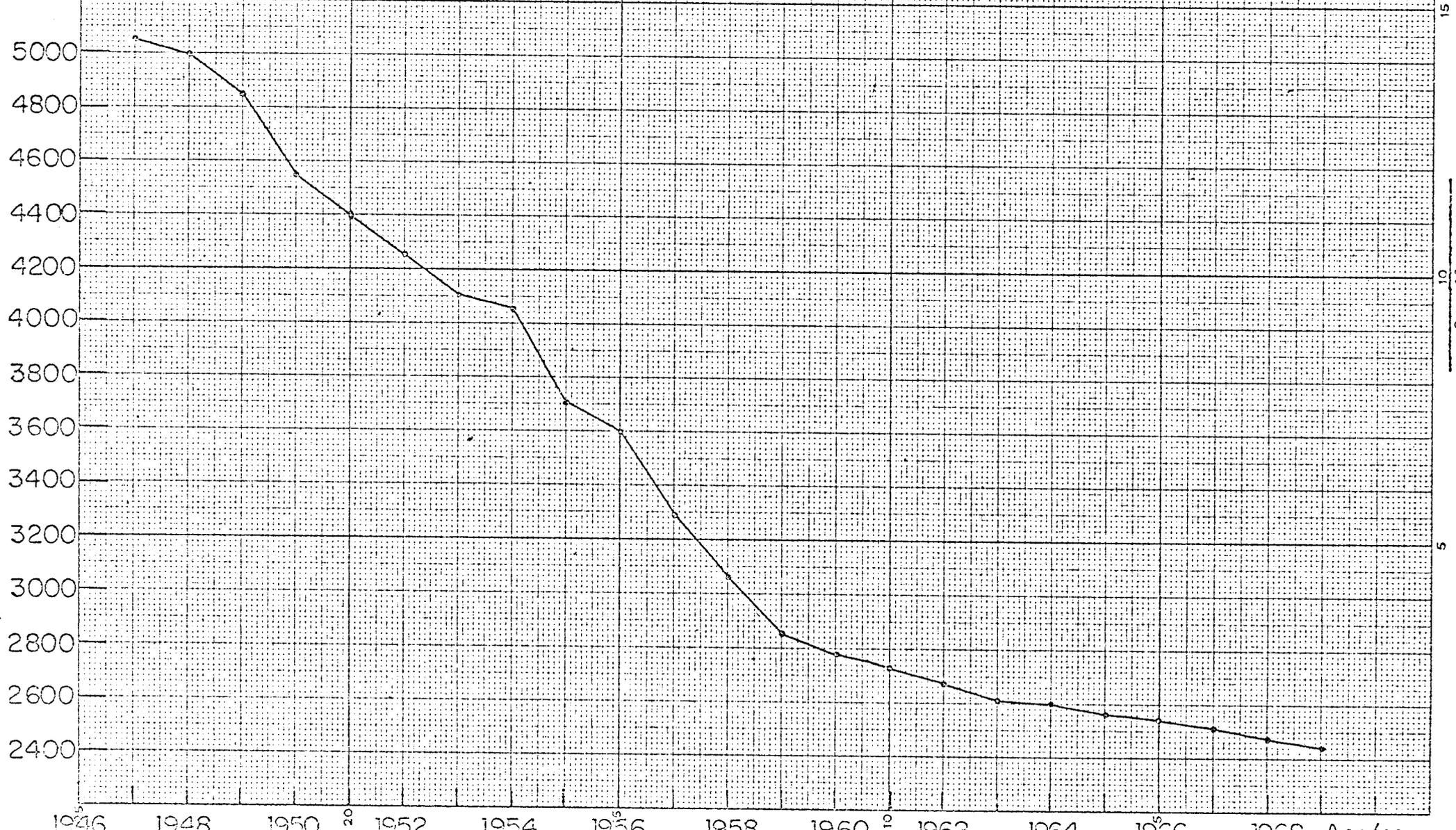
1940

1960

Années

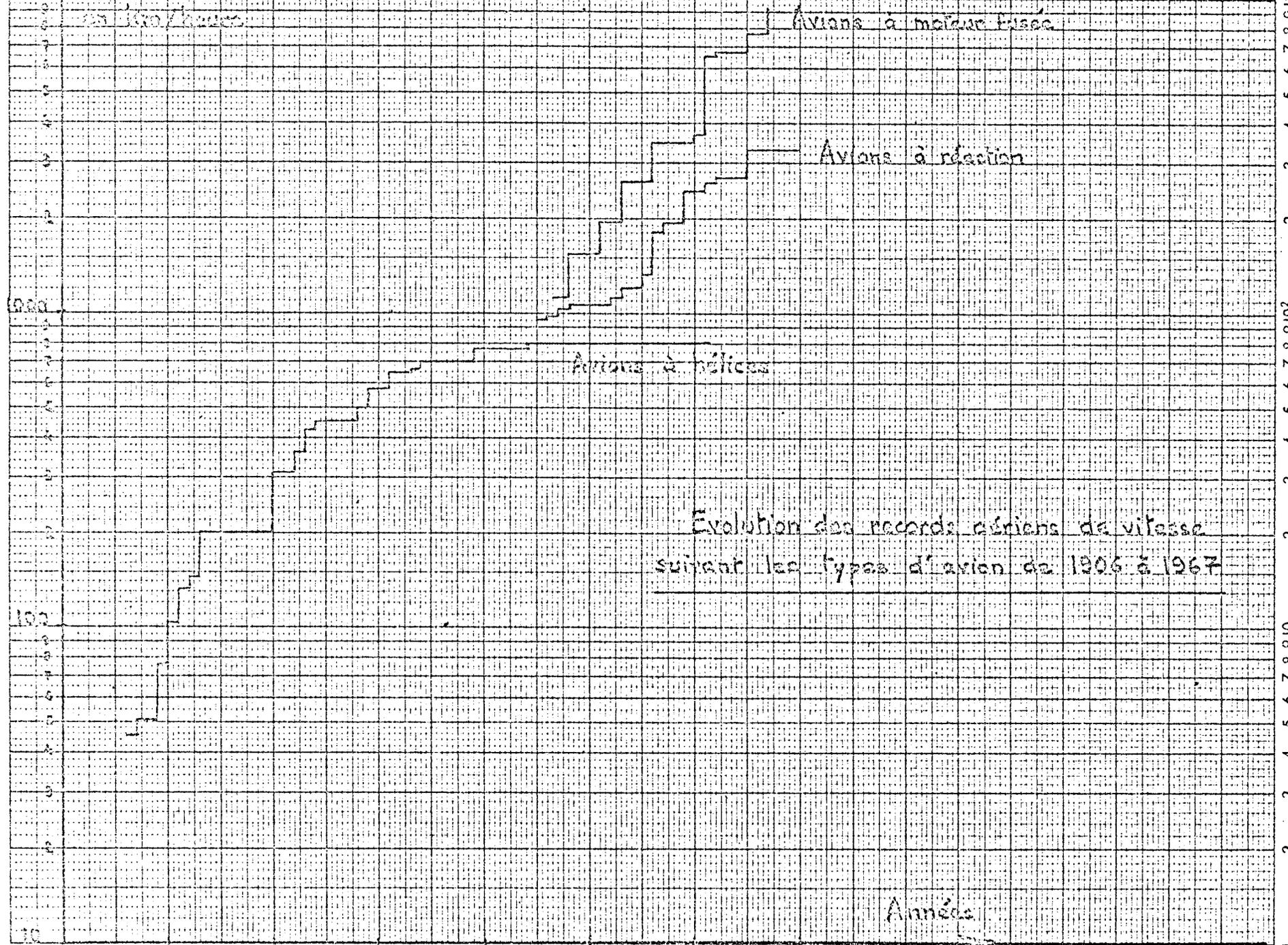
Consommation spécifique moyenne
(mth / kWh)
Millithermies-combustibles (PCS)
par kWh net

CONSOMMATION SPECIFIQUE MOYENNE DE COMBUSTIBLE DANS LES CENTRALES THERMIQUES D'ELECTRICITE DE FRANCE 1947-1969



10.000 Vitesses

en Km/heure



Evolution des records aériens de vitesse suivant les types d'avion de 1906 à 1967

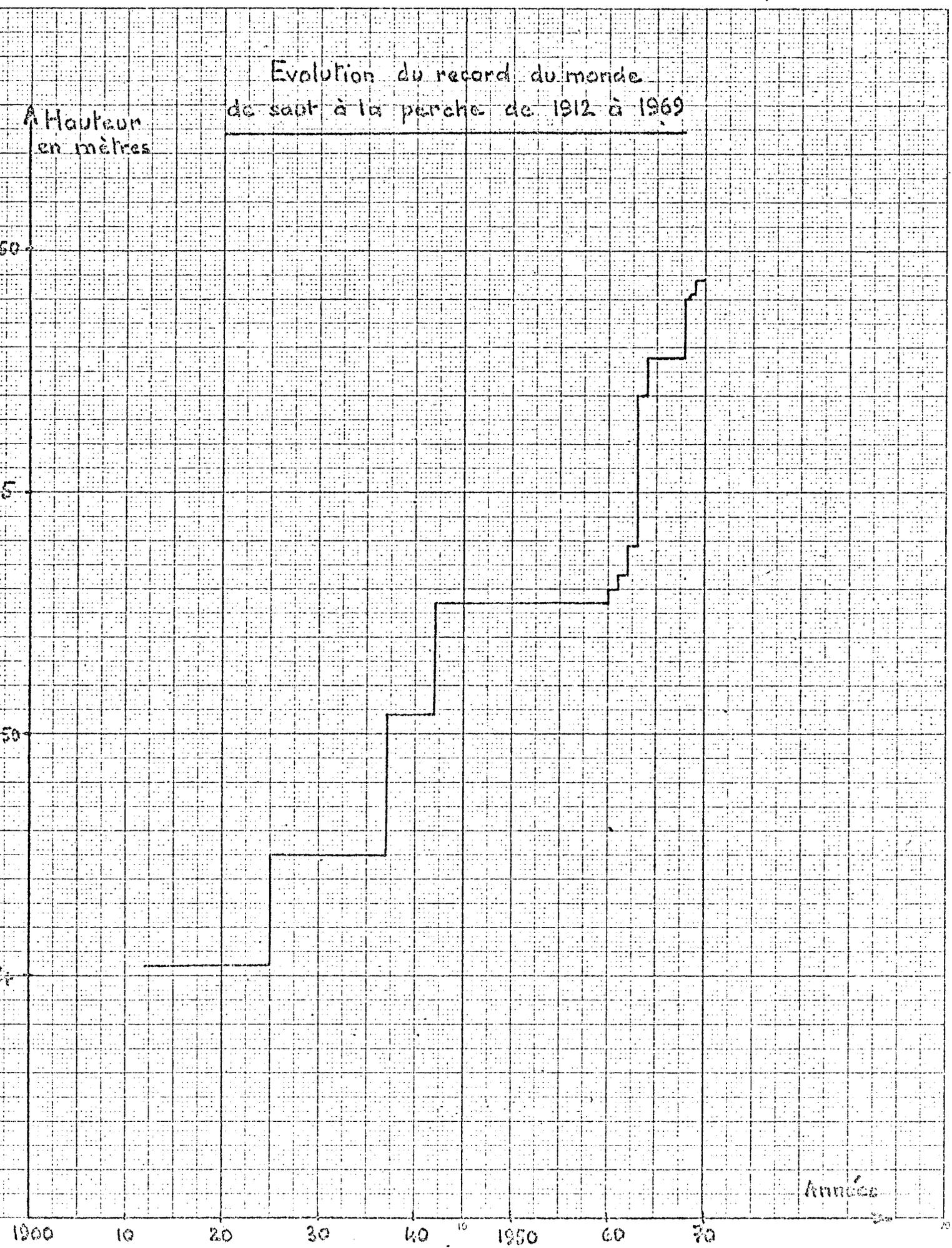
Années

GRAPHIQUE 3.16.

0202 N

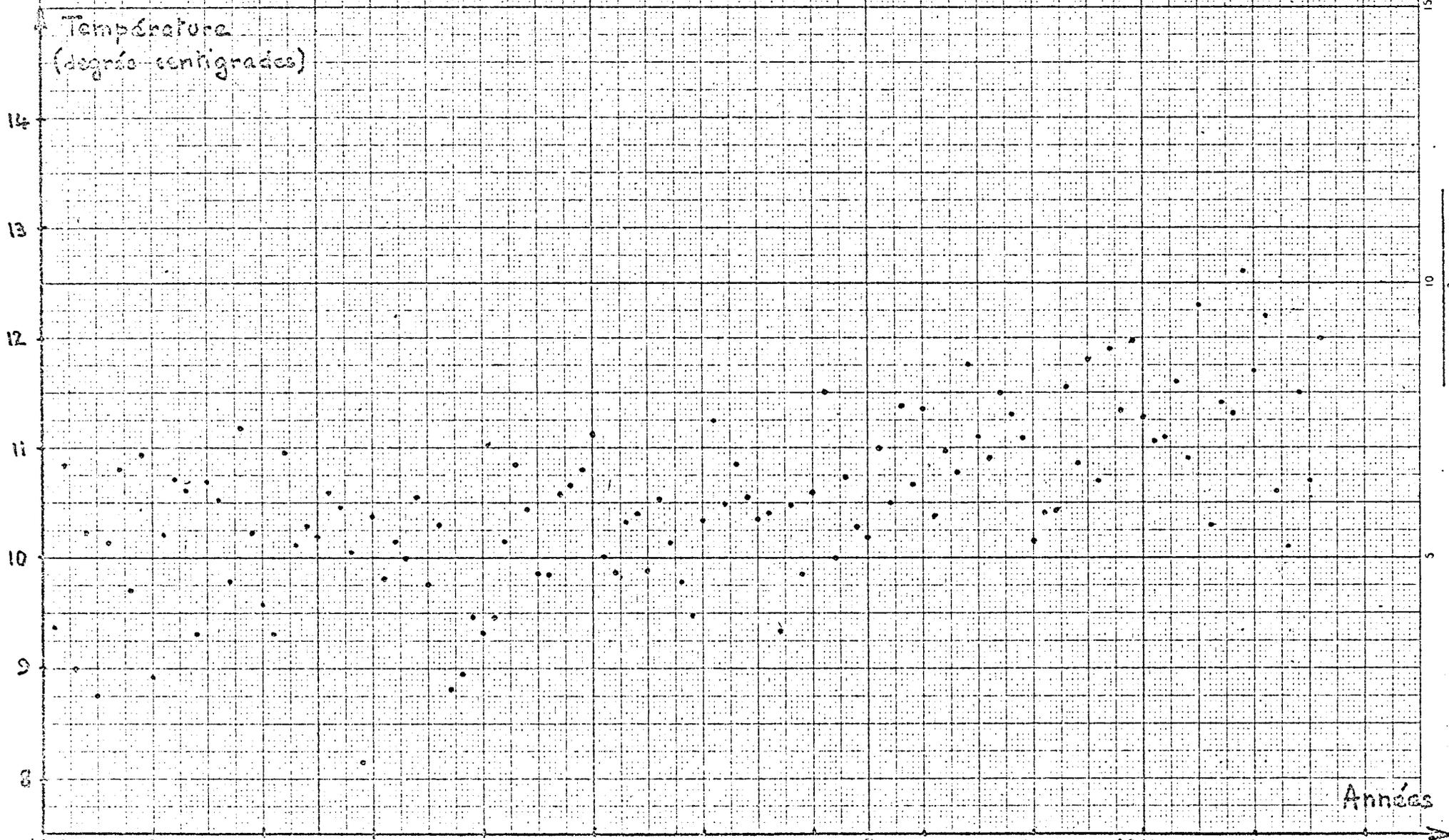
Evolution du record du monde
de saut à la perche de 1912 à 1969

Hauteur
en mètres



Années

Températures moyennes annuelles
relevées à Paris de 1851 à 1966



CHAPITRE IV

MODELES A FACTEURS EXPLICATIFS

Le coeur des techniques de prévision est la recherche de facteurs explicatifs permettant d'enchaîner des effets à des causes dont l'évolution sera plus facile à prévoir que celle de leurs effets.

Cette démarche comprend divers aspects que nous décrirons comme des étapes successives pour la commodité de l'exposé mais qui sont en pratique étroitement imbriquées en raison des processus d'itération bien connus entre hypothèses et vérifications. Il s'agit de l'analyse des mécanismes du marché, la recherche et la sélection des facteurs explicatifs, la schématisation à l'aide des facteurs essentiels, enfin la quantification et les tests des modèles explicatifs. Nous terminerons le chapitre avec des aperçus sur les sources d'information utiles à la construction des modèles explicatifs.

4.1 - L'analyse des mécanismes du marché

La démarche essentielle commence par le démontage des rouages du marché et c'est de la qualité de cette analyse que dépendra le plus la qualité des modèles prévisionnels. Il s'agit d'évaluer comment des produits répondent à des besoins des consommateurs et quelles évolutions sont prévisibles.

4.1.1 - Besoins et produits

C'est la satisfaction d'un besoin qui caractérise un marché. Aussi lorsque l'on étudie le marché d'un certain produit doit-on commencer par déterminer l'ensemble des autres produits susceptibles de satisfaire le même besoin, ce qui permet de bien délimiter le domaine correspondant au marché de ce produit. Donnons-en quelques exemples :

- Le cognac entre en concurrence avec l'ensemble des spiritueux, et l'on pourra situer sa place par rapport à la consommation globale d'alcool pur de ces spiritueux, mais sans prendre en compte le vin, la bière ou des vins d'apéritifs.
 - Les différents tabacs français sont théoriquement tous en compétition ; en fait on constate une séparation presque totale entre fumeurs de tabac "blond" et fumeurs de tabac "brun". On étudie donc efficacement les différentes cigarettes brunes en négligeant le tabac "blond".
 - Lorsqu'on lance un nouveau magazine, il n'entre en compétition pratique qu'avec certains magazines existants.
 - Entre une camionnette de livraison et un camion semi-remorque de 35 tonnes, on perçoit bien que les types d'emploi sont différents et qu'il n'y a pas de concurrence directe.
 - Inversement les placements en valeurs mobilières ne peuvent être étudiés indépendamment d'autres formes de placements (obligations, bons de caisse, constructions immobilières, terrains, etc...).
- etc...

La dépendance du produit au besoin peut se faire indirectement, par l'intermédiaire de produits complémentaires : le marché des pneumatiques dépend de celui des automobiles et camions, le marché de l'énergie de chauffage dépend du type d'équipement adopté et vice-versa, le marché des ascenseurs dépend de celui des immeubles à plusieurs étages, etc...

L'évolution du marché d'un produit dépend du degré d'urgence de satisfaction du besoin correspondant pour les consommateurs et, d'autre part, de la bonne adaptation du produit correspondant à le satisfaire: le besoin de se chauffer s'est considérablement développé au cours des vingt dernières années et des combustibles comme le fuel, le gaz, les gaz de pétrole liquéfiés ont profité de ce développement, tandis que d'autres comme le bois et le charbon ont régressé, et que le chauffage électrique s'est encore très peu implanté (comparativement à la place que ce mode de chauffage occupe dans d'autres pays). Il y a donc lieu de faire une double analyse : au niveau du besoin et au niveau des produits.

Ces analyses doivent mettre en évidence l'appétit à l'égard du développement des besoins (par exemple en matière de tourisme, ou de résidence secondaire) avec les "freins" correspondants (finances, peur de l'inconnu, etc.), ainsi que le "potentiel" propre d'un produit et le rôle de la pression extérieure :

- Par potentiel, nous entendons la plus ou moins grande aptitude à satisfaire un besoin : le poste radio à transistor avait un potentiel très élevé dû à la fois à son bas prix et à sa commodité d'emploi tout en présentant une qualité d'audition convenable.
- Par pression extérieure, on peut entendre le rôle de l'entourage, de la mode, de la publicité, de la télévision, etc...

L'analyse doit mettre en évidence tous ces aspects, sans se limiter aux facteurs économiques classiques (revenus, prix) qui sont certes importants, et parfois suffisants au niveau d'un besoin global, mais qui gagnent toujours à être complétés par des facteurs plus qualitatifs notamment lorsque l'on raisonne au niveau de produits.

On sera amené à caractériser l'évolution des besoins en précisant d'une part l'évolution structurelle à long terme (bien reflétée par exemple par les élasticités au revenu de certaines consommations, fortes pour la culture et les loisirs, faible pour la consommation alimentaire) qui résulte de l'élévation progressive des niveaux de vie et des changements dans les habitudes et les mentalités, et d'autre part l'évolution conjoncturelle à court terme qui peut être influencée par la mode ou des variations des conditions économiques, comme c'est par exemple le cas pour les achats d'automobiles neuves. Les recherches effectuées dans la détermination d'élasticités à long terme et d'élasticités de court terme ⁽¹⁾ sont déjà très intéressantes à ce titre ; on peut utilement les compléter par la mise en évidence des facteurs qualitatifs prépondérants à cet égard.

41.2 - Consommateurs

La description du marché doit ensuite être complétée par celle des consommateurs actuels et potentiels : il faut connaître leurs caractéristiques principales de manière à pouvoir associer telle tranche de marché à telle catégorie de consommateurs. C'est la segmentation, dont on parle de plus en plus dans les études de marché. Dans certains cas, il s'agit de délimitations géographiques si l'on s'intéresse à des marchés régionaux desservis à partir d'unités de fabrication réparties.

L'attitude des consommateurs à l'égard du besoin, leur appréciation de la manière dont les différents produits le satisfont sont évidemment des éléments essentiels de la compréhension d'un marché : nous verrons plus loin quelles sont les techniques utilisées.

(1) cf. Gabriel Vangrevelinghe : "Modèles et projections de la consommation : dans "Economie et statistique", n° 6, novembre 1969.

Enfin il faut essayer de déterminer comment se forme le processus de familiarisation des consommateurs avec un produit, quel est le rôle de l'entourage, de certains prescripteurs, des distributeurs... Par exemple on a constaté combien est importante l'influence de cinéastes amateurs expérimentés auprès de cinéastes "potentiels" ou de cinéastes débutants. D'un autre côté l'évolution des goûts des fumeurs se manifeste par un processus de "duplication" qui les amène à essayer de temps en temps une autre marque de cigarettes avant de l'adopter ensuite comme marque "principale". Ainsi l'étude des processus d'apprentissage est -elle des plus féconde pour comprendre l'évolution des marchés. C'est sur une analyse de ce genre que le professeur Urban, du Massachusetts Institute of Technology (M.I.T.) a fondé le mécanisme de son modèle de marketing sur l'évaluation et la gestion d'un produit nouveau "Sprinter".

41.3 - Producteurs

Ce qu'ils font, ont l'intention de faire, ou la possibilité de faire, doit être pris en considération pour apprécier les développements possibles d'un marché. Citons-en seulement quelques exemples :

- En matière de prix, la concurrence des réfrigérateurs italiens a transformé le marché dans les années 67-68, entraînant une baisse considérable des prix de vente qui a eu pour conséquence d'accélérer la concentration de la production.
- En matière d'innovation, l'adoption par Vittel de la bouteille en plastique pour prendre un avantage sur ses concurrents les a tous obligés à adopter ce mode d'emballage qui a, par ailleurs, élargi le marché.
- En matière de jeux et concours, les initiatives des grands pétroliers ont accentué le processus de banalisation des marques d'essence.

Ce qu'ils disent n'est pas moins important :

- Les constructeurs d'ordinateurs ont développé des croyances très fortes - parfois exagérées - dans les possibilités d'amélioration de gestion grâce aux ordinateurs : cela a eu une influence considérable sur l'évolution des habitudes de direction des entreprises qui ont privilégié trop fortement les techniques d'administration ou de pure comptabilité au détriment des techniques d'amélioration de la production ou du marketing.
- Les déclarations, parfois imprudentes, de certains gestionnaires de fortune sur les taux de rendement de placements ont entraîné la méfiance des épargnants et compromis certaines formes d'épargne.

41.4 - Facteurs divers

Il y a lieu en outre de considérer bien des facteurs spécifiques à chaque marché ; par exemple :

- L'évolution des habitudes de vie, liée notamment au développement de la population urbaine, aux vacances, à la télévision...
- Le rôle de l'entourage : dans un grand ensemble d'habitation, la possession de certains biens d'équipement se fait par "contagion".
- Le rôle de certains prescripteurs : on a déjà signalé que l'avis des cinéastes expérimentés avait une grosse influence sur les cinéastes "potentiels", notamment en ce qui concerne le choix de leur caméra.
- Le rôle des distributeurs : selon l'accueil qu'ils font à un produit, ils favorisent ou non son développement (exemples : attitudes favorables à l'égard de l'emballage plastique de l'huile, puis de l'eau minérale, attitudes défavorables ou neutres à l'égard de la carte bleue).
- Le rôle réglementaire des Etats, qui sera par exemple déterminant dans la lutte contre la pollution.

140

On doit examiner tous ces facteurs pour apprécier leur importance, et en particulier se rendre compte si certains sont susceptibles de jouer un rôle déterminant dans le développement d'un marché et à quelles conditions ; à cet égard, une appréciation erronée de l'attitude de la distribution (ou de certains circuits de distribution) peut conduire à de graves échecs.

4.2 - La recherche et la sélection des facteurs explicatifs

Nous évoquerons rapidement les principales méthodes utilisées pour rechercher et sélectionner les facteurs explicatifs les plus importants. Ces méthodes permettent soit des descriptions purement qualitatives (psychosociologie), soit des classements avec relations d'ordre (typologie, analyse multi-dimensionnelle non métrique), soit des relations quantitatives (économétrie, segmentation). Elles ont connu maintenant une très large variété d'applications à de nombreux domaines.

42.1 - Méthodes psycho-sociologiques

Leur ambition est de connaître ce qui se passe réellement dans la tête ou le subconscient du consommateur grâce à des méthodes d'investigation indirecte. Dans l'entretien clinique en profondeur, le psycho-sociologue fait parler une personne sur un sujet plus vaste que celui qui est objet d'étude : par exemple, s'intéressant à telle catégorie de voitures on abordera la conversation sur l'automobile en général. Lors de cet entretien le psycho-sociologue s'efforce d'être aussi neutre que possible, se bornant à relancer la conversation lorsque son interlocuteur s'arrête. L'enregistrement est le plus souvent fait sur magnétophone, ce qui permet après coup d'inventorier tous les thèmes abordés et de considérer les expressions mêmes dont s'est servi l'interviewé. L'expérience prouve qu'avec une trentaine d'entretiens de ce type on a fait le tour de l'ensemble des thèmes qui préoccupent le public sur un sujet donné. Avec ce matériau, le psycho-sociologue dresse la liste des thèmes et des attitudes rencontrés, et bâtit (c'est là qu'il fait oeuvre d'imagination) des schémas explicatifs des attitudes et des comportements : cela permet donc d'identifier les facteurs importants et la manière qualitative dont ils jouent.

Une phase en extension auprès d'un échantillon qui est, cette fois, représentatif de l'ensemble de l'univers étudié permet à la fois une vérification des hypothèses formulées et une quantification du nombre d'individus appartenant à chaque type répertorié.

Un autre mode d'investigation consiste à réunir un groupe de personnes sous la direction d'un animateur qui les fait parler sur le sujet qui est objet d'étude ; on réunit ainsi de huit à dix personnes, et l'on note l'ensemble des sujets abordés ainsi que les échanges et répliques qui ont pu opposer les protagonistes de cette séance. L'animateur s'efforce, là encore, d'être neutre quant au fond, et son rôle est de faciliter les échanges d'idées. Une telle méthode est généralement moins riche dans l'inventaire des thèmes et des attitudes, ne serait-ce que parce que les participants "jouent un certain rôle" les uns à l'égard des autres ; en revanche, elle met en lumière les réactions à certaines déclarations ou à certaines attitudes et permet donc de mieux comprendre une certaine dynamique.

Enfin lorsque l'on dispose déjà d'informations suffisamment riches et précises sur le sujet étudié, on peut compléter par la technique des "entretiens centrés" : l'enquêteur administre ici un questionnaire centré sur le sujet qui est objet de l'étude, mais en laissant la place à des questions "ouvertes" c'est à dire pour lesquelles l'enquêté peut s'exprimer librement.

De tout cet ensemble de matériaux, on peut donc dégager des attitudes, des comportements, des schémas explicatifs faisant ressortir le rôle des motivations et celui des freins, ainsi que les caractéristiques des individus que l'on peut classer dans tel ou tel groupe. Ces résultats, soit viennent servir de base à d'autres types d'analyse, soit les corroborent s'ils ont déjà été dégagés par d'autres méthodes, soit encore les complètent sur tel ou tel aspect.

A titre d'exemple, dans une étude concernant l'avenir des cyclomoteurs en France, l'analyse psycho-sociologique avait mis en évidence quelques éléments très simples mais très fondamentaux tels que ceux-ci :

- La substitution progressive à la bicyclette chez ses utilisateurs réguliers.
- La concurrence de la part des transports en commun : services publics ou transports de l'employeur, lorsque ceux-ci sont commodes et bien organisés.
- L'absence de concurrence réelle avec l'automobile sur la période envisagée par l'étude.
- Le caractère essentiel d'instrument de travail que représente le cyclomoteur pour ses utilisateurs réguliers.
- La clientèle : jeunes d'une part, catégories socio-professionnelles de revenus moyens ou peu élevés d'autre part.
- L'existence de "motivations" très fortes et de "freins" relativement peu élevés.

A partir de ces résultats, psychosociologues et économètres oeuvrant ensemble pouvaient proposer un modèle explicatif détaillé et cohérent du marché des cyclomoteurs en France, et en déduire des perspectives d'évolution sérieusement fondées.

Enfin, un intérêt particulier de ces méthodes est de fournir une indication sur des réactions du marché à des changements des produits ou à l'apparition de produits nouveaux : on peut en effet - soit observer l'attachement qui existe à telle forme de produits - soit sentir l'appétit latent pour des modifications (par exemple, en matière de baisse de prix) ou même des produits nouveaux dont on esquisse les caractéristiques lors d'une enquête (tests de concepts).

143

Grâce à ces méthodes, la limitation du "toutes choses égales par ailleurs" des économètres se trouve déplacée, laissant ainsi la possibilité d'imaginer des changements par rapport à la situation de référence qu'a analysée et mesurée l'économètre. Cet avantage nous semble d'une grande portée dans le développement futur d'études combinées qualitatives et quantitatives.

42.2 - Méthodes de classement et typologies

Au delà de la connaissance qualitative, on cherche évidemment à quantifier pour pouvoir bâtir des prévisions chiffrées ; un mode de classement utilisable dans les enquêtes consiste à rechercher la construction d'échelles hiérarchiques, c'est à dire d'un ordre selon lequel se classent les consommateurs actuels ou potentiels. Un ordre simple peut être constitué à partir des réponses aux questions suivantes :

- connaît la marque ;
- connaît au moins une caractéristique du produit ;
- a l'intention d'acheter le produit ;
- a essayé le produit et en est satisfait ;
- est acheteur régulier du produit.

Malheureusement, dans les cas où il existe un ordre tel que celui-ci (c'est à dire qu'un consommateur franchit successivement tous les barreaux de cette échelle), on ne sait pas mesurer la distance psychologique qui sépare un barreau du suivant : on est obligé de disposer de plusieurs enquêtes au cours du temps pour se faire une idée de la vitesse d'évolution (c'est un principe un peu analogue qui est utilisé dans le modèle Sprinter du professeur Urban, déjà cité).

Des méthodes d'analyse multi-dimensionnelle non métrique ont été récemment développées, et permettent de constituer des groupes homogènes sur plusieurs de leurs caractéristiques, ce que l'on appelle des typologies. Par exemple considérons une gamme

fictive de cosmétiques avec six produits : crèmes BIBA et STYL, rouges à lèvres SUCYS et BATE, poudres VENUS et DYANE. Les six produits sont distribués dans un grand nombre de points de vente : drogueries, parfumeries, salons de coiffure, grands magasins, bazars, etc... On cherche à savoir dans quel type de point de vente chaque produit se vend le mieux.

La réponse à cette question peut être obtenue en faisant successivement deux typologies, l'une sur les produits, l'autre sur les magasins.

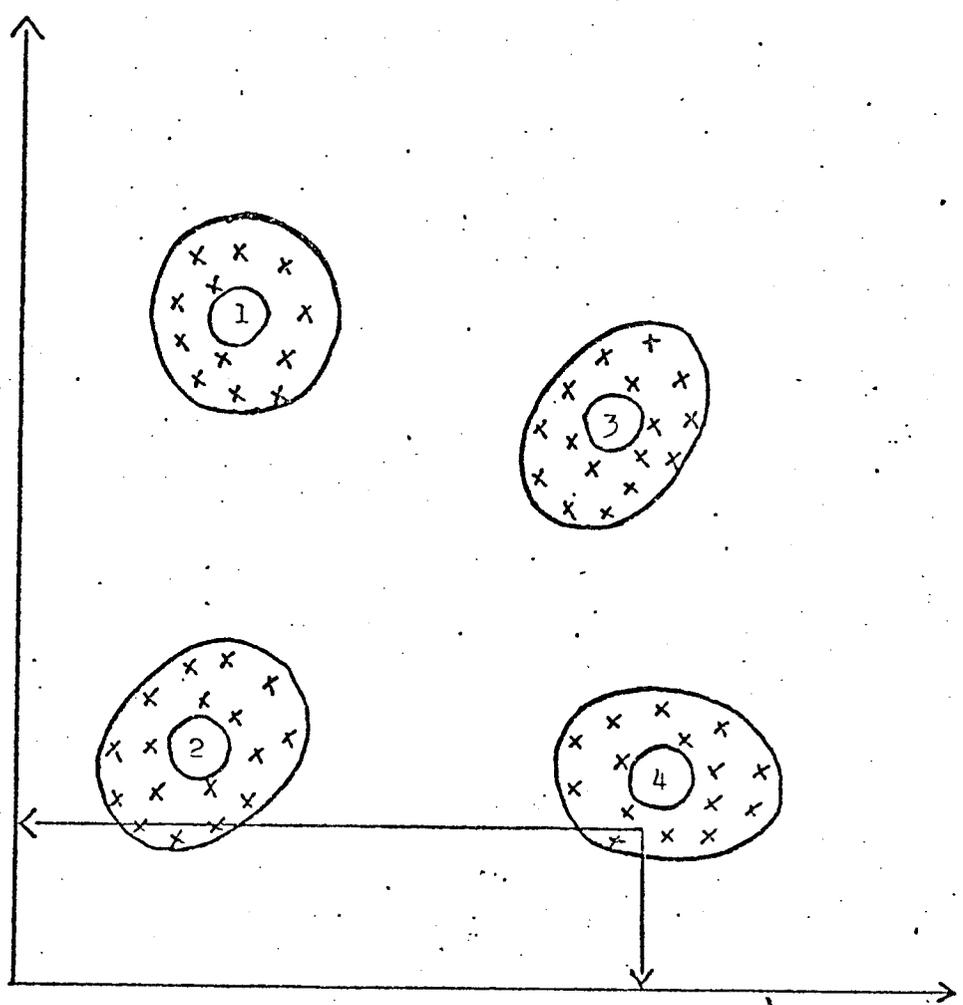
On réalise une typologie des produits en constituant des groupes dont les ventes paraissent liées, c'est à dire que l'on réduit l'ensemble des produits à quelques "types" : ainsi, dans cet exemple, la crème BIBA, le rouge à lèvres SUCYS et la poudre VENUS se vendent bien ensemble et constituent en quelque sorte un type "mode", tandis que les trois autres constituent un type "classique". Ayant fait cette réduction à un certain nombre de "types" (qu'il est intéressant de pouvoir caractériser), on étudie dans un magasin les ventes globales de chaque type.

On en arrive ainsi à la typologie des magasins, qui sont regroupés en fonction de la répartition de leurs ventes dans chacun des types de produits retenus. Ayant constitué ces types de magasins, il s'agit de les analyser pour pouvoir en faire une description utile pour les services commerciaux on peut d'ailleurs se servir de méthodes de segmentation (cf. infra) pour faire cette analyse.

Dans cet exemple, le graphique ci-après met en évidence quatre types de magasins :

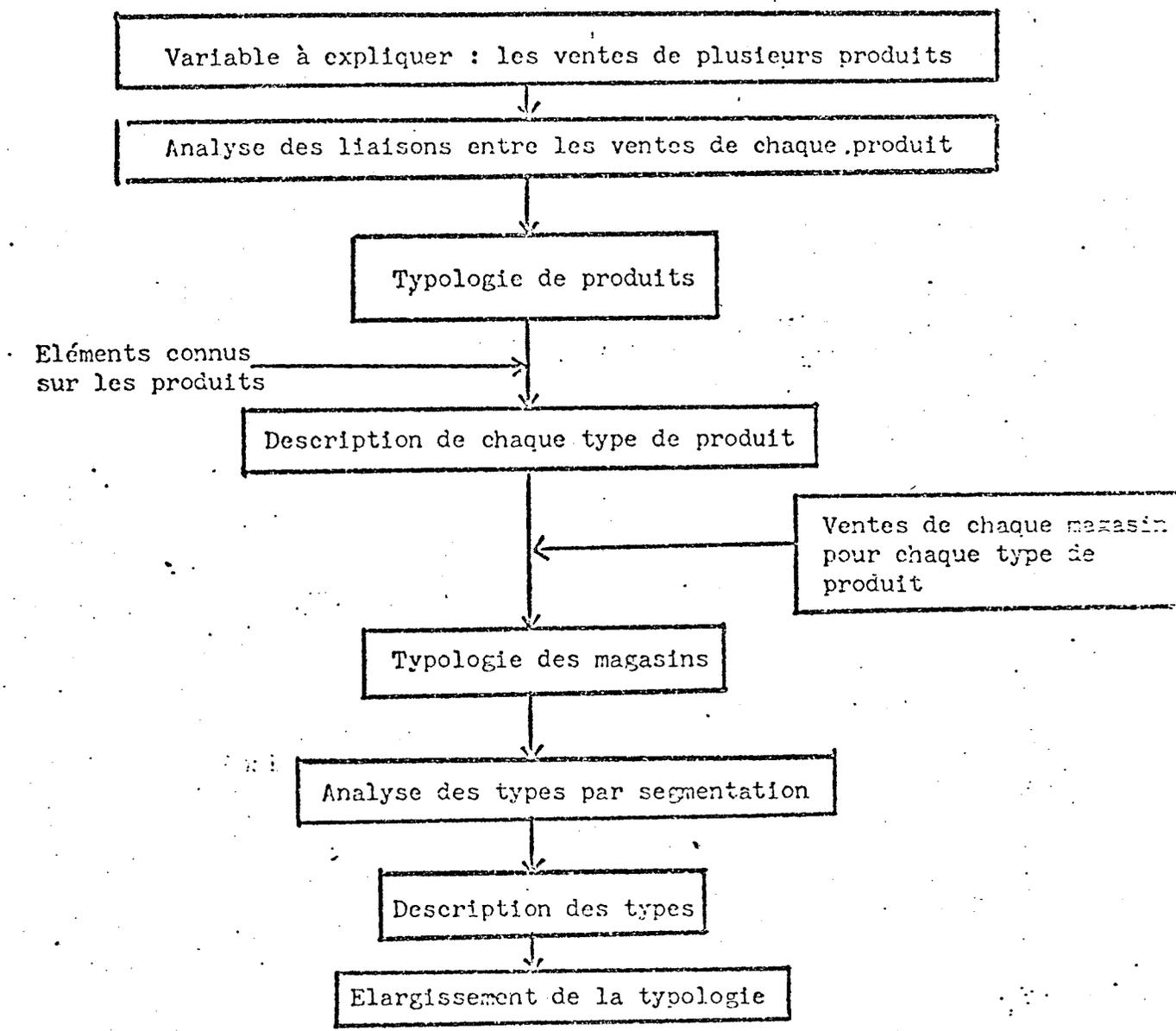
- groupe 1 = produits "mode"
- groupe 4 = produits "classiques"
- groupe 3 = gamme très large
- groupe 2 = ventes peu importantes

Ventes des magasins
en produits modes



Ventes des magasins
en produits classiques

METHODOLOGIE D'UNE TYPOLOGIE DE
POINTS DE VENTE



Les typologies permettent donc de mettre en évidence des structures dans un marché : ici on vient de montrer un classement de magasins en fonction de produits, mais on peut également structurer des consommateurs à l'égard de groupes de produits, par exemple lecture simultanée de plusieurs magazines. Ces techniques permettent de classer, d'organiser les données, mais pas directement d'expliquer les raisons de ces classements : c'est le propos des méthodes de segmentation et d'économétrie statistique dont nous allons parler maintenant. Signalons dès à présent que l'on effectue très souvent une segmentation sur une typologie pour mettre en évidence les facteurs explicatifs : ainsi une segmentation effectuée sur les quatre groupes de magasins détectés précédemment permettrait-elle de dégager le rôle du type de magasin; de son implantation, de l'âge des détaillants, etc...

42.3 - Segmentations

Le but des segmentations est de classer une population de consommateurs selon un critère (et non plusieurs comme dans une typologie) qui sera par exemple l'importance de consommation d'un produit donné. L'exemple donné ci-dessous est un arbre de segmentation relatif à des consommateurs de bière : partant de 10 000 personnes consommant en moyenne 8,7 bouteilles de bière, on constitue des groupes aussi distincts que possible par l'intervention d'un critère efficace. Ainsi au premier niveau c'est l'âge + ou - de 35 ans qui est le plus efficace. On procède de proche en proche pour chaque paquet de consommateurs.

Le programme (utilisé) teste toutes les possibilités de séparation du groupe "père" en deux groupes "fils", un test statistique permettant d'apprécier la valeur de cette séparation.

Sur cet exemple, on voit que les groupes (4) et (6) sont faibles, et l'on constate également l'impact de la publicité sur les deux sous-groupe (8) et (5) du groupe (6)

Du point de vue marketing, on peut retenir deux utilisations principales :

- la constitution de segments de clientèles homogènes et bien typées : cela permet notamment de nuancer l'action que l'on veut avoir selon les clientèles,
- le contrôle de l'efficacité des investissements commerciaux tels que publicité sur lieu de vente, opérations promotionnelles, impact de différents média, etc...

Des segmentations répétées au cours du temps permettent de saisir des évolutions, ce qui est très important soit pour contrôler son action (ou celle des concurrents), soit pour déceler des tendances.

Niveau I

10.000
M = 8,7

(1)

moins de
35 ans

plus de
35 ans

(2)

Niveau 2

5450
M = 5,3

(3)

4550
M = 12,8

autres
régions

Nord
Est

C.S.P.

Profession libérale
Cadre supérieur
Gros commerçant et
Cadre moyen

autres
professions

(4)

4230
M = 4,5

(5)

1220
M = 8,3

(6)

1510
M = 6,2

(7)

3040
M = 16,0

Niveau 3

non lecteur
de la revue TIMS

lecteur
de la revue STIM

(8)

610
M = 0,33

(9)

900
M = 8,2

42.4 - Econométrie statistique

Le chapitre 1er a donné de nombreux rappels théoriques sur l'emploi de l'économétrie statistique qui est encore l'outil le plus employé pour la construction de modèles de prévision.

Signalons seulement qu'avant d'utiliser des programmes performants, il est utile de procéder à une première étape d'ajustements graphiques, à la main, permettant de dégager les premières observations sur les tendances, les accidents ou les rapprochements possibles avec d'autres chroniques qui peuvent jouer un rôle explicatif. (cf. chapitre III).

Les bibliothèques de programmes des ordinateurs contiennent des programmes de corrélation multiple avec méthode de sélection progressive des variables explicatives utiles, ce qui permet d'effectuer très commodément et à peu de frais la centaine d'essais conduisant au choix de la régression la plus performante. A titre d'exemple, voici quelques caractéristiques du programme de corrélations multiples BIMD 29, établi par la Division de Biostatistic de l'Université de Californie à Los Angeles et peut être utilisé facilement sur de gros ordinateurs comme le Control Data 3 600 :

- Ses possibilités sont presque illimitées pour analyser l'explication d'une variable par différents facteurs : nombre maximum de variables 60, nombre maximum d'observations 100 000.
- Chaque variable peut être transformée de plusieurs façons à volonté, par exemple en :

$$\log x, \frac{k}{x}, \sqrt{x}, e^x, x^c \text{ etc...}$$

$$\text{ou en } x_A + x_B, x_A - x_B, x_A \times x_B, x_A/x_B$$

dans les fonctions précédentes faisant intervenir deux variables x_A et x_B .

Ces possibilités donnent une très grande souplesse d'utilisation et permettent de tester différentes formes de modèles d'élasticité.

Le mode de sélection des variables explicatives est basé sur la réduction de variance attribuée successivement à chaque variable explicative ; à chaque étape le choix se porte sur la variable qui apporte la réduction maximum de variance.

4.3 - La construction d'un schéma de fonctionnement du marché

Ayant mis en évidence les différents protagonistes : besoins, consommateurs, produits, concurrents, distributeurs, réglementation, etc... et les différents facteurs intervenant dans les comportements des uns et des autres, à ces phases d'analyse va maintenant succéder une phase de synthèse. Il s'agit de construire un modèle, un schéma qui relie entre eux les protagonistes au moyen des facteurs explicatifs, c'est à dire le schéma qui explique le fonctionnement du marché.

Nous en verrons une série d'exemples dans les chapitres suivants de ce livre ; bornons-nous ici, pour l'illustration du propos, à décrire deux schémas simples :

43.1 - Marché des cigarettes

On constate que le consommateur est sensible aux variations de prix, et que la quantité consommée diminue momentanément si le prix augmente ensuite la reprise de la consommation se fait progressivement.

En second lieu on observe un déplacement progressif de la consommation vers les produits les plus élaborés, donc les plus chers et on l'explique par le mécanisme de la "duplication" : un fumeur régulier de gauloises achète de temps en temps un paquet de gitanes, soit pour offrir lorsqu'il a des amis, soit pour faire un "extra" le dimanche ou en vacances ; il se peut que, sous des influences diverses telles que la présentation ou le goût du produit, les habitudes de son entourage, etc..., il prenne progressivement l'habitude d'augmenter sa consommation de gitanes et de diminuer sa consommation de gauloises.

Ce processus de "duplication" n'est certes pas général pour tous les fumeurs, mais semble devoir expliquer correctement une grande partie de l'évolution du marché. Que se passera-t-il sur la consommation de gitanes lors d'une augmentation du prix ? On suppose que les fumeurs de gitanes se répartiront en deux groupes : d'une part les "connaisseurs", devenus attachés au produit, qui n'envisageront pas de modifier leurs habitudes et qui accepteront de payer plus cher sans diminuer les quantités fumées, et d'autre part des fumeurs sensibles au prix, mais plus attachés au fait de fumer qu'au produit lui-même et qui, pour maintenir leur consommation totale, se rabattront sur un produit moins cher comme les gauloises. C'est un retour en arrière dans le processus de "duplication". On fait en outre l'hypothèse qu'il n'y a pas de groupe intermédiaire, c'est à dire des fumeurs attachés aux gitanes mais sensibles au prix et qui diminueraient leur consommation de gitanes pour compenser l'effet de la hausse des prix.

Voilà un schéma simplifié du marché, qui est descriptif des comportements mais qui ne les chiffre pas, ce qui est l'objet de la phase suivante. Disons d'ailleurs que ce schéma s'est trouvé globalement vérifié par l'expérience, comme on le verra au chapitre V.

43.2 - Marché du charbon dans les foyers domestiques

Cet exemple sera développé un peu plus loin (chapitre 6), bornons-nous à en indiquer le schéma.

La consommation de charbon des ménages dépend

- a) de la nature de leur équipement de chauffage ;
- b) de la consommation unitaire de chaque type d'équipement.

Nous nous bornerons à examiner ici l'évolution des équipements. Ceux-ci sont connus à partir d'une enquête par sondage auprès d'un échantillon de ménages. Dans une étude faite en 1966 sur la région des Pays de la Loire, on avait retenu 7 classes d'équipement :

- Classe 1 : chauffage central collectif au charbon plus n'importe quel autre appareil de chauffage
- Classe 2 : chauffage central individuel au charbon plus n'importe quel autre appareil de chauffage
- Classe 3 : pas de chauffage central, pas de poêle à charbon, mais cuisinière à charbon sans autre appareil de chauffage
- Classe 4 : pas de chauffage central, pas de poêle à charbon, mais cuisinière à charbon avec autre appareil de chauffage qui n'est pas au charbon
- Classe 5 : pas de chauffage central, pas de cuisinière à charbon, mais poêle à charbon
- Classe 6 : pas de chauffage central mais cuisinière et poêle à charbon
- Classe 7 : rien au charbon.

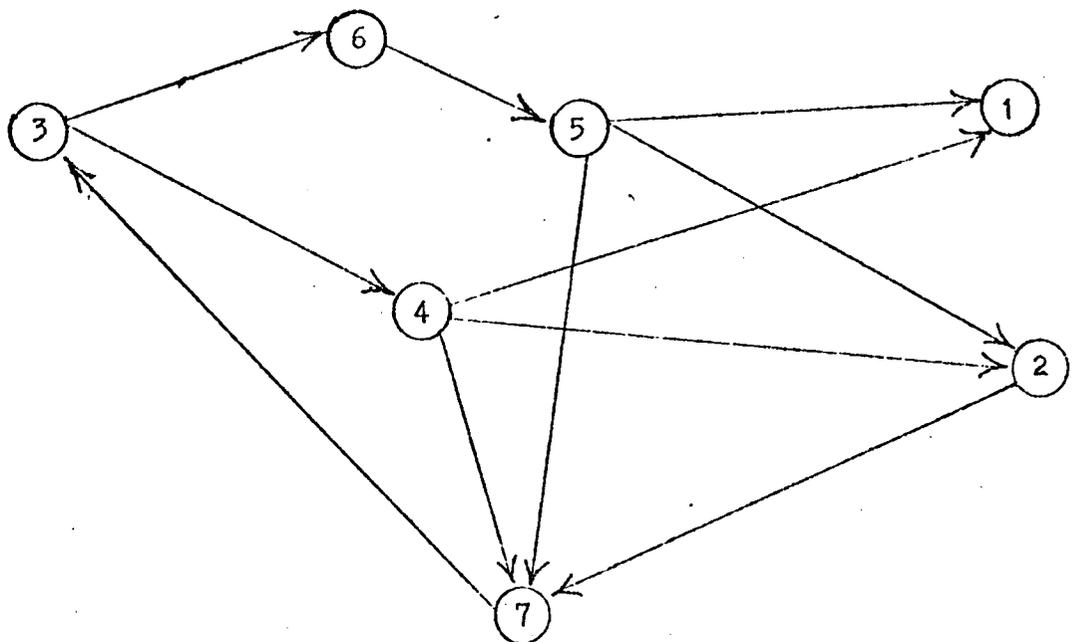
Cette dernière classe comprenant aussi bien les ménages n'ayant pas d'appareils de chauffage ou des appareils ne consommant pas de charbon, que les ménages ayant un chauffage central fonctionnant à un combustible autre que le charbon.

Le choix de ces classes se justifie essentiellement du fait de la faible dispersion des consommations unitaires à l'intérieur de chacune d'entre elles et aussi du fait des catégories de charbon employées.

On fait l'hypothèse que pour les logements anciens, les ménages modifient leurs équipements au cours du temps, passant ainsi d'une classe d'équipement dans une autre. Le passage est exprimé au moyen de probabilités de transition entre l'époque t et l'époque $t+h$. Le but de l'étude sera de mesurer ces probabilités et de voir en particulier si elles sont constantes ou si elles évoluent au cours du temps. On remarque que certaines probabilités, qui correspondraient à une régression dans le degré de confort du moyen de chauffage peuvent être considérées comme nulles. Les flux traduisant les évolutions des ménages entre les diverses catégories d'équipements sont figurées dans le graphique ci-dessous.

Pour les logements neufs qui seront construits, on distinguera d'abord entre logements individuels et logements collectifs, et l'on tient compte en outre des caractéristiques régionales (types de climats) dans le choix des équipements possibles.

Graphe des passages entre équipements



4.4 - Le calcul des paramètres et la validation des modèles

Les modèles une fois schématisés, il convient :

- . de mettre au point la forme mathématique des relations intervenant entre les grandeurs : linéaire, exponentiel, logistique, etc. ;
- . de chiffrer les paramètres figurant dans ces relations, en trouvant les valeurs les mieux adaptées ;
- . de vérifier que les modèles expliquent convenablement la situation présente et l'évolution passée ;
- . de faire les hypothèses sur le futur pour utiliser les modèles en vue de prévisions.

Cette phase de quantification est faite à partir des données numériques dont on dispose ou que l'on rassemble dans ce but, à l'aide par exemple d'une enquête par sondage ou d'un panel de consommateurs. Les techniques d'ajustement sont connues et ont été rappelées au chapitre 1er; ici nous devons souligner l'importance d'opérer sur des données aussi précises que possible, répondant à des définitions rigoureuses. Tout modèle doit être précédé d'une étude critique des données mises en oeuvre ; en particulier, il est rare que les termes d'une série chronologique soient homogènes entre eux et le premier travail consiste à modifier les données de base pour les rendre cohérentes au cours du temps : ainsi dans une étude du marché français du carton d'emballage devait-on corriger la série annuelle des tonnages consommés pour tenir compte des progrès dans la qualité qui permettaient, avec un poids moindre, de rendre un service équivalent ; la série corrigée devenait homogène en ce qui concernait les besoins d'emballage, ce qui permettait d'établir un modèle et des projections à l'aide de cette série "corrigée", et l'on pouvait ensuite revenir, grâce à un coefficient technique, aux tonnages réels dont on aurait besoin.

158

Les variables explicatives retenues doivent :

- . être commodément repérables, ou mesurables, avec une précision suffisante ;
- . avoir un champ de variation suffisamment étendu, pour être sensibles ;
- . expliquer statistiquement une large part des variations de l'inconnue, ou contribuer à une réduction de variance substantielle si elles sont combinées à d'autres variables ;
- . être plus facilement prévisibles que la variable à expliquer ; en particulier on recherchera soit à construire des sous-modèles explicatifs (ce que l'on appelle des modèles récurrents) soit à utiliser des variables explicatives décalées dans le temps par rapport à la variable à expliquer, par exemple connues quelques trimestres ou un an à l'avance.

La question de la précision des modèles explicatifs est en effet posée dans cette dernière remarque : étant donnée une variable à expliquer prévisible avec une certaine variance, comment faire en sorte pour que l'erreur sur la structure du modèle s'ajoutant à l'erreur sur les valeurs futures des variables explicatives, leur somme soit notablement inférieure à la variance initiale ? La réponse réside effectivement dans le choix - heureux ou non - des variables explicatives.

157

Toute cette recherche nous conduit à examiner :

- . les pièges à éviter
- . les raisons de choix entre divers modèles
- . l'application à la prévision
- . le contrôle des prévisions

44.1 - Les pièges à éviter

a) les corrélations factices

a.1 - Position du problème

Lorsque l'on trouve une excellente corrélation entre deux grandeurs, cela ne signifie pas nécessairement que l'une est la cause de l'autre ; par exemple, le nombre d'ascenseurs mis en service est très bien corrélé avec les séries annuelles des divorces en France ($r = 0,98$ pour les 8 années de 1962 à 1969) et pourtant il ne viendrait à l'idée de personne de prévoir le marché des ascenseurs à partir des mésententes conjugales !

D'une manière plus générale, de nombreuses séries économiques sont croissantes depuis la fin de la guerre et, par le fait même, ont entre elles de fortes corrélations sans autre signification particulière qu'une concomitance de développement on peut le vérifier aisément :

$$\begin{aligned} \text{si } y &= a t + b + u \\ z &= a' t + b' + v \end{aligned}$$

u et v étant deux variables aléatoires indépendantes l'une de l'autre, t représente le temps, a, b, a', b' étant des constantes, on en déduit :

$$a'y - a z = b a' - a b' + a'u - a v$$

$$\text{ou } y = \frac{a}{a'} z + \frac{b a' - a b'}{a'} + \frac{a'u - a v}{a'}$$

qui est de la forme :

$$y = \lambda z + \mu + w$$

λ et μ étant des constantes et w la variable aléatoire $\frac{a' u - a v}{a'}$

$$\text{On en déduit : } \text{Var} (w) = \frac{a'^2 \text{Var} (u) + a^2 \text{Var} (v)}{a'^2}$$

(en supposant que la covariance entre u et v est nulle).

Si les variances de u et v sont faibles, la variance de w, tout en étant plus grande que Var (u), restera faible et la corrélation entre y et z sera bonne.

S'il y a une covariance entre u et v, alors les deux variables y et z peuvent être effectivement étroitement liées (ce qu'une analyse qualitative peut confirmer), et la variance de w pourra être plus faible que la variance de u : il y aura alors intérêt à exprimer y en fonction de z plutôt qu'en fonction du temps.

a.2 - Solutions possibles

a.21 - Pour éviter la caractère fallacieux des corrélations résultant d'une simple concomitance des évolutions, on remplace les variables par leurs accroissements, par exemple annuels ; on obtient :

$$\Delta y_t = y_t - y_{t-1} = a + u_t - u_{t-1}$$

$$\Delta z_t = z_t - z_{t-1} = a' + v_t - v_{t-1}$$

$$\Delta y_t = \Delta z_t + a - a' + \underbrace{(u_t - u_{t-1} - v_t + v_{t-1})}_{w_t}$$

Si u_t et v_t sont indépendants et chacun d'eux sans autocorrélation,

$$\text{Var}(w_t) = 2 \left[\text{Var}(u_t) + \text{Var}(v_t) \right]$$

La variance de w_t est donc beaucoup plus importante que celle de u_t . Donc s'il n'y a pas de liaison entre u_t et v_t (c'est-à-dire pas de liaison entre Δy_t et Δz_t), il n'apparaîtra pratiquement pas de corrélation entre Δy et Δz .

En revanche, une liaison effective de causalité entre z et y se traduit aussi par une liaison entre u et v , et il apparaîtra une corrélation entre Δy et Δz :

en effet, on peut écrire par exemple :

$$u_t = r v_t + \varepsilon_t$$

ε_t étant un aléa indépendant de u et v , et supposé non autocorrélé (comme u et v),

w_t s'écrit alors :

$$\begin{aligned} w_t &= u_t - v_t - (u_{t-1} - v_{t-1}) \\ &= (r-1) v_t - (r-1) v_{t-1} + \varepsilon_t - \varepsilon_{t-1} \end{aligned}$$

$$w_t = (r - 1) (v_t - v_{t-1}) + \varepsilon_t - \varepsilon_{t-1}$$

$$\text{Var}(w_t) = 2 (r-1)^2 \text{Var}(v_t) + 2 \text{Var} \varepsilon_t$$

si r est suffisamment proche de 1, $\text{Var}(w_t)$ sera petit, caractéristique d'une forte liaison entre Δy et Δz .

Si, de plus, il y a autocorrélation entre les termes u_t (donc entre les termes v_t , d'après nos hypothèses ce qui est assez fréquent dans les séries chronologiques - on peut écrire :

$$v_t = p v_{t-1} + \gamma_t$$

γ_t étant un aléa indépendant de u et v , et non autocorrélé :

il s'en déduit :

$$w_t = (r - 1) (p - 1) v_{t-1} + (r - 1) (\gamma_t - \gamma_{t-1}) + \varepsilon_t - \varepsilon_{t-1}$$

$$\text{d'où } \text{Var}(w_t) = (r - 1)^2 (p - 1)^2 \text{Var} v_{t-1} + 2 (r - 1)^2 \text{Var} \gamma_t + 2 \text{Var} \varepsilon_t$$

$$\text{Var}(w_t) = \frac{(r - 1)^2 (p - 1)^2 \text{Var} \gamma_t}{1 - p^2} + 2 (r - 1)^2 \text{Var} \gamma_t + 2 \text{Var} \varepsilon_t$$

$$\text{Var}(w_t) = \frac{2 (r - 1)^2}{1 + p} \text{Var} \gamma_t + 2 \text{Var} \varepsilon_t$$

Donc si p est proche de 1, l'autocorrélation sera forte, $\text{Var} \gamma_t$ sera faible et donc $\text{Var}(w_t)$ aussi. On retrouve le fait connu que la méthode de régression sur les différences premières est d'autant plus efficace que l'autocorrélation des aléas successifs est plus élevée (cf. chapitre I - paragraphe 22.1).

Notons enfin que dans la pratique, on utilise souvent la forme :

$$\Delta \log y = \frac{\Delta y}{y} \text{ en fonction de } \Delta \log z = \frac{\Delta z}{z}$$

c'est-à-dire que l'on travaille sur les différences premières des logarithmes.

a.22 - Autre méthode

Si la variable explicative croît en fonction du temps ainsi que la variable expliquée on peut, au lieu de travailler sur les différences premières (ou celles des logarithmes, ce qui revient au même) employer la méthode suivante :

on ajuste chacune des deux grandeurs en fonction du temps par la méthode des moindres carrés.

Soit :

$$y_t = a t + b + u_t$$

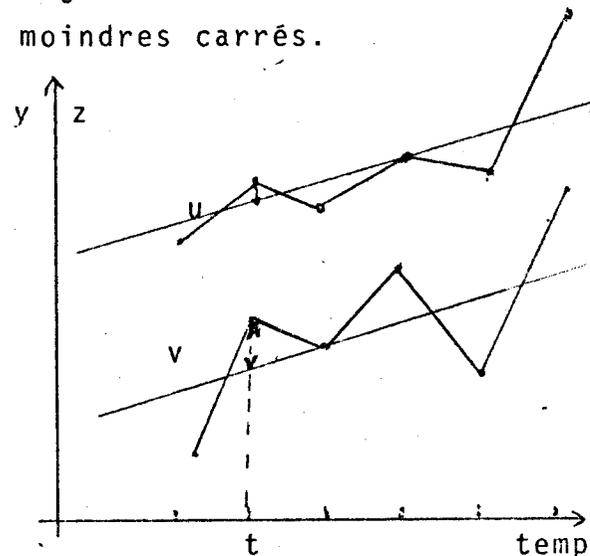
$$z_t = a' t + b' + v_t$$

u_t et v_t étant des aléas centrés (on emploiera naturellement une autre forme que linéaire si elle convient mieux),

les variables u_t et v_t sont alors les écarts au trend et l'on cherchera à expliquer u_t en fonction de v_t :

$$u_t = r v_t + \varepsilon_t$$

par application de la méthode des moindres carrés.



a.23 - Cas particulier du revenu

Lorsque la variable explicative est le revenu, elle est souvent corrélée avec le temps et il est difficile de mesurer séparément "l'effet revenu" et l'effet de diffusion propre au temps ; on cherchera alors une mesure directe de l'effet revenu grâce à des données en coupe instantanée dans des enquêtes, par exemple des enquêtes "budgets de famille".

Soit a l'élasticité au revenu mesurée dans une telle enquête, on écrira :

$$\log \phi = a \log R + b t + c + u_t \quad (u_t, \text{aléa})$$

a étant imposé à priori, b et c ainsi que σ_u^2 étant estimés lors de la régression par les moindres carrés.

b) La formulation convenable des variables explicatives

Une variable explicative, dont le rôle est soupçonné, peut parfois ne pas sembler significative si la formulation sous laquelle elle est proposée n'est pas convenable

Rappelons l'exemple donné par Suits, sur le marché américain de l'automobile ; Suits suggère d'introduire, dans le marché de renouvellement, l'effet "prix" sous la forme suivante :

$$P_N \times q - P_o = P$$

P_N = prix moyen des voitures neuves

P_o = prix moyen des voitures d'occasion

q = taux minimum de paiement comptant.

P représente alors la somme que le ménage doit déboursen comptant ; on a eu l'occasion de vérifier que l'influence de P pouvait être significative, alors que l'essai, parmi d'autres variables, des facteurs P_N, P_0, q conduisait à les rejeter.

Dans une autre étude, relative à la fréquentation des salles de cinéma en France, il n'était pas possible de mettre en évidence une liaison significative entre la baisse de fréquentation observée et la possession de téléviseurs : au niveau des statistiques nationales, les évolutions étaient trop régulières pour que l'on puisse établir une corrélation significative entre les deux phénomènes, et dans les enquêtes auprès des individus les comparaisons entre les taux de fréquentation de cinéma par les possesseurs et les non possesseurs de poste de télévision étaient fallacieuses, car ces deux populations étaient trop hétérogènes du point de vue socio-économique.

En revanche, une liaison a été mise en évidence sur longue période en faisant une "coupe instantanée" des départements français : la variation du nombre d'entrées par habitant de 1962 par rapport à 1954 est étroitement corrélée au parc de téléviseurs des ménages en 1962:

$$\log \frac{E_{62}}{E_{54}} = - 0,268 \log TV_{62} + 0,211$$

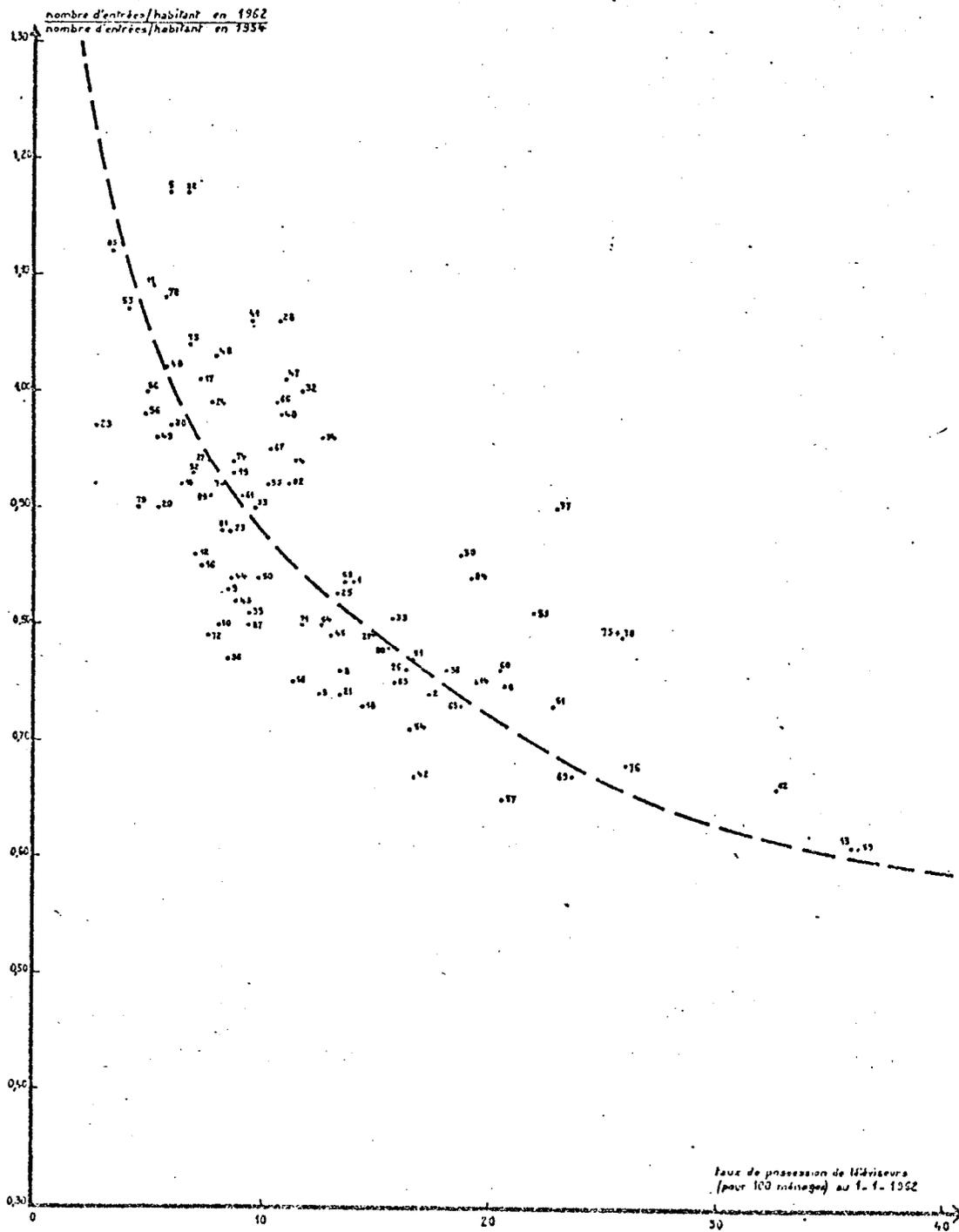
le coefficient de corrélation, calculé sur 88 points, est $r = - 0,860$.

La liaison est illustrée par le graphique ci-après :

METRA.

Graphique n° 5

INFLUENCE DU TAUX DE POSSESSION DE TELEVISEURS
SUR L'EVOLUTION DE LA FREQUENTATION CINEMATOGRAPHIQUE



Cette liaison a d'ailleurs été également vérifiée, au moment de l'étude, sur les données de l'année 1963, pratiquement sans changement :

$$\log \frac{E_{63}}{E_{54}} = -0,269 \log TV_{63} + 0,234$$

c) Variables endogènes et exogènes

Soit un modèle écrit sous la forme :

$$Y = a_1 X_1 + a_2 X_2 \dots + a_n X_n + u$$

où les X_k sont les variables explicatives, a_k des constantes et u un aléa.

On fait l'hypothèse que tout ce qui est à droite, c'est à dire les X_k , est exogène tandis que Y est endogène, en d'autres termes que les X_k sont prédéterminés, tandis que Y est expliqué par le modèle.

Si tel n'est pas le cas, l'application pure et simple de la méthode des moindres carrés peut conduire à des biais importants dans l'estimation des paramètres a_k .

L'analyse des comportements des consommateurs, faite d'abord qualitativement comme nous l'avons vu plus haut dans ce chapitre (cf. paragraphe IV - 3), doit mettre en évidence les liaisons de causalité et l'ordre dans lequel elles interviennent. Cela peut conduire à des systèmes d'équations simultanées, qui ont été examinés au chapitre I. Un exemple, sur le marché de l'huile d'olive en Italie, est donné dans le chapitre V.

166

d) Instabilité de certaines liaisons en coupe instantanée

Une liaison mise en évidence par une coupe instantanée n'est pas toujours stable au cours du temps:

- soit qu'il s'agisse de produits en fort développement pour lesquels existe un effet "de diffusion" s'ajoutant à l'effet "revenu" ; nous en donnons plus loin deux exemples : le marché des eaux minérales au chapitre V et le marché des biens d'équipement du ménage au chapitre VI ;
- soit qu'il s'agisse de coupes instantanées "géographiques", comparaisons internationales, ou comparaisons entre départements français, parce que la seule variable explicative prise en compte dans la coupe instantanée ne suffit pas à expliquer les différences de situations entre les différentes zones géographiques : nous donnons l'exemple des matières plastiques dans le monde au chapitre VII.

44.2 - Les raisons de choix entre divers modèles

a) Modèles globaux et modèles fondés sur une segmentation du marché

On distingue deux grandes catégories de modèles : les modèles globaux ou modèles économétriques, et les modèles analytiques ou fondés sur une segmentation du marché. En fait les modèles de cette deuxième catégorie comportent souvent des éléments de nature économétrique.

Les modèles économétriques s'appliquent efficacement lorsque la quantité d'information est suffisante, notamment sous forme de séries chronologiques, et lorsqu'aucune mutation technologique brusque (pouvant entraîner une transformation rapide de l'offre) n'est susceptible de se produire.

Les modèles analytiques sont développés lorsque l'absence de données historiques empêche la construction de modèles économétriques (en particulier lorsqu'il s'agit de produits nouveaux), mais aussi lorsque le marché étudié est trop hétérogène pour être considéré seulement de manière globale. Dans ce cas, on procède à un découpage en marchés élémentaires que l'on analyse et projette séparément. Donnons-en quelques exemples :

- . Dans la plupart des cas, les produits industriels ont des applications très diverses, et sont utilisés par des entreprises de dimensions très variables et pouvant appartenir à des secteurs industriels également variés ; il est alors nécessaire d'analyser le marché pour séparer les diverses applications, mesurer les marchés potentiels et faire des prévisions en tenant compte des évolutions techniques probables. Cela aboutit souvent à élaborer des sortes de "coefficients techniques" caractérisant la consommation spécifique du produit étudié dans une branche industrielle et un certain type d'entreprise. De telles études nécessitent naturellement des enquêtes de marché industrielles auprès d'échantillons suffisants.
- . Dans les études sur la consommation d'énergie, il est nécessaire de procéder à un niveau géographique assez fin pour mesurer l'effet des variations climatiques : prises globalement au niveau de la France entière, cela n'a pas grande signification (un hiver très clément sur la Côte d'Azur ne compense pas l'effet d'un hiver rigoureux en Lorraine). Dans ce cas, la finesse de l'analyse est nécessaire à la construction d'un modèle explicatif.

- . Dans le domaine de l'énergie encore, on ne parvient pas à expliquer convenablement l'évolution des diverses formes d'énergie utilisées par les foyers domestiques uniquement par l'analyse économétrique des séries chronologiques globales de fuel, charbon, gaz, gaz de pétrole liquéfié, électricité, bois... à l'aide des facteurs classiques : revenus des ménages et prix de ces produits. Cela n'est possible qu'en prenant en compte, de manière détaillée, les équipements de chauffage possédés par les ménages, car la décision d'utiliser tel ou tel combustible est liée à un choix d'équipement, qui dépend lui-même des équipements existants. Un exemple en est donné au chapitre VI.

- . Dans l'étude des marchés de renouvellement de biens durables (tels que réfrigérateurs, automobiles, télévision, etc.), on ne peut généralement pas appliquer une durée de vie moyenne à l'ensemble du parc en service il faut tenir compte de la structure par âge du parc selon des méthodes classiques en démographie.

On pourrait multiplier les exemples où la démarche analytique est fondamentale, non seulement pour bien comprendre le fonctionnement d'un marché, mais également pour pouvoir mesurer l'effet de différents facteurs dont le jeu se trouve masqué au niveau global. En revanche, on verra de nombreux exemples de modèles globaux convenant parfaitement bien pour d'écrire des marchés de produits de grande consommation, sans doute pour la raison principale que les marchés sont relativement plus homogènes et concernent une population à laquelle les lois des grands nombres s'appliquent avec efficacité.

Naturellement les meilleurs approches sont une combinaison de ces deux types de méthodes, lorsque la qualité des données statistiques le permet. On en verra des illustrations dans les exemples donnés aux chapitres V, VI et VII et dans un exemple sur le marché américain du café que nous allons présenter rapidement⁽¹⁾ :

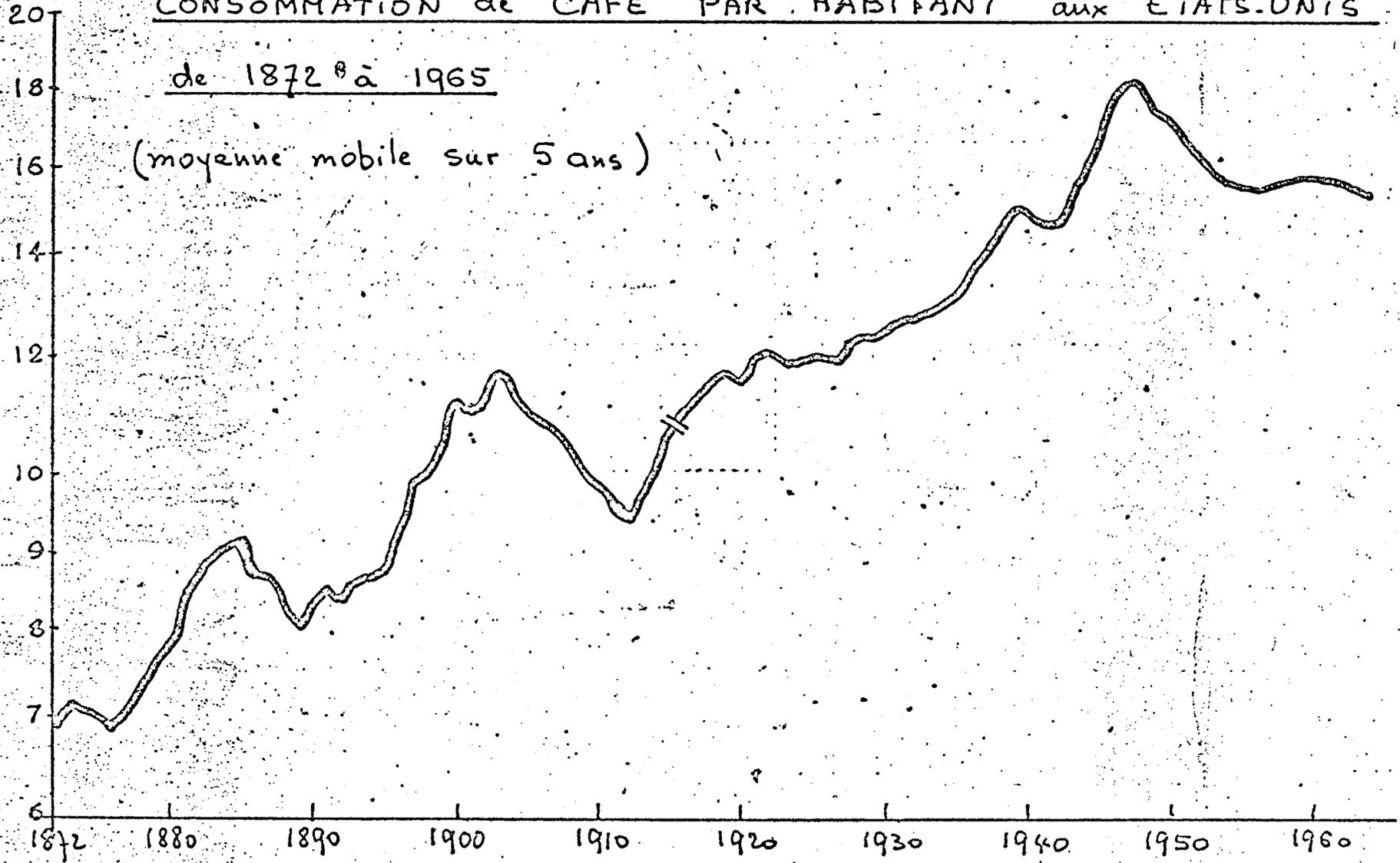
La consommation de café par habitant aux U.S.A. s'est développée très fortement jusque vers 1950, date à partir de laquelle s'est amorcé un déclin ; les statistiques disponibles aux U.S.A - grâce notamment à des séries d'enquêtes importantes régulièrement répétées - permettent d'expliquer clairement cette évolution et notamment le retournement de tendance depuis 1950. On constate d'abord l'effet de la structure par âge : la population de moins de 15 ans, qui consomme beaucoup moins de café, a augmenté sa part dans la population totale depuis 1940, mais surtout depuis 1950. On peut constater, par ailleurs, que la consommation en nombre de tasses par jour commence à diminuer en 1962 dans le même temps où la consommation de soft-drinks se développe très fortement. Il semble que la hausse relative du prix du café par rapport à celui des soft-drinks favorise cette évolution. Enfin on peut voir que c'est surtout dans la consommation à la maison, aux autres moments qu'au breakfast, que le café est concurrencé par le soft-drink. A cette diminution du nombre de tasses, s'ajoute le fait que le poids de café vert par tasse a sensiblement diminué depuis 1950 et surtout depuis 1962, cela étant dû à de meilleurs rendements de la torréfaction et à un développement du café soluble, qui contient relativement moins de café vert.

(1) Etude réalisée pour la FAO par G. Lovasy et G. Kawata.

CONSOMMATION de CAFÉ PAR HABITANT aux ETATS-UNIS

de 1872⁸ à 1965

(moyenne mobile sur 5 ans)

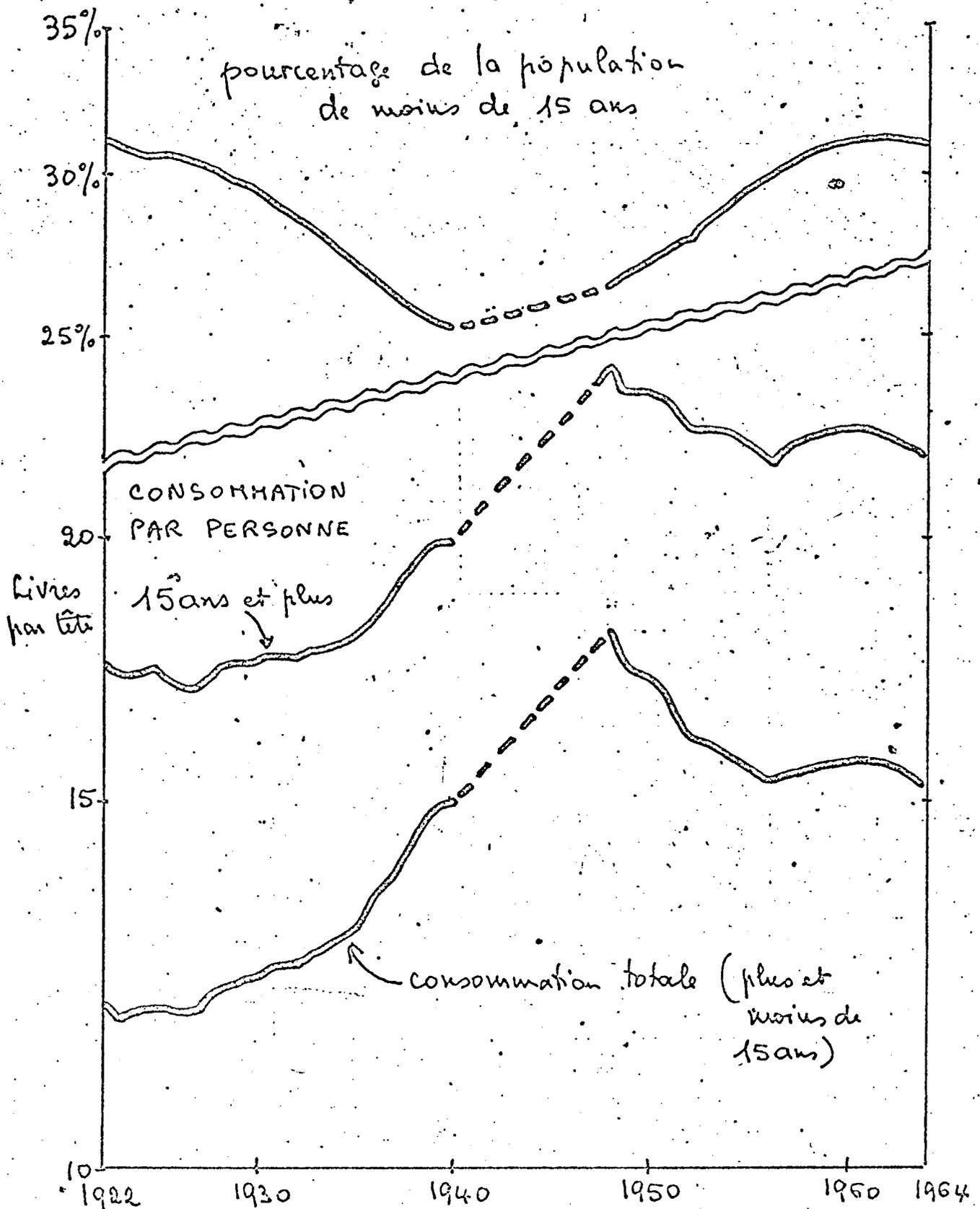


1872-1915 = importations nettes par tête

171

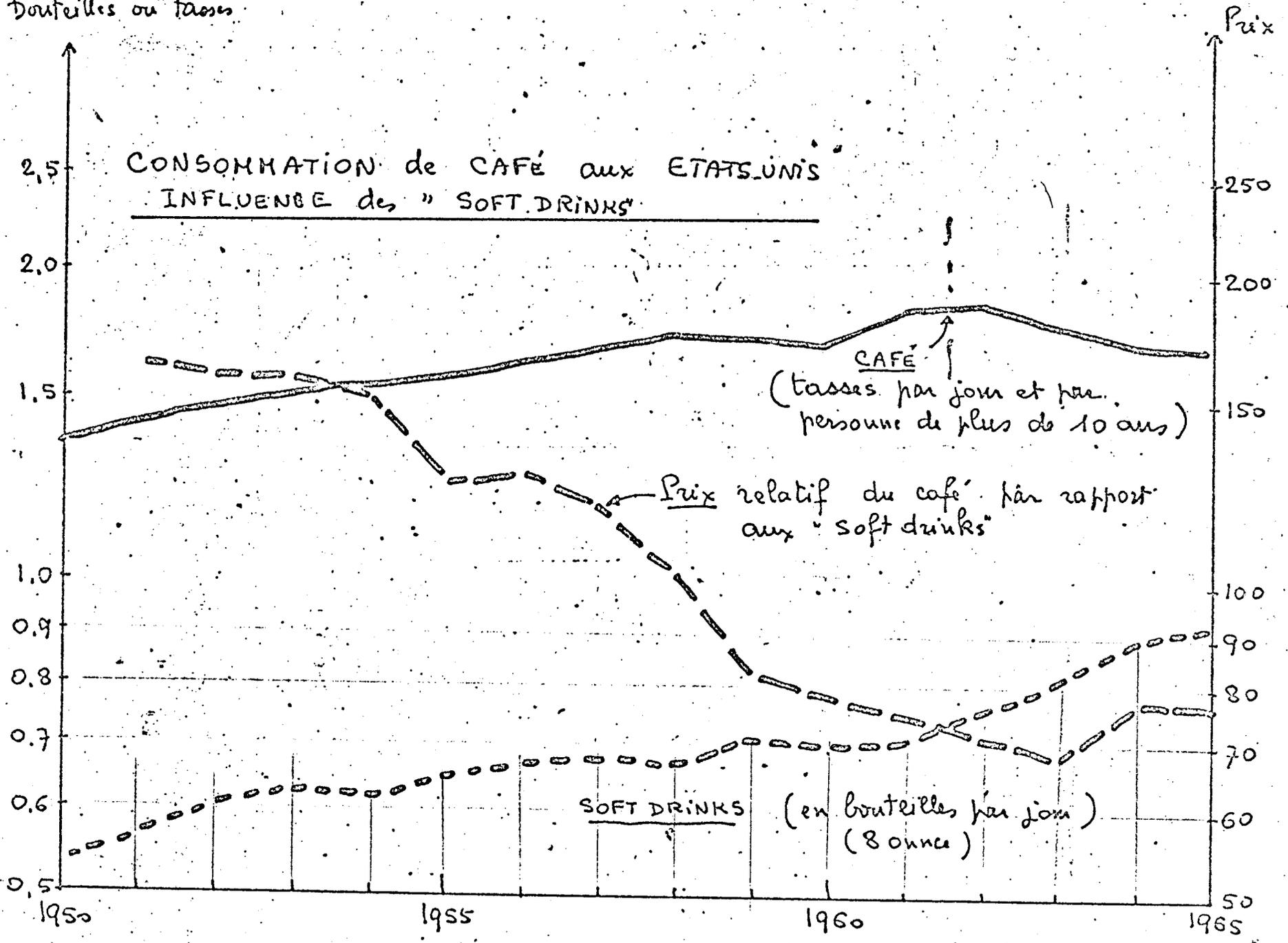
CONSOMMATION DE CAFÉ aux ÉTATS-UNIS

EFFET de la STRUCTURE par âge



Bouteilles ou tasses

CONSUMATION de CAFÉ aux ETATS-UNIS INFLUENCE des "SOFT DRINKS"

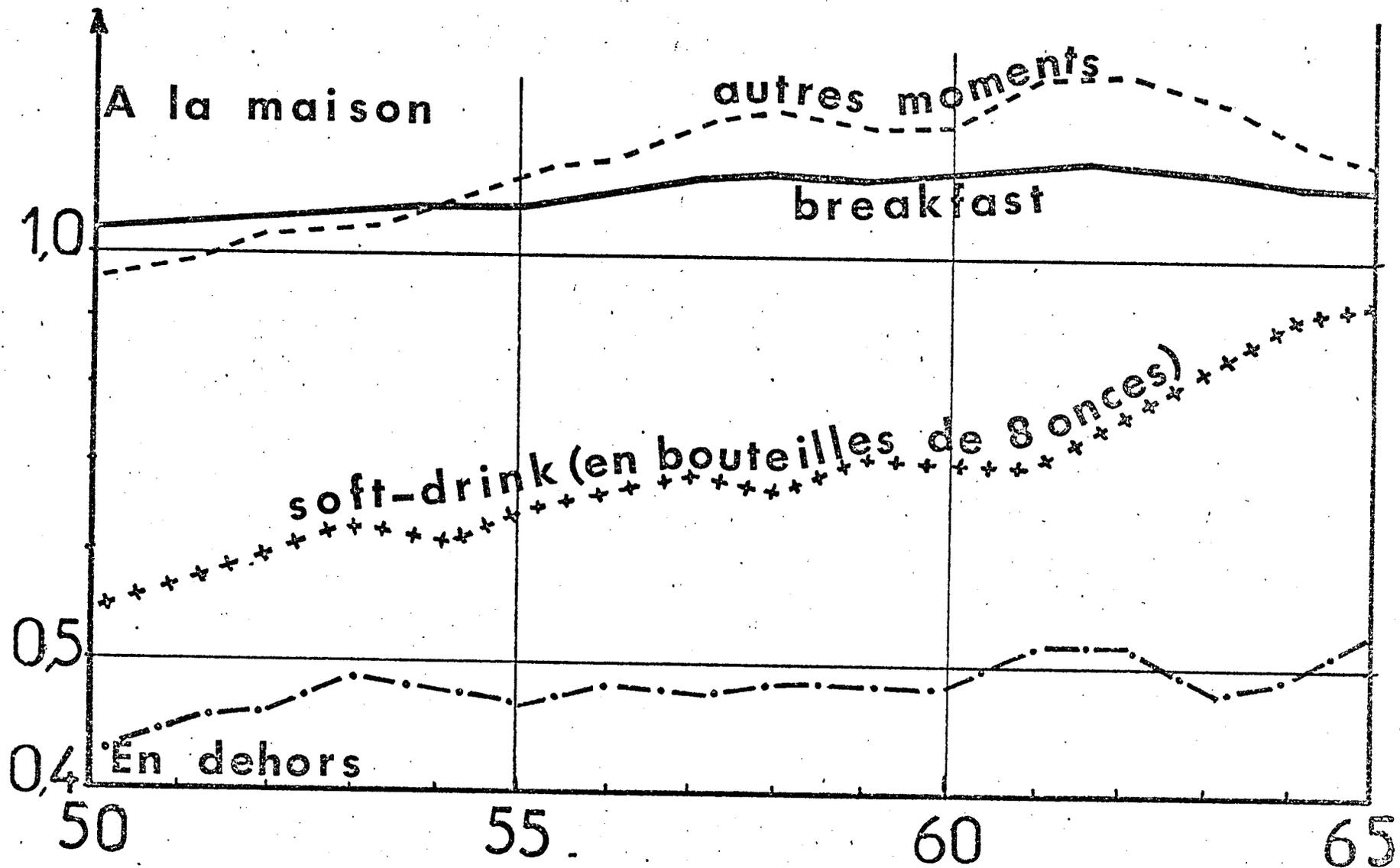


CAFÉ
(tasses par jour et par
personne de plus de 10 ans)

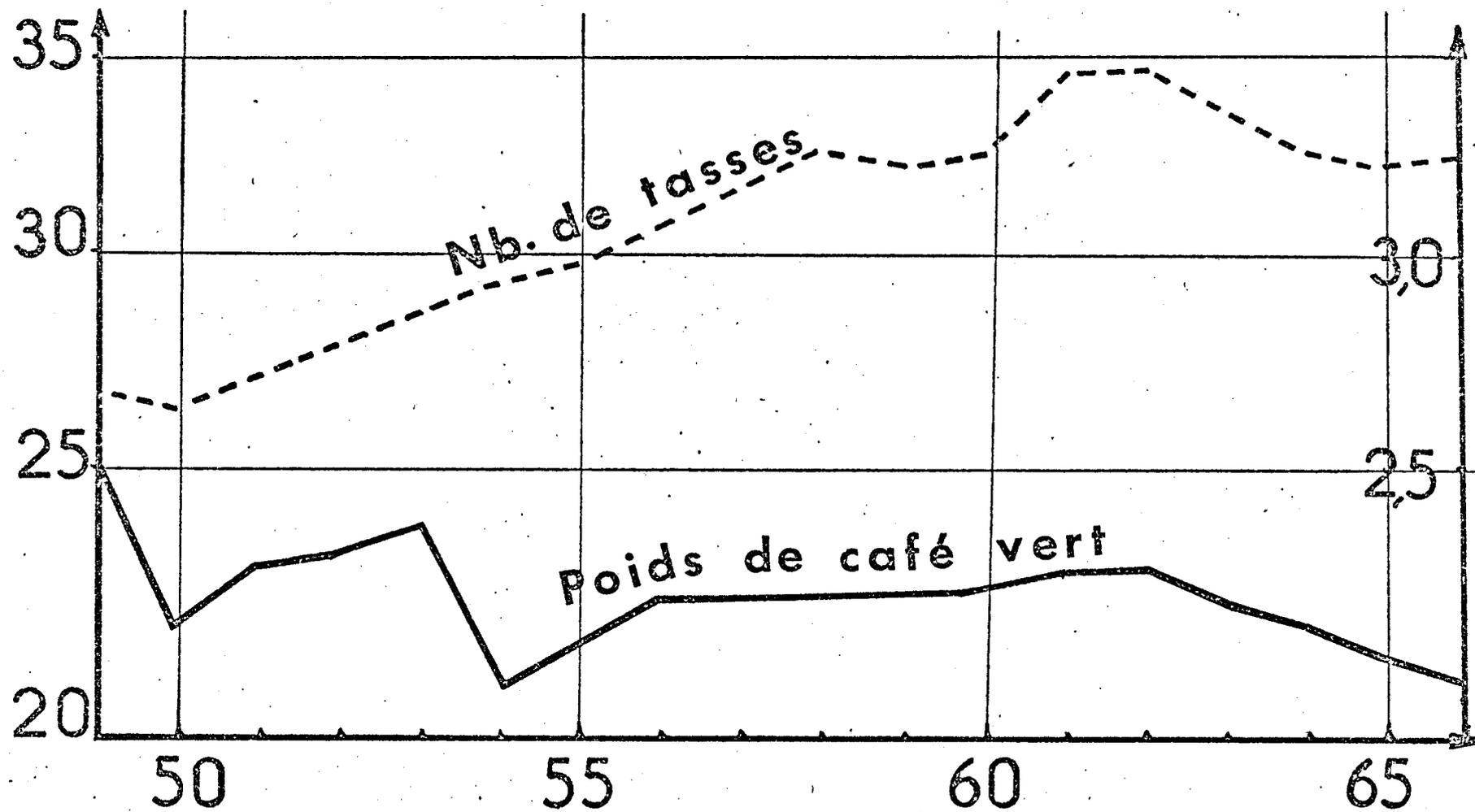
Prix relatif du café par rapport
aux "soft drinks"

SOFT DRINKS
(en bouteilles par jour)
(8 onces)

CONSOMMATION DE CAFE (tasse / jour) ET DE SOFT-DRINKS AUX U.S.A.



174
**CONSOMMATION DE CAFE AUX U.S.A.
PAR PERSONNE AGEE DE + 10 ANS**



Ainsi peut se trouver démonté et mesuré complètement un mécanisme complexe, grâce aux observations disponibles. On peut le décrire par un ensemble de modèles qui combinent approches analytique et économétrique. Il est malheureusement rare que l'on puisse en Europe réaliser des études bénéficiant d'une telle documentation.

b) Choix des fonctions mathématiques

Quel que soit le type de modèle (économétrique ou analytique), on doit choisir entre plusieurs fonctions mathématiques intervenant dans les liaisons entre variables à expliquer et variables explicatives : on doit par exemple choisir entre élasticité constante et variable, modèles avec ou sans niveau de saturation, coefficients techniques constants ou variables selon telle loi, etc... Nous voudrions faire à ce sujet trois séries de remarques.

b.1 - L'emploi de comparaisons internationales

C'est d'après l'idée que l'on se fait de la situation actuelle et de l'évolution probable que l'on choisit le type de fonction avec ses caractéristiques de croissance et de saturation éventuelle. Bien souvent, on est guidé dans ce choix par des comparaisons internationales entre produits analogues : c'est par exemple un fait bien connu que, dans de nombreux pays, le rythme de développement de la consommation d'électricité est proche du doublement tous les dix ans. Bien entendu, l'observation de similitudes entre des pays n'entraîne que des présomptions sur la forme des courbes de développement et il se peut que les particularités propres à tel ou tel pays se manifestent par des comportements très éloignés de la moyenne observée.

Les comparaisons internationales sont très utiles dans les études de produits industriels, notamment dans la mesure où elles suggèrent des types d'applications variables d'un pays à l'autre, donnant ainsi une vue plus large des développements possibles à long terme pour les produits considérés. On en verra des exemples au chapitre VII.

Pour les produits de consommation des ménages, et tout spécialement pour les biens fongibles, on constate de grandes différences dans les habitudes des ménages, de sorte que les comparaisons internationales doivent être interprétées avec précaution: on le constatera à propos de l'étude internationale des produits oléagineux exposée à la fin du chapitre V. S'agissant de la consommation du café, dont on a exposé plus haut l'évolution aux U.S.A., une étude conduite sur l'Europe avait mis en évidence la nécessité de choisir des modèles de forme différente pour expliquer l'évolution passée : ainsi un modèle à élasticité constante au revenu est bien adapté pour la Belgique dont la consommation annuelle par habitant est de l'ordre de 6 kg (avec une élasticité prix : - 0,73), tandis que c'est un modèle semi-logarithmique qui convient pour la consommation suédoise qui est de l'ordre de 12 kg par tête et par an (avec une élasticité prix de - 0,24 en 1965). Remarquons d'ailleurs que les modèles "globaux" qui ont été réalisés à l'occasion de cette étude sur le café ont permis de mesurer les effets revenu et prix, la saturation étant éventuellement constatée par le modèle mais non expliquée. Au contraire, nous avons vu que les chiffres disponibles aux U.S.A. permettaient de bien étudier les causes du phénomène de saturation de la consommation par tête.

b.2 - Les critères d'ajustement

La qualité globale de l'ajustement est mesurée par le coefficient de corrélation, mais la considération de ce seul critère n'est pas suffisante. Il est intéressant d'y ajouter un certain nombre d'éléments tels que les suivants :

- la mise en évidence du caractère significatif de facteurs dont on a de très sérieuses raisons de penser qu'ils jouent un rôle substantiel ;
- la manière dont un modèle rend compte plus ou moins rapidement de changements de tendance, qu'il s'agisse de variations de taux de croissance ou de retournements de tendance ;
- la sensibilité du modèle à des fluctuations de courte période ayant un caractère conjoncturel ;
- la plus ou moins "bonne" répartition des écarts entre valeurs calculées et valeurs observées.

b.3 - La prise en compte "a priori" de certains facteurs

L'analyse peut mettre en évidence des facteurs dont le rôle, bien qu'indiscutable, n'apparaît pas de manière significative dans les corrélations : nous avons déjà évoqué cette situation. Elle peut résulter soit d'effets "de masque" (les fluctuations causées par la variable étant accidentellement compensées par d'autres), soit d'une insuffisance des variations de la variable considérée sur la période étudiée (par exemple, prix nominal restant inchangé pendant plusieurs années), soit encore du fait que le rôle de cette variable est nouveau (par exemple, le développement relativement récent des résidences secondaires).

L'attitude traditionnelle consistait à négliger de telles variables, tandis que la tendance actuelle sera d'en tenir compte en se donnant la valeur du paramètre, d'une manière non statistique mais en prenant en considération toutes les informations disponibles, et en prévoyant une procédure pour réestimer le paramètre au fur et à mesure que de nouvelles informations sont disponibles. On reconnaît dans cette approche le principe des méthodes bayésiennes d'estimation statistique que l'on commence effectivement à utiliser, notamment pour pouvoir tenir compte d'informations de nature très différente : résultats de corrélations en séries chronologiques, en coupe instantanée, analyses psycho-sociologiques de comportement, etc...

44.3 - L'application à la prévision

Si les modèles sont ajustés, c'est à dire validés, sur les données du présent et du passé, leur utilisation concerne l'avenir. Il faut alors porter un double jugement :

- sur la validité de la forme du modèle pour l'avenir ;
- sur les valeurs futures des variables explicatives.

a) La réponse à la question posée par le premier point découle des remarques faites au paragraphe précédent : le modèle qui nous paraîtra le meilleur s'appuiera sur une bonne connaissance de l'évolution passée du marché tout en intégrant les éléments de modification qui paraissent vraisemblables pour l'avenir. C'est d'ailleurs pour réussir au mieux dans cette démarche que nous préconisons - pour les biens de consommation et les services - l'intégration poussée des approches psycho-sociologiques et économétriques, intégration dont nous avons eu personnellement l'expérience depuis plus de dix ans, et qui a pu effectivement donner lieu à de nombreuses réalisations, dont certaines sont évoquées au fil de ce livre, notamment au chapitre VIII consacré à la prévision des produits nouveaux.

Pour les biens et services de nature industrielle, c'est la collaboration entre techniciens spécialistes d'une branche ou d'un produit, et économistes qui permet de réaliser une symbiose analogue. Nous en indiquons également des exemples, au chapitre VII notamment.

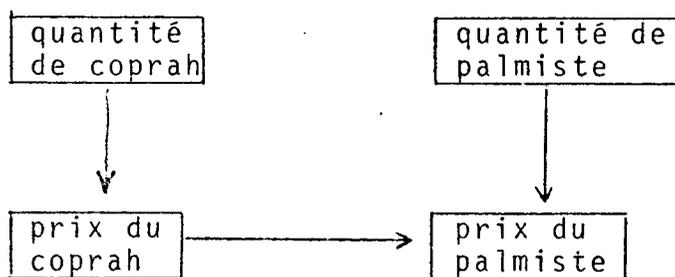
- b) La prévision des valeurs futures des variables explicatives n'est-elle pas une simple transposition du problème général de la prévision, et dans ce cas n'aurait-on pas simplement reculé le problème sans pour autant le résoudre ? Ce serait le cas si les variables explicatives retenues étaient aussi difficile à prévoir que les variables expliquées et toute une partie de l'art difficile de la construction des modèles vient du choix judicieux des variables explicatives.

Remarquons d'abord que si un marché dépend de deux variables ayant des effets opposés, telles que le revenu et le prix, l'évolution résultante n'est pas simple à imaginer même si les deux variables ont chacune des évolutions relativement simples. Il n'est donc pas paradoxal d'imaginer qu'en décomposant ainsi le problème en deux éléments, chacun d'eux soit plus simple à prévoir que l'ensemble, ce qui est d'une certaine manière la démarche proposée par Descartes.

Il n'existe pas de solution universelle pour la prévision des variables explicatives, mais un ensemble d'approches dont nous allons examiner quelques-unes :

- . L'emploi de modèles économiques se généralise pour la prévision de données économiques globales telles que revenus, prix, production industrielle, investissements, etc... Ces modèles économiques peuvent comporter de véritables systèmes qui entrent en interactions les uns avec les autres avec des contraintes de cohérences globales. C'est par exemple le cas du modèle "physico-financier" du Commissariat au Plan.

- Des comparaisons internationales peuvent être utilisées par exemple l'évolution des prix des camions dans quatre pays d'Europe occidentale a permis de bâtir un modèle explicatif du prix des camions en France ; celui-ci devient à son tour une variable explicative de la demande de camions.
- Des analyses qualitatives ou des avis d'experts sont fréquemment retenus pour prévoir des évolutions techniques, par exemple des capacités de production de produits chimiques et des évolutions de procédés entraînant ainsi des prévisions à long terme sur des niveaux de prix à la production. Elles peuvent être naturellement intégrées dans des modèles de simulation, tels que SIMARI mis au point par la SEMA pour les produits chimiques.
- Des modèles récurrents peuvent parfois être construits, de manière à transposer la prévision sur des variables plus faciles à prévoir. Par exemple sur le marché mondial la quantité de coprah (relativement facile à prévoir) détermine le prix du coprah ; par ailleurs la quantité de palmiste et le prix du coprah déterminent le prix du palmiste. (On retrouvera ce modèle au chapitre V).



- Des variables décalées dans le temps, de quelques trimestres, voire d'un ou deux ans, conviennent dans certains cas, comme on le verra à propos des modèles de fluctuation (chapitre X). Dans ces cas, la prévision de la valeur future de la variable explicative peut être très précise.

44.4 - Le contrôle et la mise à jour des prévisions

Un modèle de prévision n'est pas une divination de l'avenir : c'est une construction faite à l'aide des informations et des connaissances disponibles à un moment donné et sur lesquelles un jugement s'exerce pour imaginer le bien fondé du modèle dans l'avenir. C'est donc tout à la fois oeuvre d'analyse et d'imagination.

Malgré cet effort d'imagination, il peut surgir des évènements ou des situations que l'on n'avait pas envisagés ou auxquels on avait attribué une possibilité très faible : il importe donc d'en tenir compte pour interpréter les réalisations et les comparer aux prévisions.

La prévision faite à l'aide des modèles est donc conditionnelle, avec une explicitation des conditions retenues ; elle constitue en quelque sorte une ligne de référence par rapport à laquelle on devra situer les réalisations et élaborer de nouvelles prévisions.

Ainsi un modèle de prévision doit-il être quelque chose de vivant et non de figé ; on doit le mettre à jour régulièrement pour qu'il demeure utile et c'est ainsi que l'on arrive à le rendre de plus en plus sûr, de plus en plus précis.

Pour y parvenir, il est nécessaire de disposer d'informations répétées régulièrement au fil du temps ; ainsi, par exemple, pour une prévision concernant un bien durable, on devra suivre régulièrement l'évolution :

- . des parcs successifs d'appareils en service ;
 - . des taux d'équipement des ménages par tranches de revenus ou catégories socio-professionnelles ;
 - . des achats de renouvellement ;
 - . des courbes de survie des appareils ;
 - . des équipements multiples ;
- etc...

Ceci impose parfois un programme régulier d'enquêtes par sondage (lorsque les informations ne sont pas accessibles directement) et l'on constate que pour pouvoir bénéficier de ces résultats à des prix de revient intéressants, les sociétés ont tendance à se grouper de plus en plus autour d'un programme d'enquêtes. C'est par exemple le cas, entre autres, du Syndicat de producteurs d'appareils de télévision en France (SCART), des sociétés productrices d'énergie, des annonceurs, média, publicitaires (CESP), etc...

44.5 - Conclusion

Et pour terminer, livrons quelques recommandations qu'il n'est sans doute pas superflu d'avoir à l'esprit lorsque l'on construit des modèles :

- 1°) La valeur d'un modèle est liée à la consistance, l'abondance et la précision des données de base : le travail de définition et de collecte est fondamental ; s'il y a lieu de recourir à des enquêtes, leur assigner des objectifs bien précis.
- 2°) Le choix des variables essentielles doit être guidé par la nature économique (ou psychologique) du problème : il vaut mieux retenir une variable imparfaitement connue mais en liaison causale directe avec l'objet des prévisions qu'une variable bien connue, mais n'ayant qu'un rapport assez lâche avec le phénomène.
- 3°) Une bonne liaison statistique n'implique pas forcément une liaison de causalité, il y a des corrélations fallacieuses dont il faut se défier.
- 4°) Expliquer le passé n'est pas prévoir ; il faut donc raffiner d'autant moins l'ajustement sur le passé que l'on soupçonne le futur d'en pouvoir différer fortement.
- 5°) La discussion de la pertinence du modèle pour l'avenir est un problème central qui doit donner lieu à un exposé complet des hypothèses implicites.
- 6°) Le choix des fonctions et des variables dépendent des objectifs recherchés et en particulier du terme de la prévision.
- 7°) Les modèles et les prévisions étant entachés d'erreur, il faut en évaluer les ordres de grandeur et les signaler de sorte qu'on n'attribue à ces outils que la valeur qui peut s'y attacher réellement.

4.5 - Les sources d'informations

45.1 - Séries chronologiques et coupes instantanées

Les données se présentent soit sous la forme de séries chronologiques, c'est à dire d'une succession de valeurs prises au cours du temps, soit sous la forme de coupes instantanées, c'est à dire d'un ensemble de valeurs saisies au même moment.

- a) Les séries chronologiques présentent généralement des valeurs échelonnées régulièrement, à rythme hebdomadaire, mensuel ou annuel. Leur grand intérêt est de mettre en évidence des rythmes d'évolution traduisant une certaine dynamique ; leurs limitations sont d'abord le faible nombre de points observés : des séries annuelles disponibles depuis la fin de la guerre donnent 20 à 25 points utilisables, ce qui est relativement peu ; d'ailleurs, sur des périodes trop longues on risque d'étudier des développements peu homogènes et par conséquent difficiles à extrapoler pour le futur. Ensuite, conséquence de ce qui précède, on ne peut utiliser qu'un nombre restreint de variables explicatives pour laisser suffisamment de degrés de liberté. Enfin, il faut se méfier des auto-corrélations : de nombreuses séries évoluent de manière analogue avec le temps, elles peuvent être conséquences d'une même cause sans qu'il y ait entre elles relation de causalité. Pour éviter cet inconvénient, on travaille souvent sur la série des accroissements et non sur les grandeurs elles-mêmes.

- b) Les coupes instantanées montrent, à un moment donné, les différentes valeurs prises par une même variable dans des sous-populations différentes : de ces variations on tire des indications sur l'effet de telle ou telle grandeur. Ainsi dans une enquête par sondage peut-on observer le rôle sur la consommation de variables telles que le revenu, la catégorie socio-professionnelle, l'habitat, l'âge etc... Il y a deux grandes sources de coupes instantanées : les enquêtes et les comparaisons géographiques.

Les enquêtes ont connu un développement considérable au cours des années 60 à 70 en France et leur rôle comme instrument d'analyse des marchés est primordial : nous leur consacrerons un paragraphe ci-dessous. Les comparaisons géographiques jouent un rôle plus modeste, mais souvent utile : ainsi l'utilisation de données connues dans chacun des départements français permet des analyses intéressantes. Nous en avons vu plus haut un exemple à propos de l'étude sur la fréquentation du cinéma en France : la coupe instantanée permet de mesurer l'impact de la possession de téléviseurs sur l'évolution du nombre d'entrées au cinéma par habitant entre 1954 et 1962.

On utilise également des comparaisons internationales mais il faut être prudent dans les interprétations car les marchés ainsi comparés entre différents pays sont souvent dans des contextes très variés.

L'intérêt des coupes instantanées, notamment par enquêtes, est de pouvoir analyser l'effet d'un très grand nombre de variables explicatives (certaines peuvent être qualitatives) soit à l'aide de simples tris et analyses de variances, soit grâce à des modèles de segmentation. L'inconvénient est l'absence de "dynamique": il faut donc compléter les résultats d'une enquête soit par ceux d'une autre enquête effectuée à un moment différent, soit par des éléments de séries chronologiques susceptibles de s'y raccorder. En pratique on cherche à combiner au maximum séries chronologiques et coupes instantanées.

45.2 - Variables de base et variables liées au produit

Certaines grandeurs économiques jouent un rôle dans le développement de plusieurs marchés et peuvent être ainsi considérées comme des variables "de base" dont la connaissance doit être précise et les évolutions bien connues : ainsi en est-il de la population, active et totale, de la répartition en catégories socio-professionnelles, de la structure par âge, du nombre de ménages, de l'évolution des logements, et aussi du revenu des ménages, de l'épargne, des taux de salaire, des prix, etc...

D'autres concernent plus directement le produit étudié : son prix, celui des produits substitués ou concurrents, sa présence dans tel ou tel réseau de distribution, son attrait de la part de telle catégorie de population, sa durée de vie (s'il s'agit d'un bien durable) etc... Le rôle de ces divers facteurs est souvent étudié à travers les enquêtes faites dans ce but auprès des consommateurs.

a) Principales sources de variables de base

a.1 - Variables démographiques

La population totale, sa structure par âge, par habitat, par ménage, sont des variables essentielles, connues par les recensements et mises à jour par l'INSEE entre deux recensements.

Les prévisions démographiques ont la réputation d'être parmi les meilleurs dans le domaine économique ; en fait si l'on prévoit bien l'évolution des taux de mortalité, on prévoit moins bien celle des taux de fécondité et relativement mal celle des migrations.

La connaissance des données démographiques à un niveau géographique assez fin (département, agglomérations, communes, cantons) s'est beaucoup développée à cause des besoins entraînés par l'aménagement du territoire.

La répartition de la population active par catégorie socio-professionnelle (C.S.P.) ou celle des ménages en fonction de la C.S.P. du chef de famille sont très utilisées ; en effet cette catégorie socio-professionnelle est très souvent typique d'un mode de vie et joue un rôle discriminant dans les achats ou la possession de nombreux produits. Pour cette raison, le critère C.S.P. est l'un des plus fréquemment employés dans la fixation des quotas lors des enquêtes faites avec ce procédé d'échantillonnage.

La connaissance des logements (statistiques de mises en chantier et de logements terminés élaborées par le Ministère de l'Equipement) et de leur évolution globale par grande catégorie : logements individuels, collectifs, résidences secondaires, au niveau national et au niveau régional ou local, est une donnée de base pour l'étude de nombreux biens comme le chauffage, l'éclairage, le mobilier, les matériaux de gros oeuvre et le second oeuvre, etc...

a.2 - Variables économiques

Les données principales sont suivies régulièrement dans les Comptes de la Nation. La consommation des ménages donne lieu de la part de l'INSEE à des analyses et des projections, à la fois fréquentes et détaillées⁽¹⁾.

Les revenus des ménages sont globalement évalués dans les Comptes de la Nation ; au niveau individuel, leur connaissance n'est pas très précise et les sources disponibles (statistiques fiscales, enquêtes) ne donnent que des renseignements approximatifs. Mentionnons les recherches du Centre d'Etudes des Revenus et des Coûts (C.E.R.C.).

(1) cf. Gabriel Vangrevelinghe "Modèles et projections de la consommation", Economie et Statistique - n° 6, novembre 1969 (déjà cité).

Le revenu des ménages est une variable très discriminante de leurs comportements et est utilisée de manière privilégiée. Selon les applications, on peut en retenir plusieurs définitions.

M. G. Vangrevelinghe dans Etudes et Conjoncture - n° 9, septembre 1966, en propose 4 variantes :

Y_1 = revenu disponible des ménages

Y_2 = revenu disponible moins amortissements, dommages de guerre et subventions d'équipement

Y_3 = revenu disponible moins financement de la formation de capital par les entrepreneurs individuels

Y_4 = revenu disponible moins financement de la formation de capital par les entrepreneurs individuels, moins l'évaluation de l'autoconsommation alimentaire.

Dans ce même article G. Vangrevelinghe indique que les meilleurs ajustements concernant la consommation des ménages ont été obtenus presque systématiquement avec la définition Y_4 ; il ajoute, ce qui est fort instructif, que la recherche d'une meilleure définition de la variable "revenu" a permis d'obtenir une amélioration très sensible de la qualité des ajustements, "beaucoup plus nette que celle qu'avait permis d'obtenir le recours, pour une définition du revenu donnée, à des méthodes d'estimation statistique raffinées".

La production intérieure brute (PIB), la formation brute de capital fixe (F.B.C.F.), sont des données annuelles très utilisées, et qui donnent lieu à prévision à 1 an, lors de la présentation du budget au parlement.

L'indice de la production industrielle (avec ou sans bâtiment et travaux publics) est un indicateur mensuel très utilisé.

En matière de prix, l'indice mensuel des prix à la consommation (base 100 en 1970) est calculé sur 295 postes de dépenses⁽¹⁾ ; il a pris la suite de l'indice dit "des 259 articles" (base 100 en 1962). Il est publié chaque mois par l'INSEE.

Signalons enfin que le Professeur Christian Goux a pris l'intéressante initiative depuis 1967, de publier fin décembre de chaque année un rapport économique qui dégage les faits saillants de l'année économique écoulée, et donne des perspectives chiffrées de l'économie française sur l'année à venir. Ces travaux qui s'appuient notamment sur les recherches de l'équipe de prévisionnistes de Sema-Conjoncture sont utilement complétés par une abondante documentation chiffrée sur les économies occidentales⁽²⁾.

b) Principales sources de variables liées aux marchés et aux produits :
les enquêtes par sondage

En dehors des informations que possèdent directement les sociétés dans leurs rapports avec leurs clients (commandes, ventes, rapports de représentants) ou avec leurs confrères (statistiques syndicales), la très grande majorité des informations nécessaires provient d'enquêtes par sondage soit auprès de la clientèle finale, soit auprès d'intermédiaires (grossistes, détaillants) ou de prescripteurs (médecins).

Il est hors de l'objet de ce livre de décrire les principaux types d'enquêtes réalisables ainsi que les méthodes techniques mises en oeuvre. Nous renvoyons le lecteur aux livres existant sur le sujet, notamment à celui de J. Antoine⁽³⁾.

Notre propos sera ici d'indiquer brièvement quelques modes d'utilisation des sondages en vue des prévisions et les précautions à prendre.

(1) Economie et Statistique, numéro 21, mars 1971.

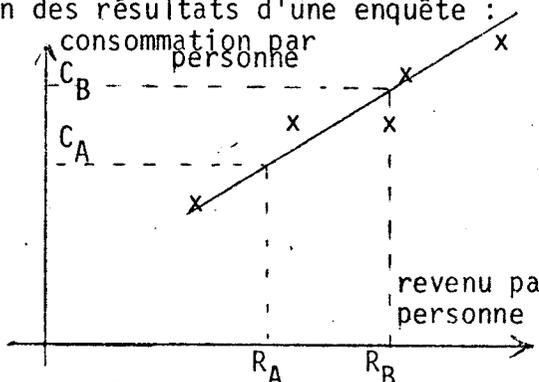
(2) Editions Cujas.

(3) "L'opinion, techniques d'enquêtes par sondage" par J. Antoine, Dunod Editeur.

Les types d'enquêtes les mieux adaptées et les plus couramment utilisées pour des prévisions sont les enquêtes répétitives au cours du temps ; elles peuvent être faites auprès de populations différentes (comme c'est le cas pour les enquêtes INSEE sur les intentions d'achat des ménages en biens durables) ou de populations identiques, ce que l'on appelle des "panels" (panels de ménagères : SECODIP, de foyers : SOFRES-Postal, de détaillants : NIELSEN et SOFRES, de médecins : DOREMA).

L'intérêt d'obtenir une série d'informations au cours du temps, soit auprès des mêmes populations, soit auprès de populations comparables, est évidemment très grand, puisque l'on peut ainsi mettre en évidence des évolutions qui n'apparaissent pas dans une seule enquête. A ce propos, signalons un type de difficulté que l'on rencontre dans l'interprétation des résultats d'une enquête :

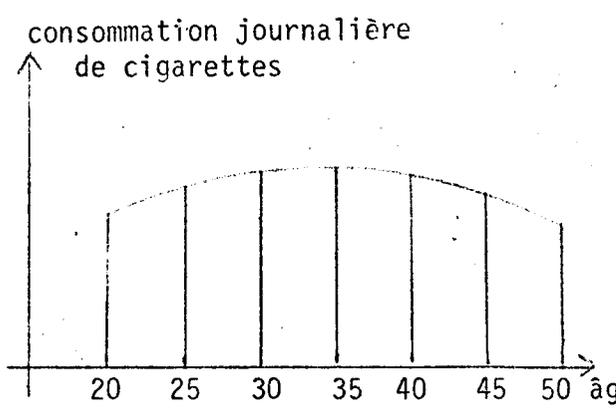
supposons que la consommation par personne d'un produit i puisse être représentée, à partir des résultats de l'enquête, par la droite ci-contre obtenue par une régression en fonction du revenu par personne ; on peut être tenté



d'interpréter ces résultats en disant que lorsque le revenu évoluera de R_A vers R_B la consommation passera de C_A à C_B ; ceci n'est exact que si la relation linéaire observée est fixe au cours du temps, ce qui est rarement vrai pour des produits nouveaux ou dont le développement est encore important. Cette hypothèse revient à supposer que le revenu est la seule variable explicative et qu'il continuera de jouer comme par le passé.

Il est prudent de vérifier, sur plusieurs enquêtes, la stabilité de la relation.

Une autre interprétation risque également d'être faite : supposons que la consommation de cigarettes en fonction de l'âge des fumeurs soit représentée par la courbe en cloche



ci-contre obtenue lors d'une enquête. On mesure là un effet de l'âge, mais il peut aussi bien s'agir d'un effet de génération ; s'il y a changement dans les habitudes d'une génération on ne le verra pas directement, et il faut, là encore, disposer de plusieurs enquêtes ou disposer d'informations précises sur l'historique des comportements des fumeurs (ce qui est pratiquement irréalisable lors d'une seule enquête si les informations doivent faire trop appel à la mémoire).

Parmi les précautions dont il convient de s'assurer, signalons :

- . la nécessité d'une bonne représentativité de l'univers étudié, de manière à ce qu'il reste bien comparable au cours du temps ; il faut donc disposer d'une bonne base de sondage et d'un mode d'échantillonnage homogène au cours du temps,

- . le degré de précision des résultats ; il dépend de la technique d'échantillonnage et de l'effectif de l'échantillon. Dans un tirage aléatoire, l'estimation d'une proportion p est connue avec une distribution d'écart - type $\sigma = \sqrt{\frac{pq}{n}}$

$q = 1 - p$
 $n = \text{effectif de l'échantillon}$

Si l'on recherche une précision caractérisée par l'écart - type σ , on en déduit l'effectif minimum de l'échantillon à interroger.

- . la définition précise des catégories étudiées ; en particulier il faut avoir des découpages fixes de classes (par exemple d'âge, de revenus, de type d'habitat...) au cours du temps pour pouvoir effectuer des comparaisons.
- . la préparation de l'enquête en fonction du but recherché : pour que les résultats soient utilisables dans un modèle de prévision, il faut que le schéma de ce modèle ait été arrêté et que l'on définisse précisément les observations dont on aura besoin dans l'enquête. Cette remarque paraît évidente et pourtant... bien des enquêtes sont décidées sans qu'on sache parfois l'utilisation que l'on en fera.

LA PREVISION A MOYEN TERME DES BIENS FONGIBLES DE CONSOMMATION

SOMMAIRE

- 5.1 - Données et modèles de base sur la consommation des biens fongibles par les ménages.
 - 51.1 - Analyse à partir des enquêtes.
 - 51.2 - Analyse à partir des chroniques.
 - 51.3 - Quelques résultats pour la France.

- 5.2 - Quelques exemples d'applications.
 - 52.1 - Développement à long terme du marché de l'eau minérale.
 - 52.2 - Politique de tarification du tabac.
 - 52.3- Un marché international : les oléagineux.

5.1 - Données et modèles de base sur la consommation des biens fongibles par les ménages

Les biens fongibles consommés par les ménages ont donné lieu à de nombreuses études étiquées par des sources statistiques variées, enquêtes et séries chronologiques, de telle sorte que la connaissance et la prévision de leur consommation peut atteindre maintenant un bon degré de précision. Nous allons examiner comment ces diverses sources ont été utilisées.

51.1 - Analyse à partir des enquêtes

a) Historique

C'est en 1857 que l'économiste Engel dégage pour la première fois la loi de consommation en fonction du revenu attachant son nom aux courbes représentant ces consommations dans une "coupe instantanée" ; en 1936 les économistes anglais Allen et Bowley publient "Family Expenditures", la première étude détaillée sur des budgets de famille. Des nombreux travaux effectués entre les deux guerres mondiales émerge le nom de H. WOLD qui fit en Suède des analyses extrêmement détaillées. Citons encore SCHULZ aux U.S.A. et, plus récemment, STONE en Angleterre, ROTTIER et VANGREVELINGHE en France.

De nos jours, des travaux comparatifs intéressants sont faits par la FAO à Rome et par les organismes d'étude des Communautés européennes. En France, les travaux de base sont effectués par l'INSEE (en collaboration avec le CREDOC pour certaines parties) des études particulières, touchant notamment des produits nouveaux ou modifiés, ou des problèmes liés à des décisions de politique commerciale, sont confiées à des organismes privés.

Parmi les enquêtes fondamentales, citons l'enquête "budget de famille" INSEE - CREDOC de 1956 - 1959, faite auprès de 20 000 ménages, qui a été l'objet d'analyses extrêmement détaillées, de même que l'enquête budget de famille réalisée à nouveau par l'INSEE en 1963 ; citons encore deux enquêtes permanentes disponibles depuis 1965 sur l'alimentation et les conditions des ménages.

Parmi les enquêtes spécialisées faites par l'INSEE, notons : les dépenses d'habillement (1953), la consommation de viande et produits laitiers (1956), les dépenses de santé (1960), l'enquête comparative sur les "budgets temps" (1966).

Nous avons déjà indiqué que des enquêtes régulières ou ad hoc réalisées par des instituts de sondage permettaient de saisir - outre les habitudes de consommation - les aspects "marketing" tels que la place des différentes marques, le rôle de la distribution, éventuellement l'impact d'actions publicitaires ou l'attitude des consommateurs à l'égard des marques et des produits, etc... Ainsi les moyens d'investigation sont-ils nombreux ; tant pour étudier le marché global d'un produit, que sa ventilation par tranche de prix, ou sa répartition régionale, ou enfin l'évolution au niveau des marques et parts de marché.

b) Lois de consommation utilisées

Le plus fréquemment on ajuste des lois de consommation en fonction des revenus soit sous forme semi-logarithmique, soit sous forme doublement logarithmique ; ainsi dans l'établissement en 1964 de projections pour 1970, M. G. Vangrevelinghe indique qu'il a retenu les lois de consommation rassemblées dans le tableau ci-dessous :

(en N.F. 56 par tête)

	Personnes âgées		Familles nombreuses		Agriculteurs		Autres ménages	
	Loi semi-log	Loi à élasticité constante	Loi semi-log	Loi à élasticité constante	Loi semi-log	Loi à élasticité constante	Loi semi-log	Loi à élasticité constante
	a	a	a	a	a	a	a	a
Alimentation.....	1.528,09		1.195,89		1.249,04		1.129,45	
Habillement.....	930,14		657,74		578,02		1.262,33	
Équipement du logement..		2,08	265,75			1,80	621,20	
Fournitures, énergie.....		0,77		1,00		0,93		0,73
Hygiène, santé.....		1,3		1,10		1,21		1,03
Vacances.....		4,16		3,27		1,57		3,55
Culture, loisirs.....		2,06		2,25		1,72		2,12
Tabac et divers.....		1,80		1,44		1,54		1,72

Il a constaté qu'en dehors des 3 catégories de population isolées, il est inutile de décomposer les autres ménages selon leur catégorie socio-professionnelle car les lois de consommation y sont pratiquement identiques pour les produits de consommation

M. Vangrevelinghe ajoute d'ailleurs une remarque importante en notant que les élasticités des dépenses fournies par l'enquête "budget de famille" sont voisines des élasticités en quantités des séries temporelles de la Comptabilité Nationale, ce qui permet de les utiliser dans des projections.

c) Mais l'emploi de telles élasticités "spatiales" peut soulever des problèmes : d'une part, une élasticité moyenne est une approximation insuffisante, et il convient d'associer élasticité instantanée et courbe de distribution des revenus (on en verra des exemples plus loin en plusieurs endroits) ; d'autre part, l'élasticité spatiale mesurée à un moment donné évolue au cours du temps de manière suffisamment rapide pour qu'il devienne nécessaire d'en tenir compte explicitement : ce peut être le cas pour des produits en phase de développement rapide, donc particulièrement pour des produits nouveaux. Dans un tel cas, la courbe d'Engel se déforme au cours du temps, selon une loi que l'on cherche à exprimer. Le modèle METRECO mis au point par la SEMA vise à résoudre ce problème.

Le point de départ est élasticité au revenu $E(r)$

$$E(r) = \frac{a r^2 + b r + c}{a' r^2 + b' r + c'}$$

qui contient de nombreuses fonctions connues comme cas particuliers. Si l'on désigne par $C_n(r)$ une famille de courbes d'Engel dépendant de l'ensemble de paramètres n , on a

$$\frac{d \log C_n}{dr} = \frac{1}{r} \times E(r) = \frac{1}{r} \times \frac{a r^2 + b r + c}{a' r^2 + b' r + c'}$$

On détermine aisément les primitives (logarithmes et arcs tangentes) de ces fractions rationnelles.

Les 5 paramètres de l'élasticité permettent naturellement une grande souplesse d'ajustements, et l'on peut obtenir pour C_p des courbes en S (y compris des logistiques), des courbes à élasticité constante des courbes en cloche notamment.

d) Distribution des revenus

On associe aux courbes d'Engel les courbes de distribution des revenus (densité de distribution ou distribution cumulée).

Diverses formes en ont été proposées :

d.1) Loi de Pareto

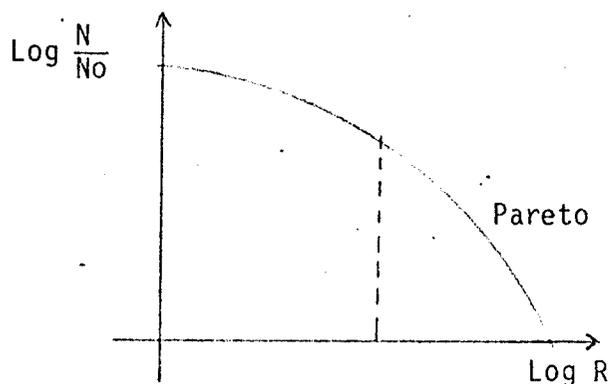
A partir de recherches menées dans de nombreux pays, Pareto énonçait que le nombre N d'individus disposant d'un revenu supérieur à une valeur donnée R s'écrit :

$$N = N_0 \times R^{-a}$$

ou $\text{Log } N = \text{Log } N_0 - a \text{ Log } R$

Cette représentation ne convient que pour les revenus élevés ; Pareto a trouvé pour le coefficient a une valeur voisine de 1,5 pour les diverses époques et les nombreux pays auxquels s'appliquaient ses recherches. Il en a déduit la stabilité de l'inégalité dans la répartition des revenus.

En coordonnées doublement logarithmiques, la répartition cumulée des ménages a l'allure d'une courbe parabolique.



d.2) Distribution logarithmo-normale

Gibrat a proposé une représentation dans laquelle le logarithme du revenu est distribué selon une loi normale.

Ainsi dans une enquête faite par l'INSEE en 1967 sur l'épargne auprès de 2 700 ménages a-t-on obtenu de tels ajustements, en distinguant les distributions selon 6 tranches d'âge pour le chef de famille ⁽¹⁾ ; en combinant les résultats du modèle avec la distribution des ménages selon l'âge de leur chef observé lors de l'enquête. On obtient les deux distributions suivantes observées et ajustées :

Distribution des ménages selon leur revenu (en %)

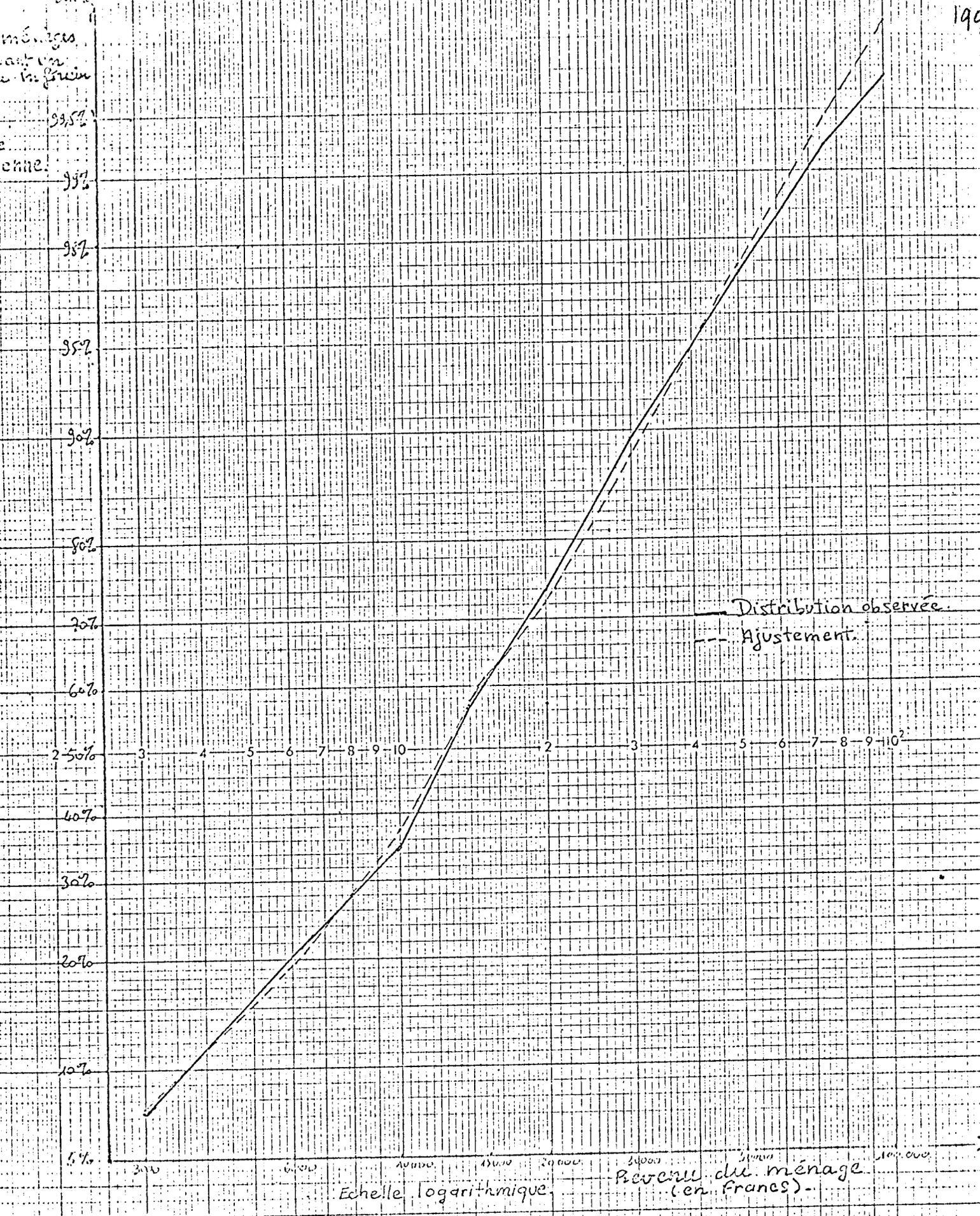
Revenu en francs 1967

	0 à 3 000	3 000 à 6 000	6 000 à 10 000	10 000 à 15 000	15 000 à 20 000	20 000 à 30 000	30 000 à 50 000	50 000 à 75 000	75 000 à 100 000	100 000 et plus	total
0	7,21	12,99	14,50	22,42	16,80	15,70	7,64	2,00	0,40	0,34	100,0
A	7,31	12,12	18,03	20,16	14,60	15,87	9,33	2,03	0,37	0,18	100,0

0 = Distribution observée A = Distribution ajustée

L'ajustement théorique est donc convenable, comme on le voit d'ailleurs très clairement sur le graphique en échelle gaussio-logarithmique ci-dessous :

(1) Etude DGRST menée en collaboration avec M. philippe L'HARDY, Administrateur à l'INSEE.



Graphique I. Répartition des ménages selon le revenu.

3/5/11

d.3) Lois d'Halphen

Pour l'utilisation du modèle METRECO, Nghiem et Béchetoille ont proposé l'emploi de lois d'Halphen pour représenter la distribution des revenus ⁽¹⁾ ; la densité de probabilité s'écrit :

$$D(r) = \frac{1}{2 \mu^\gamma K_\gamma(a)} \times e^{-\frac{a}{2} \left(\frac{r}{\mu} + \frac{\mu}{r} \right)} r^{\gamma-1}$$

où $K_\gamma(a)$ désigne la fonction de Bessel d'argument imaginaire de deuxième espèce d'ordre γ .

On obtient comme cas particulier la distribution de Pareto en faisant $a = 0$ et $\gamma < 0$.

En coordonnées doublement logarithmiques, les paramètres a et γ fixent la forme de la courbe et de son intégrale, le paramètre μ intervenant seulement comme un paramètre d'échelle.

La moyenne de cette loi est donnée par $m = \mu \frac{K_{\gamma+1}(a)}{K_\gamma(a)}$

Le paramètre γ est un indicateur de la concentration des hauts revenus ; dans les situations observées γ est toujours négatif. Plus γ est grand en valeur absolue moins les revenus sont étalés.

Quant au paramètre a il fixe approximativement le revenu au delà duquel la distribution cumulée peut se représenter par la loi de Pareto.

(1) NGHIEM PH.T. et B. BECHETOILLE, "Le Modèle METRECO", note interne de la Direction Scientifique de SEMA, janvier 1966.

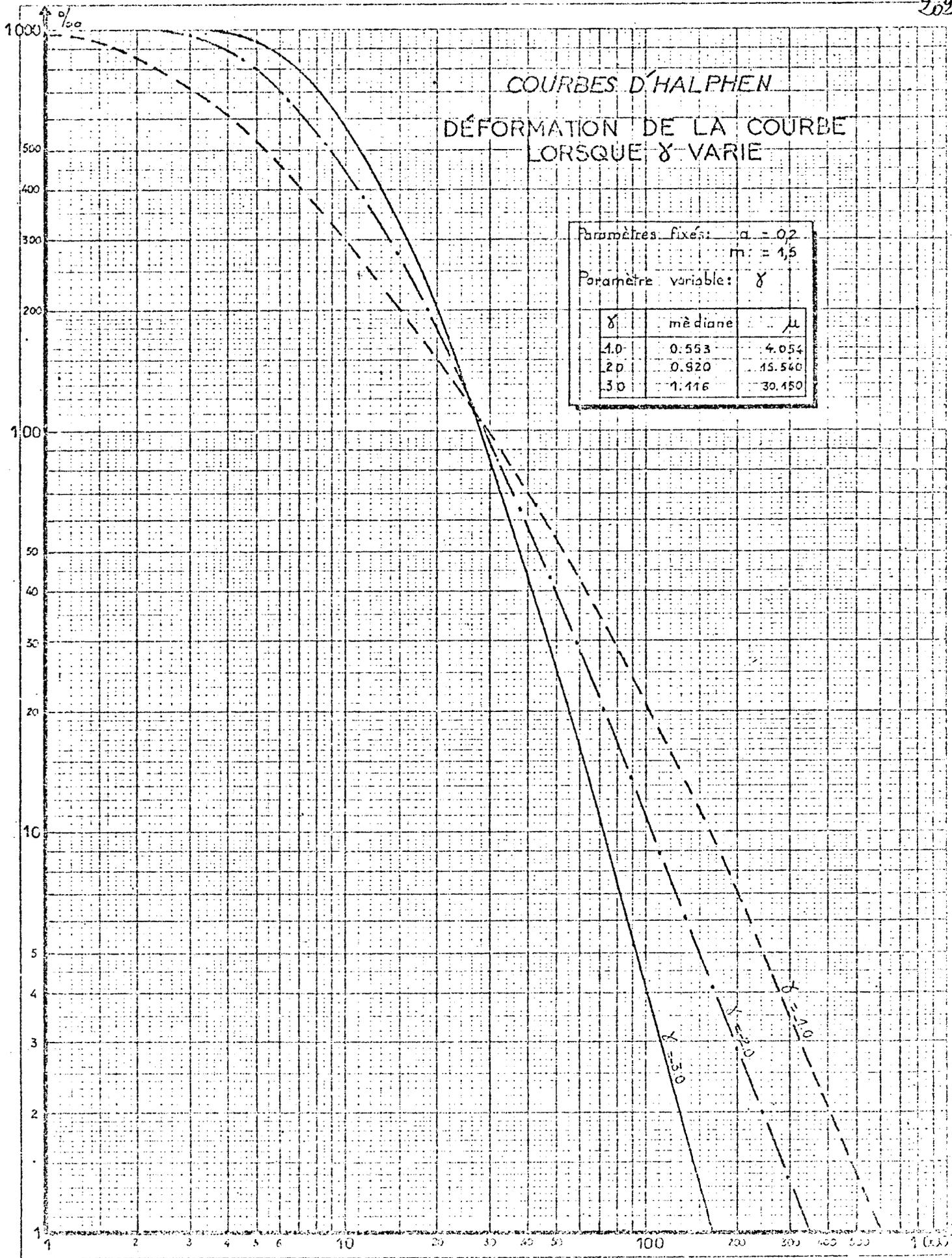
201

Les 3 graphiques ci-après illustrent les déformations des courbes d'Halphen en fonction des différents paramètres ; le quatrième graphique montre un ajustement sur les revenus français en 1962 : les deux distributions, théoriques et observées, sont très voisines avec une légère distorsion dans la zone des revenus élevés.

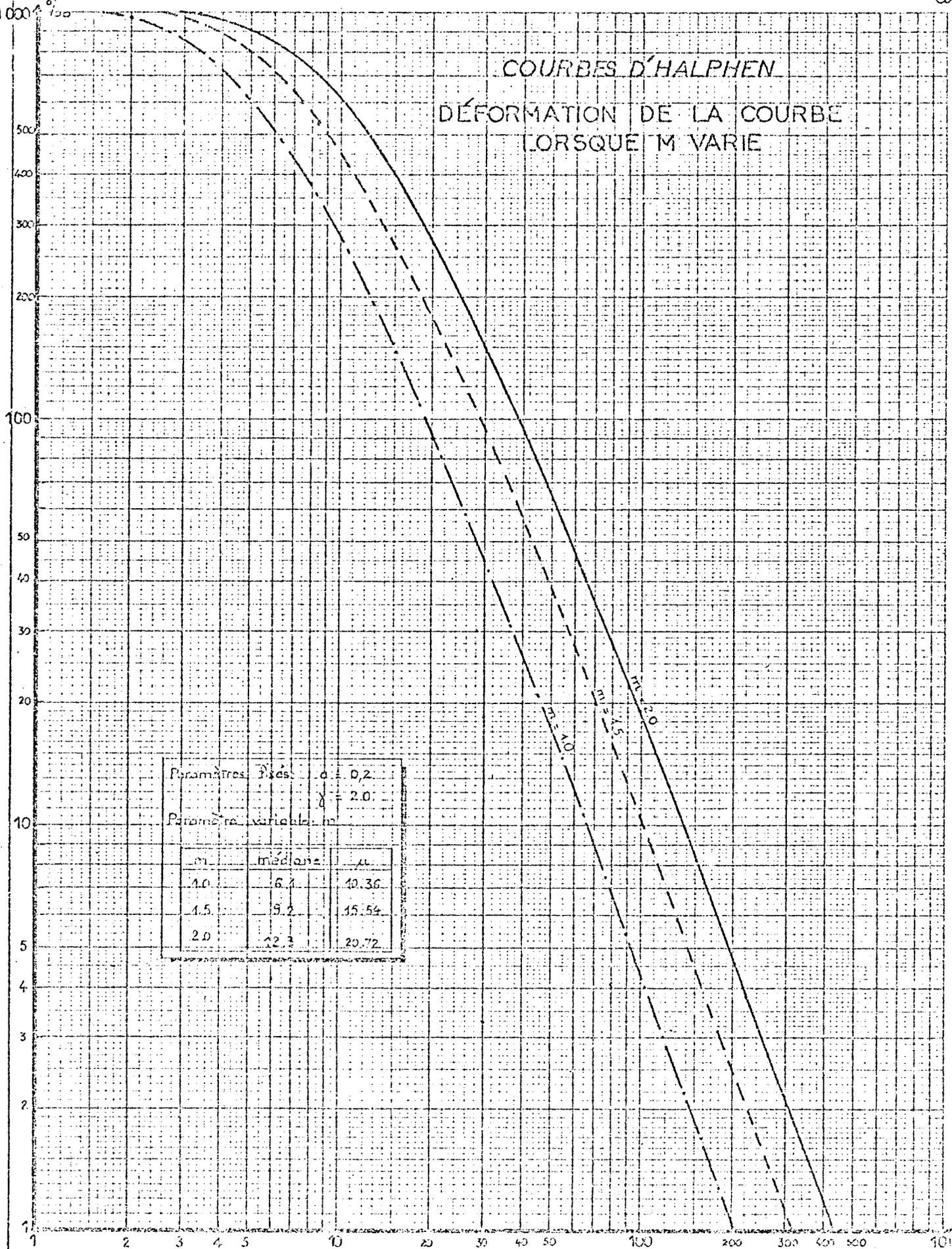
COURBES D'HALPHEN DÉFORMATION DE LA COURBE LORSQUE γ VARIE

Paramètres fixes: $a = 0,2$
 $m = 1,5$
 Paramètre variable: γ

γ	médiane	μ
1,0	0,553	4,054
2,0	0,920	15,540
3,0	1,116	30,150

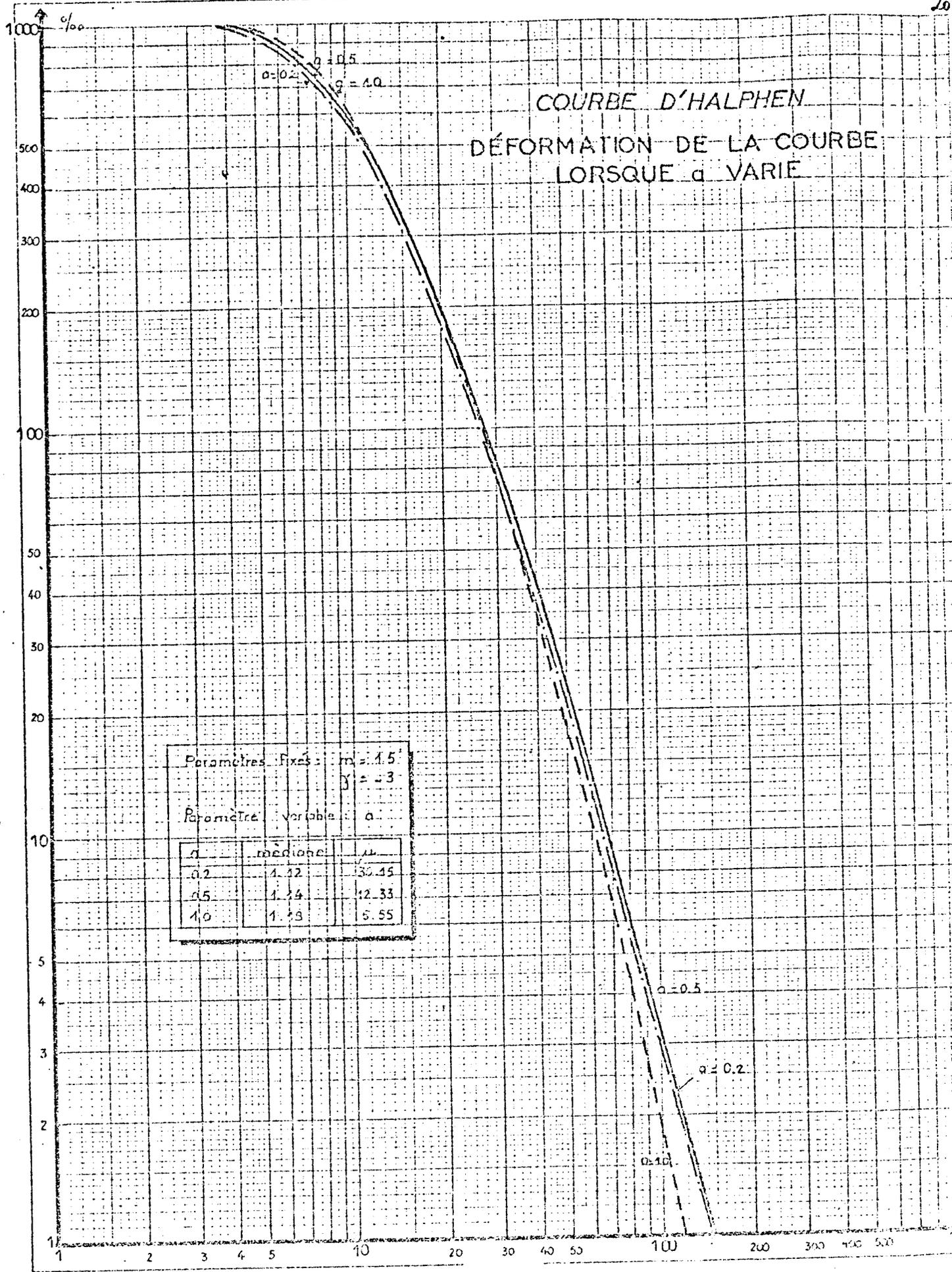


COURBES D'HALPHEN DÉFORMATION DE LA COURBE LORSQUE M VARIE



Paramètres fixes :		$\sigma = 0.2$
		$\gamma = 2.0$
Paramètre variable : m		
m	mediante	μ
1.0	6.1	10.36
1.5	15.2	15.54
2.0	22.3	20.72

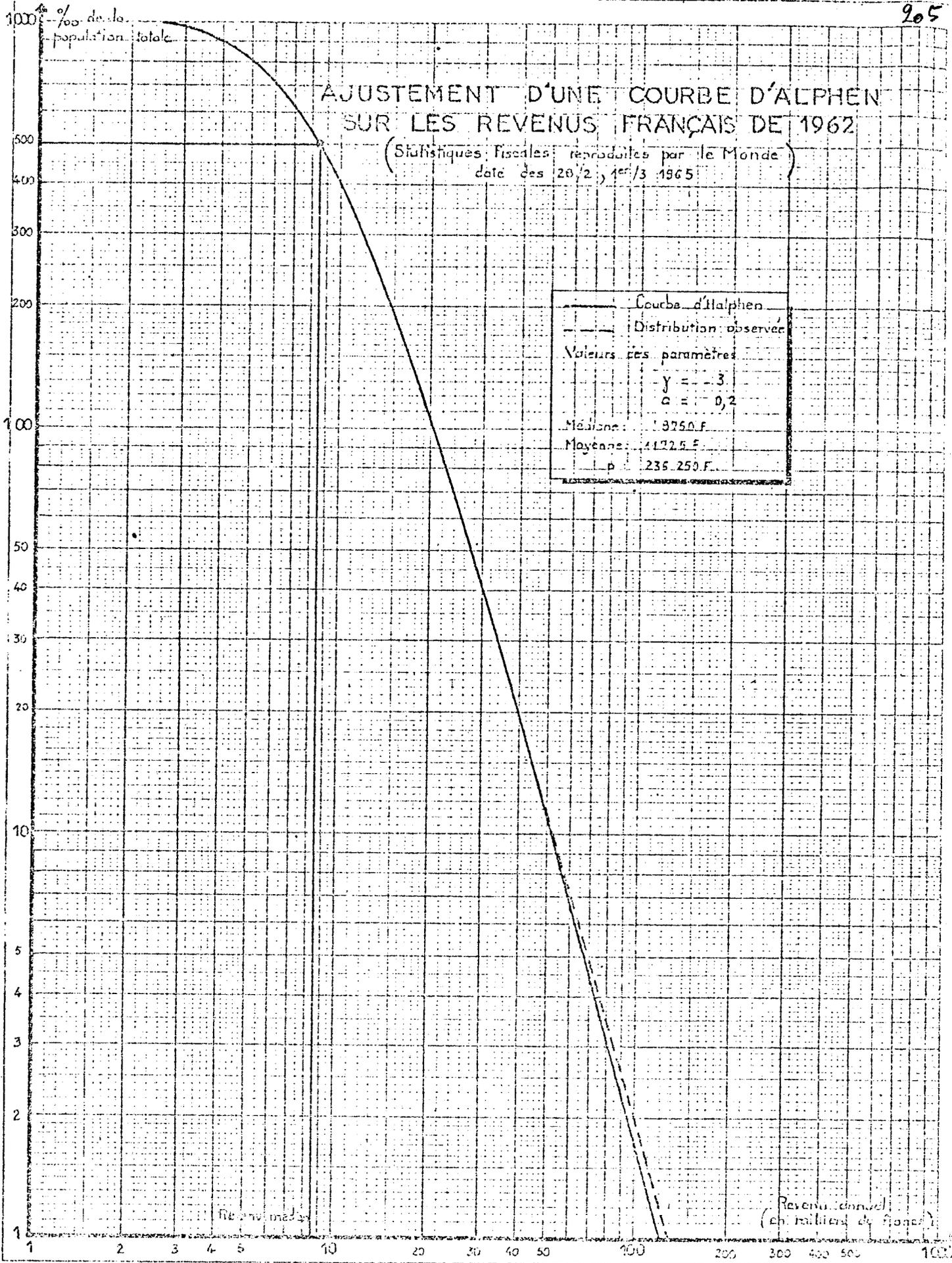
5/8"



Paramètres fixes : $m = 1.5$
 $\gamma = -3$

Paramètre variable : α

α	médiane	μ
0.2	1.12	30.45
0.5	1.24	42.33
1.0	1.43	55.55



5/8¹¹¹

e) Quelques remarques techniques sur la construction de modèles à partir d'enquêtes

e.1) Retour sur le problème des élasticités spatiales et temporelles

Nous avons vu plus haut que, dans l'étude citée de M. Vangrevelinghe, celui-ci avait observé que les élasticités spatiales de l'enquête budget de famille recoupaient les élasticités temporelles des séries de la Comptabilité Nationale, et que ceci avait permis d'utiliser les élasticités spatiales pour des prévisions. Mais cette circonstance ne se rencontre pas toujours, notamment lorsque les produits concernés sont relativement nouveaux, ou que leur développement est lié à des facteurs jouant un rôle important à côté du revenu.

L'idéal est donc de disposer de plusieurs enquêtes, faites à des époques différentes, et permettant ainsi de voir s'il y a une évolution des paramètres des modèles. Cet intérêt d'enquêtes répétées à intervalles réguliers, ou permanentes (comme des panels), s'est déjà traduit en France par un développement très important de telles enquêtes. Outre leur utilité pour la connaissance des comportements, des enquêtes permettent également de saisir les évolutions des parts des marques, des lieux d'achats, etc... Car en matière d'action commerciale, il est également fondamental de pouvoir observer des tendances au cours du temps.

Lorsque l'on ne dispose que d'une seule enquête, on peut cependant parvenir à introduire des paramètres variables lorsque l'on peut se raccorder, par exemple pour la consommation globale d'un produit, à une série chronologique : la déformation des paramètres est calculée de manière à être compatible avec les résultats de cette série chronologique. Nous en verrons un exemple ci-après concernant l'eau minérale en France.

207

e.2) Unités de consommation

Dans l'établissement des lois de demande, on cherche souvent à s'affranchir de l'influence de la taille de la famille : on raisonne donc souvent en quantité par tête. Mais cela n'est pas suffisant pour la consommation des produits alimentaires, ou de tous produits pour lesquels jouent des "économies d'échelle" : chauffage, transport... et l'on utilise souvent la notion "d'unité de consommation". Plusieurs échelles ont été proposées ; notons celles de l'INSEE pour l'exploitation de l'enquête budgets de famille de 1963 (cf. Etudes et Conjoncture n° 10 - octobre 1968) : le premier adulte du ménage a le coefficient 1, les autres adultes le coefficient 0,7, et les enfants le coefficient 0,5. Cette échelle est connue sous le nom "d'échelle d'Oxford" ; citons encore l'échelle de Wold et Jureen : homme adulte 1, femme adulte 1, enfants : variable selon l'âge à partir de 0,1.

e.3) Nomenclature par "fonctions"

Nous savons par la théorie économique que les quantités achetées d'un bien dépendent de l'ensemble des prix de tous les biens et par conséquent des quantités achetées des autres biens. Mais l'expérience montre que les liaisons sont plus ou moins proches et, en première approximation, on peut ignorer certaines d'entre elles, ce qui revient à constituer des sous-ensembles de biens relativement indépendants les uns des autres. On a été ainsi amené à constituer des nomenclatures par "fonctions" telles qu'au sein de chaque fonction des substitutions puissent s'opérer, mais que d'une fonction à l'autre il n'y en ait pratiquement pas. On verra de tels classements dans les tableaux que nous donnons à partir des exploitations des enquêtes INSEE. Signalons qu'une nomenclature intéressante de l'enquête 1963 concerne la plus ou moins grande "modernité" des produits, ce qui permet de mettre en évidence des tendances d'évolution (cf. Etudes et Conjonctures n° déjà cité d'octobre 1968).

208

e.4) Evaluation du niveau de vie

Le revenu - ou le niveau de vie - peut être apprécié dans une enquête de trois manières différentes :

- par saisie de certains biens d'équipement du foyer (automobile, biens durables, etc...) ; mais des études très poussées sur ce sujet montrent que l'on n'obtient pas de cette manière une évaluation précise du revenu ;
- par question directe aux interviewés, en les amenant à inventorier toutes les composantes de leur revenu, ou à se situer dans des tranches annuelles de revenu. De l'avis de nombreux spécialistes, cette méthode entraînerait une sous-estimation des revenus réels ;
- par sommation de l'ensemble des dépenses faites par le ménage, y compris les placements financiers, grâce à des relevés systématiques sur carnets d'achats comme l'on procède dans les "panels" ou dans les enquêtes de budgets de famille de l'INSEE. Cette méthode est plus précise ; on saisit ainsi les composantes "permanentes" et "transitoires" du revenu selon les idées maintenant largement admises de Friedmann.

En pratique, ce sont ces deux dernières méthodes qui sont appliquées.

e.5) Elasticités-quantité et élasticités-qualité

Les analyses que l'on peut faire sur les résultats d'une enquête sont d'une très grande richesse : dans la mesure où l'on dispose d'un nombre suffisant d'interview, on peut en effet mesurer le rôle d'une grande variété de facteurs explicatifs (catégories de population, catégories d'habitat, âge, modernité des produits, structure de la famille, etc.). On s'en convaincra en se reportant directement aux publications correspondantes. Parmi les résultats quelque peu nouveaux qui sont issus de ces enquêtes, nous voudrions dire quelques mots de "l'effet qualité", qui est caractéristique des économies développées.

On peut considérer que l'élasticité d'une dépense d'un produit par rapport au revenu est la somme d'une élasticité quantité et d'une élasticité qualité :

partant de la relation $C_i = P_i \varphi_i$

- C_i = consommation en francs du produit
- P_i = prix moyen du produit
- φ_i = quantité moyenne du produit

et si R est le revenu des ménages :

$$\frac{\Delta C_i}{C_i} : \frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta P_i}{P_i} : \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta \varphi_i}{\varphi_i} : \frac{\Delta R}{R}$$

ou $E = E_1 + E_2$

E est élasticité en valeur, considérée habituellement.

E_1 est l'élasticité qualité, mesurant l'élévation du prix moyen en fonction du revenu.

E_2 est l'élasticité quantité, exprimant l'évolution du volume en fonction du revenu.

L'élasticité qualité se détermine le plus souvent par différence entre E et E_2 dans la mesure où les enquêtes permettent de saisir directement les volumes consommés et par conséquent E_2 .

L'INSEE a déterminé des élasticités qualité pour un certain nombre de produits d'alimentation à partir de l'enquête de 1963 et le tableau ci-après en reproduit les résultats qui sont intéressants car ils indiquent des tendances d'avenir dans la mesure où il y a de plus en plus recherche de produits de qualité par les consommateurs.

Décomposition de l'élasticité
en élasticité quantité et élasticité qualité

(Population non agricole, y compris autoconsommation)

source INSEE

(Etudes et Conjonctures, n° 10, octobre 1968)

Produits	Type de loi	Élasticité valeur	Élasticité quantité	Élasticité qualité
Pain.....	SL	— 0,07	— 0,18	0,11
Pommes de terre.....	SL	— 0,02	— 0,12	0,10
Agrumes et bananes.....	SL	0,63	0,57	0,06
Autres fruits frais.....	SL	0,70	0,49	0,21
Viandes de boucherie.....	SL	0,57	0,40	0,17
Viandes de bœuf.....	SL	0,46	0,28	0,18
Viandes de veau.....	SL	0,56	0,44	0,12
Viandes de mouton.....	SL	1,35	1,13	0,22
Viandes de cheval.....	SL	0,62	0,57	0,05
Porcs frais, salés, séchés, fumés.....	SL	0,29	0,19	0,10
Volaille.....	SL	0,55	0,44	0,11
Lapin, gibier.....	SL	0,10	0,01	0,09
Œufs.....	SL	0,23	0,12	0,11
Laits frais.....	SL	— 0,13	— 0,19	0,06
Beurre.....	SL	0,23	0,20	0,03
Huile.....	SL	0,06	0,04	0,02
Margarine et autres graissés végétales.....	SL	— 0,19	— 0,18	— 0,01
Vins.....	LL	0,60	0,38	0,22
Vins courants.....	LL	0,30	0,29	0,01
Vins QS ₂ et AOC.....	LL	1,53	1,39	0,20

51.2 - Analyse à partir des chroniques

Les chroniques présentent des avantages et des inconvénients en quelque sorte symétriques de ceux des coupes instantanées : l'avantage principal est de prendre en compte globalement toutes les variables ayant de l'influence et de mettre en évidence la "dynamique" des évolutions ; en revanche, les séries sont souvent trop courtes pour que l'on puisse mesurer l'effet de nombreuses variables explicatives (on se contente généralement de 2 ou 3) et d'autre part, de fréquentes colinéarités empêchent souvent d'identifier avec précision le rôle de ces variables. Certes, comme on l'a déjà vu au chapitre IV, on peut s'en affranchir (au moins en partie) en travaillant sur des modèles en accroissements, il n'en reste pas moins que l'analyse des séries chronologiques est beaucoup moins riche, en ce qui concerne l'étude des facteurs explicatifs, que celle des enquêtes en coupe instantanée. Dans la plupart des cas, les modèles seront du type :

$$C = aR + b p + c t + d + u$$

où C représente une consommation, p un prix, t le temps, d une constante, u un aléa.

Il s'agit là des fonctions de consommation classiques privilégiant le revenu et le prix ; nous avons vu dans le chapitre I que si elles convenaient effectivement bien pour de nombreux produits (sous cette forme, ou en faisant intervenir les logarithmes des grandeurs), on avait été amené à compliquer le modèle pour tenir compte - soit de rigidités dans les habitudes (hypothèses de revenu permanent de Friedman par exemple) - soit de changements dans les habitudes (produits nouveaux ou transformés nécessitant l'analyse psychosociologique des comportements du consommateur).

On sait que la formulation des modèles faisant intervenir le revenu permanent conduit à des élasticités de consommation différentes selon qu'il s'agit du court ou du long terme, et il semble bien que ce résultat soit conforme aux observations.

Dans les cas où l'information statistique est suffisamment abondante, on peut faire intervenir des variables "marketing" : ainsi pour les cigarettes, dont les ventes sont connues mois par mois depuis fort longtemps (plus de soixante-dix ans en France) peut-on ajuster des modèles du type $C = f(R, p, t)$; la qualité des ajustements permet de faire intervenir également une variable comme l'intensité d'une campagne de publicité (en francs dépensés, par exemple) : sur une marque comme "Royales", les effets de la publicité ont pu être mis en évidence sur une série de ventes épurée des effets des autres variables explicatives.

51.3 - Quelques résultats pour la France

a) Chroniques de consommation

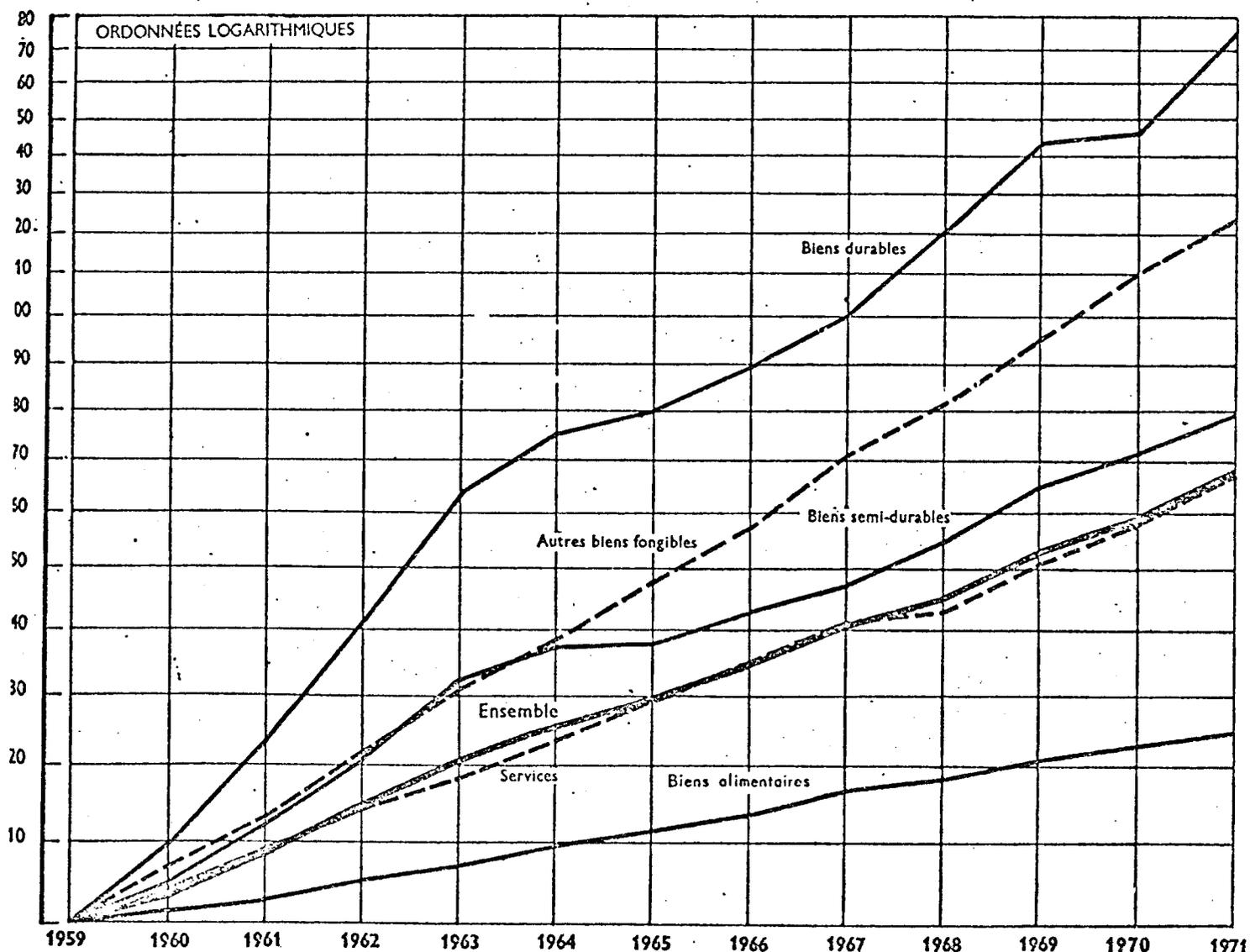
Les chiffres qui suivent ont été publiés dans le Rapport sur les Comptes de la Nation pour 1971. Nous donnons d'abord un tableau retraçant l'évolution de la consommation finale des différents agents économiques de 1959 à 1971 ; on constatera la part largement prépondérante des ménages dans la consommation finale totale.

Consommation finale des différents agents économiques

	1959		1967		1968		1969		1970		1971	
	Millions de F	%										
<i>Ménages</i>	165,112	93,2	336,561	93,8	367,044	94,1	417,579	94,2	458,155	94,1	512,444	94,2
<i>Administrations (1) :</i>												
Consommation brute.....	13,968	7,9	26,380	7,4	27,763	7,1	30,856	7,0	33,956	7,0	36,971	6,8
Ventes.....	- 2,800	- 1,6	- 6,395	- 1,8	- 6,949	- 1,8	- 7,811	- 1,8	- 8,630	- 1,8	- 9,389	- 1,7
Consommation.....	11,168	6,3	19,985	5,6	20,814	5,3	23,045	5,2	25,326	5,2	27,582	5,1
<i>Institutions financières :</i>												
Consommation brute.....	1,716	1,0	4,306	1,2	4,794	1,2	5,506	1,2	6,355	1,3	7,255	1,3
Ventes.....	- 926	- 0,5	- 1,970	- 0,6	- 2,293	- 0,6	- 2,900	- 0,6	- 2,943	- 0,6	- 3,250	- 0,6
Consommation.....	790	0,5	2,336	0,6	2,501	0,6	2,606	0,6	3,412	0,7	4,005	0,7
TOTAL	177,070	100,0	358,882	100,0	390,359	100,0	443,230	100,0	486,893	100,0	544,031	100,0

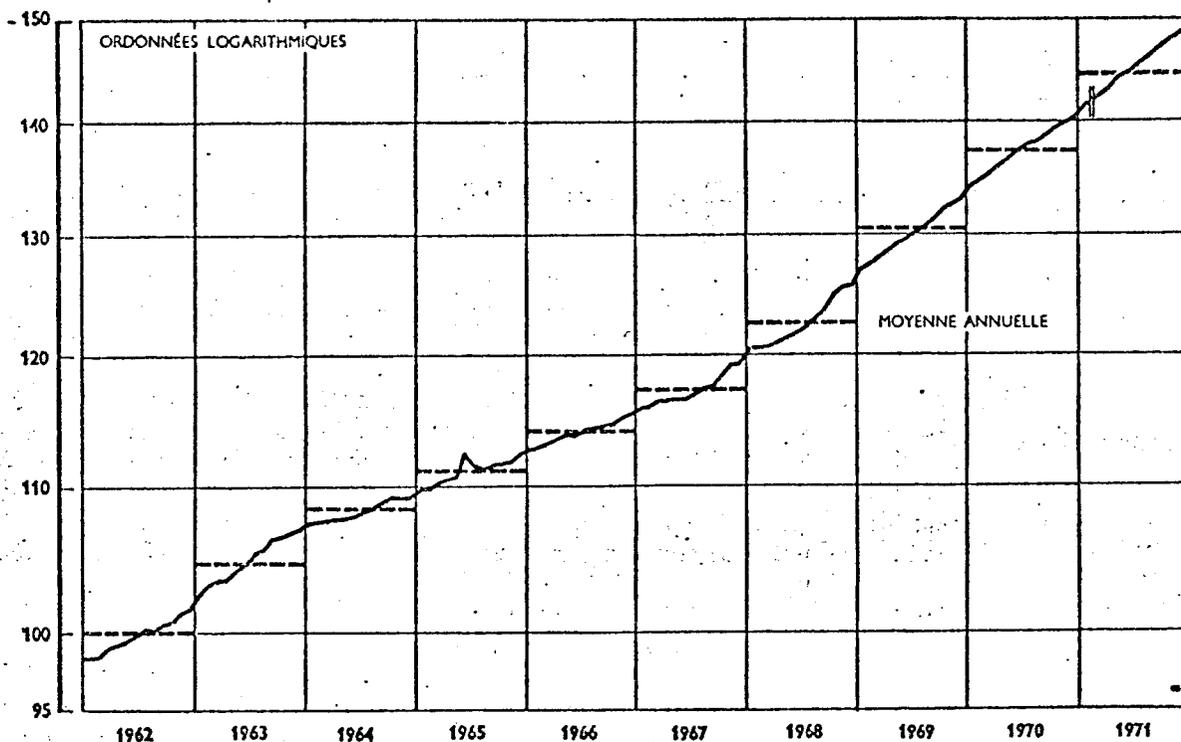
On verra ensuite, sur le graphique ci-après, l'évolution de la consommation annuelle par habitant sur la même période, globalement et par grande fonction. Ce graphique illustre l'importance du développement de la consommation des biens autres qu'alimentaires et des services.

Évolution de la consommation annuelle par habitant, base 100 en 1959



Enfin, on trouvera deux graphiques relatifs à l'évolution des prix de détail : l'indice d'ensemble et des indices partiels.

Evolution des prix de détail base 100 en 1962

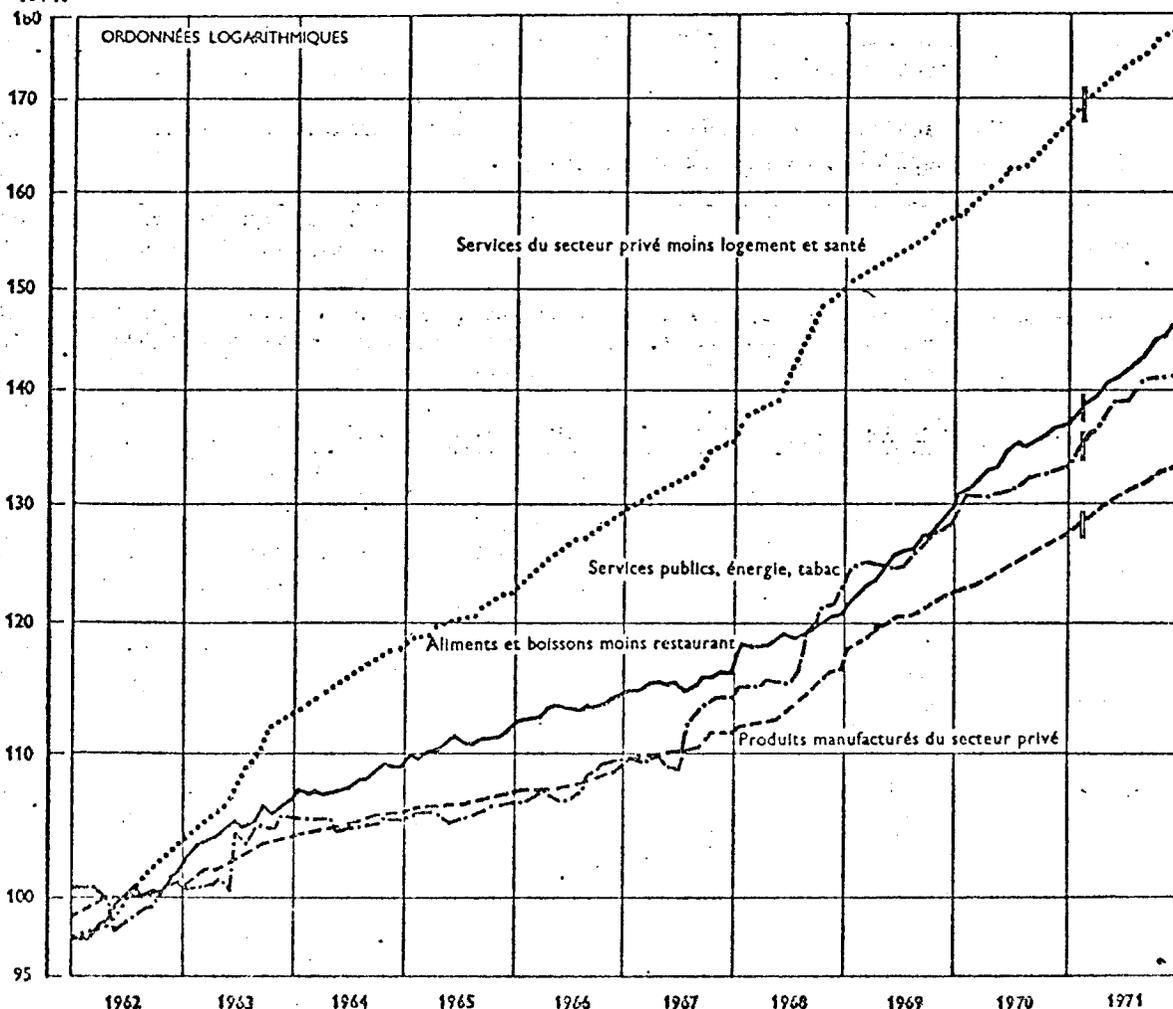


— De 1962 à février 1971 : indice des 259 articles.

— A partir de février 1971 : indice mensuel des prix à la consommation (295 postes).

Le raccordement des séries mensuelles est effectué à l'aide du coefficient 79 calculé sur la base du mois de février 1971.

Evolution des prix de détail : indices partiels, base 100 en 1962



b) Elasticités de la consommation par rapport au revenu et aux prix relatifs

Ces informations sont empruntées à l'étude déjà citée de M. G. Vangrevelinghe publiée dans *Economie et Statistique*, n°6, novembre 1969. Nous donnons successivement le tableau par grandes fonctions et les tableaux détaillés, on constatera :

- que les élasticités de court terme et de long terme sont parfois très différentes ;
- que les élasticités au revenu des produits alimentaires ne sont que très rarement supérieures à 1 ; il s'agit dans ce cas de produits soit luxueux, soit relativement "modernes" tels que pâtisserie, viande, conserves, apéritifs, eaux minérales, jus de fruits ;
- que les élasticités au revenu sont en revanche fréquemment supérieures à 1 pour les matériels liés au logement, les dépenses d'hygiène et santé, les transports, la culture et les loisirs.

Élasticités de la consommation par rapport au revenu et au prix relatif

(calculées au point moyen de la période 1949-1965)

	Élasticité-revenu		Élasticité-prix relatif	
	courte période	longue période	courte période	longue période
Alimentation.	0,2	0,4	- 0,4	-
Habillement.	1,8	0,95	- 0,45	- 0,2
Habitation.	0,8	1,2	- 0,3	- 0,3
Hygiène et Santé ...	0,4	2,8	- 0,35	-
Transports et télé-communications ..	1,3	1,6	- 1,0	- 1,3
Culture, loisirs, distractions.	1,2	1,5	- 0,3	- 0,4
Hôtels, cafés, restaurants, divers.	0,9	1,1	- 0,9	- 1,1

Les valeurs des élasticités indiquées pour chacun des postes de la consommation sont celles qui ressortent du modèle qui correspond à la meilleure adéquation aux données de l'observation.

On trouvera dans le tableau 2 ci-après les valeurs des élasticités revenus et prix relatifs correspondant à chacun des postes détaillés de la consommation qui ont pu être retenus dans l'analyse.

Ces valeurs ont été établies à partir des anciennes évaluations des Comptes de la Nation (dites « en base 1959 »). Un prochain volume de la série « Ménages » des Collections de l'I.N.S.E.E. donnera la spécification complète des modèles et les valeurs des paramètres estimés dans les évaluations actuelles de la Comptabilité nationale (dites « en base 1962 »).

TABLEAU 2. *Élasticités de la consommation par rapport au revenu et au prix relatif*
 mises en évidence sur les séries longues de consommation des ménages 1949-1965,
 calculées au point moyen de la série

Intitulé du produit	Élasticités/Revenus		Élasticités/Prix relatif	
	Courte période	Longue période	Courte période	Longue période
Pain.....	-0,2	-0,5	-0,10	
Biscottes, biscuits, pain d'épices.....	0,7	0,9	-0,10	
Pâtisserie.....	1,3	1,7	-0,8	-1,3
Pâtes alimentaires.....	0,06	0,1	-0,3	-0,5
Farines, riz, semoules, entremets, desserts instantanés.....	0,5	1,4		
<i>Produits à base de céréales.....</i>	<i>0,2</i>	<i>0,2</i>	<i>-0,4</i>	<i>-0,1</i>
Pommes de terre.....	-0,1	-0,2	-0,1	-0,15
Légumes frais et secs.....	ε	ε	-0,1	ε
Conserves de légumes.....	0,8	2,3-2,8		
<i>Légumes.....</i>	<i>0,1</i>	<i>0,1</i>		
Agrumes, bananes, fruits frais, et secs.....	0,6	0,7	-0,6	-0,6
Conserves de fruits et confitures.....	0,6	1,9		
<i>Fruits.....</i>	<i>0,6</i>	<i>0,7</i>	<i>-0,7</i>	<i>-0,7</i>
Bœuf.....	0,9-1,0	1,1	-0,7	-0,7
Veau.....	1,0	1,1	-0,8	-0,8
Mouton-agneau.....	0,2 (?)	0,2	-0,4	-0,1
Cheval.....	-0,1 (?)	-0,1 (?)	-0,2	-0,1
<i>Viandes de boucherie.....</i>	<i>1,0</i>	<i>1,1</i>	<i>-0,9</i>	<i>-1,0 (?)</i>
Porc frais.....	0,1	0,04 (?)	-0,3	-0,2
Jambon.....	0,7	0,7	-0,6	
Charcuterie, plats cuisinés, triperie, conserves de viande.....	0,5	0,8	-1,2	-1,4
Volailles, lapins, gibiers.....	0,1	0,2	-0,2	-0,5
Œufs.....		0,30 (?)	-0,2	-0,4
Poissons, crustacés, coquillages.....	0,20	0,66	-0,7	-0,4
Conserves de poissons.....	0,1	0,1	-0,7	-0,2
<i>Viandes, volailles, œufs, poissons.....</i>	<i>0,3</i>	<i>0,5</i>	<i>-0,6</i>	<i>-1,0</i>
Lait concentré et en poudre.....	1,0	1,0	-0,9	-0,9
Lait frais.....	0,03	0,03	-0,2	-0,2
Crème fraîche.....	0,1	0,1	-0,6	-0,1
Fromages.....	0,7	0,7	-0,2	-0,2
<i>Lait et fromages.....</i>	<i>0,4</i>	<i>0,4</i>	<i>-0,3</i>	<i>-0,3</i>
Beurre.....	0,2	0,25	-0,1	(résultat d'un panel)
Huiles alimentaires.....	0,2	0,3	-0,3	
Margarine et autres graisses végétales.....	0,1	0,3	-0,3	
<i>Corps gras.....</i>	<i>0,2</i>	<i>0,3</i>		
Sucre.....	ε	ε	-0,5	-0,6
Chocolat, confiserie, crèmes glacées.....	0,7	0,7	-1,0	-1,0
Produits divers d'épicerie.....	0,6	0,6	-0,6	
<i>Produits d'alimentation divers.....</i>	<i>0,6</i>	<i>0,6</i>		
Vins.....	0,2	0,5	-0,1	
Apéritifs, vermouths.....	0,5	1,4-1,5	-0,9	
Eaux-de-vie, liqueurs.....	0,5	0,5	-1,6	
Bière.....	0,2	0,7		
Cidre.....	-0,5	-1,6		
<i>Boissons alcoolisées.....</i>	<i>0,2</i>	<i>0,2 (?)</i>	<i>-0,3</i>	<i>-0,3</i>
Eaux minérales, jus de fruits, boissons gazeuses, sirops.....	2,4	1,9	-1,3	-1,0
Café, thé, chicorée, infusions.....	0,6	0,6	-0,10	
<i>Boissons non alcoolisées.....</i>	<i>0,6</i>	<i>0,9</i>		
<i>Boissons.....</i>	<i>0,2</i>	<i>0,2</i>	<i>-0,3</i>	<i>-0,4</i>

TABLEAU 2. *Élasticités de la consommation par rapport au revenu et au prix relatif*
 mises en évidence sur les séries longues de consommation des ménages 1949-1965,
 calculées au point moyen de la série (suite)

Intitulé du produit	Élasticités/Revenus		Élasticités/Prix relatif	
	Courte période	Longue période	Courte période	Longue période
ALIMENTATION	0,2	0,4		
Vêtements.....	1,9 (?)	1,0	-0,4	-0,2
<i>dont</i> : blanchisserie, teinturerie.....	0,13	0,06	-0,6	-0,3
Chaussures.....	1,6 (?)	0,8	-0,5	
<i>dont</i> : réparations.....	0,06	0,1	-0,2	-0,5
HABILLEMENT	1,8	0,95	-0,45	-0,2
Réparations locatives. Petit entretien du logement.....	0,7 (?)	4,0 (?)	-0,25	-1,5
Matériel ménager.....	1,7	2,5	-0,4	
Meubles, literie, accessoires.....	1,6 (?)	1,5		
Textiles pour l'habitation.....	1,7	0,6	-0,3	
Articles de ménage.....	1,0-1,2	1,3	-0,2	-0,2
Quincaillerie, petit matériel électrique.....	0,7	1,2	-0,5	
<i>Équipement du logement</i>	2,0 (?)	1,3		
Produits d'entretien.....	0,5	0,5	-0,4	
HABITATION	0,8	1,2	-0,3	-0,3
<i>Hygiène et soins personnels</i>	1,1	1,4	-0,3	-0,45
<i>dont</i> : Parfumerie.....	0,9	1,65	-0,2	-0,35
Frais de propreté et d'esthétique.....	1,0	0,8	-0,8	-0,6
HYGIÈNE ET SANTÉ	0,4	2,8	-0,35	-2,5 (?)
Achats d'automobiles et caravanes.....	4,0	3,0	-1,0	-0,75
Carburants.....	1,6 (?)	2,2	-0,4	-0,6
Lubrifiants.....	0,3	1,6		
Pneus.....	0,6	2,3	-0,16	-0,6
Entretien, locations de garages, accus, péages.....	0,5	1,4-1,5		
S.N.C.F., R.A.T.P., autres transports collectifs, taxis.....	0,3	0,5	-0,5	
Location de voitures sans chauffeur.....	0,6	1,85	-0,7	
Transports maritimes et aériens.....	0,4 (?)	0,7	-0,8	-0,5
<i>Transports collectifs</i>	0,3	0,6	-0,7	-1,4 (?)
Postes et télécommunications.....	1,4	1,4	-0,05	-0,05
TRANSPORTS	1,3	1,6	-1,0	-1,3
Radio-TV, électrophones.....	3,8	3,0	-1,6 (?)	-1,3 (?)
Réparations.....	2,3 (?)	1,9	-0,7	-0,6
Photo, cinéma, optique non médicale.....	2,3	3,4	-0,2	-0,3
Sports, jouets, fournitures diverses.....	1,5	1,6	-0,5	-0,5
Cinéma et autres spectacles.....	-0,2 (?)	-0,2 (?)	-1,25	-1,1
Livre, gravures.....	1,3	2,5	-0,4-0,6	
Revue, journaux.....	0,4	0,6	-0,3	-0,5
Tabacs et allumettes.....	0,4-0,6	0,4-0,6	-0,3	-0,3
CULTURE ET LOISIRS	1,2	1,5	-0,3	-0,4
Hôtels, cafés, restaurants, cantines.....	0,9	1,2	-0,6	-0,9
Biens divers (horlogerie, maroquinerie, bijouterie...) Services divers.....	1,6 (?)	0,8	-0,7	-0,3 (?)
	0,7	0,7	-0,3	-0,3
HOTELS, CAFÉS, RESTAURANTS, DIVERS	0,9	1,1	-0,9	-1,1

c) Evolution de la consommation des ménages

Les observations faites à propos des élasticités au revenu laissent prévoir des bouleversements à terme dans les parts relatives des diverses catégories de dépenses des ménages ; on le constatera en effet dans le tableau qui donne l'évolution de la structure de la consommation de 1950 à 1985 (coefficients budgétaires en volume) :

Evolution de la consommation des ménages de 1950 à 1985
(coefficients budgétaires en volume)

Prix de 1963

Nomenclature des fonctions	1950 ^e	1960	1965	1970 P	1985 P
1 Alimentation.....	42,8	36,6	32,3	29,1	19,4
2 Habillement	10,8	11,1	11,3	11,0	8,7
21 Vêtements.....	8,7	9,2	9,5		7,5
22 Chaussures.....	2,1	1,9	1,8		1,2
3 Habitation.....	16,8	18,0	19,0	19,8	20,7
31 Logement.....	8,0	7,4	7,4	(7,6)	8,1
32 Équipement du logement.....	4,1	6,1	6,8		7,8
33 Énergie.....	3,9	3,6	3,9		3,8
34 Produits d'entretien.....	0,8	0,9	0,9		1,0
4 Hygiène et santé.....	6,5	8,8	10,2	11,6	18,2
41 Hygiène et soins personnels.....	0,9	1,5	1,9		4,7
42 Consommation médicale.....	5,6	7,3	8,3		13,5
5 Transports et télécommunications.....	6,3	8,1	9,6	10,3	12,8
51 Transports individuels.....	3,4	5,6	7,3		11,0
52 Transports collectifs.....	2,5	2,1	1,8		1,3
53 Télécommunications.....	0,4	0,4	0,5		0,5
6 Culture, loisirs, distractions.....	7,0	8,0	8,5	9,2	11,4
61 Électronique domestique.....	0,3	0,8	1,3		1,9
62 Photos, cinéma, optique.....	0,1	0,2	0,2		0,4
63 Sports, jouets, divers.....	1,2	2,2	2,8		5,7
64 Spectacles.....	1,2	1,0	0,8		0,6
65 Livres, revues, journaux.....	1,8	1,7	1,5		1,5
66 Tabacs, allumettes.....	2,4	2,1	1,9		1,3
7 Hôtels, restaurants, cafés, divers.....	9,8	9,4	9,1	9,0	8,8
71 Hôtels, cafés, restaurants, cantines.....	6,9	6,6	6,2		5,8
72 Enseignement.....	0,8	0,7	0,7		0,6
73 Biens divers.....	1,3	1,3	1,4		1,7
74 Services divers.....	0,8	0,8	0,8		0,7
Ensemble	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

e : Évolution provisoire : 1950 était antérieurement estimée selon les conventions de « l'ancienne base » (1959).

p : Prévion.

Le tableau suivant montre l'évolution de la consommation (volume global et taux de croissance par tête).

On constatera que les rythmes d'évolution prévus pour la période 1965 - 1985 sont souvent très différents de ceux des 15 années précédentes 1950 - 1965.

Unité : milliers de F 1965

Evolution du volume de la consommation des ménages de 1965 à 1985

Nomenclature des fonctions	1965	1985	Indice 1985/1965	Taux annuel par tête	Taux annuel par tête des 15 années précédentes 1950/1965
1 Alimentation.....	92 120	146 122	158,6	1,45	1,9
2 Habillement.....	32 295	65 823	204	2,7	4,15
21 Vêtements.....	27 404	56 726	207	2,8	4,5
22 Chaussures.....	4 891	9 097	186	2,25	2,55
3 Habitation.....	55 391	160 022	289	4,55	4,7
31 Logement.....	23 300	68 036	292	4,6	3,25
32 Équipement du logement.....	18 994	57 551	303	4,8	7,5
33 Énergie.....	10 626	27 096	255	3,9	3,95
34 Produits d'entretien.....	2 471	7 339	297	4,7	4,2
4 Hygiène et santé.....	30 114	141 192	469	7,1	7,05
41 Hygiène et soins personnels.....	5 387	35 608	661	9,0	8,85
42 Consommation médicale.....	24 727	105 584	427	6,6	6,75
5 Transports et télécommunications.....	27 018	94 530	350	5,9	6,95
51 Transports individuels.....	20 324	80 682	397	6,25	9,35
52 Transports collectifs.....	5 246	9 547	182	2,15	1,80
53 Télécommunications.....	1 448	4 301	297	4,7	5,65
6 Culture, loisirs, distractions.....	24 026	85 360	355	5,65	5,3
61 Électronique domestique.....	3 372	13 184	391	6,15	15,1
62 Photos, cinéma, optique.....	665	2 800	421	6,5	7,9
63 Sports, jouets, divers.....	7 917	42 752	540	7,9	10,1
64 Spectacles.....	2 410	5 013	208	2,8	1,45
65 Livres, revues, journaux.....	4 469	11 485	257	3,9	2,6
66 Tabacs, allumettes.....	5 193	10 126	195	2,5	2,2
7 Hôtels, cafés, restaurants, divers.....	27 115	69 741	257	3,95	3,35
71 Hôtels, cafés, restaurants, cantines.....	18 825	46 503	247	3,5	3,1
72 Enseignement.....	1 890	4 385	232	2,4	2,5
73 Biens divers.....	4 141	12 879	311	4,95	4,7
74 Services divers.....	2 289	5 974	261	3,95	3,6
Ensemble	238 109	762 750	265	4,1	3,9

. Les calculs ont été effectués en "nouvelle base" (1962).

5.2 - Quelques exemples d'applications

52.1 - Développement à long terme du marché de l'eau minérale

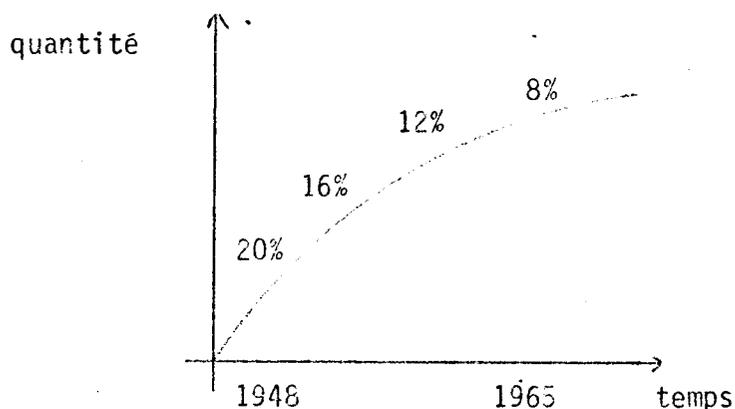
Le problème posé était d'établir des prévisions du marché à long terme (10 ans) pour une société qui en détenait une part importante, et d'apprécier les possibilités de vente de cette société. Les résultats devaient servir de base aux décisions d'investissement et à l'orientation de la politique commerciale.

L'étude a comporté deux volets :

- l'évolution probable de la demande globale ;
- les possibilités des différentes marques.

a) L'évolution de la demande globale

La demande d'eaux minérales, avant la dernière guerre, était relativement faible et liée surtout au caractère plus ou moins médical de leur emploi. L'essor date de l'immédiat après-guerre et se révèle très brillant. L'examen de la courbe des ventes globales sur le marché français montre un développement très rapide (taux de l'ordre de 20% par an) vers les années 1948, avec une tendance au ralentissement, mais avec des taux de progression restant encore importants (de l'ordre de 8% par an) vers 1965.



22

Si l'on pousse l'analyse, on constate que les eaux gazeuses ne progressent plus que très lentement, alors que les eaux plates continuent de se développer. Une étude des conditions d'emploi amène d'ailleurs à distinguer ces deux sortes d'eaux, qui ne se font pratiquement pas concurrence, et dont les évolutions à long terme semblent très différentes. Nous ne parlerons plus désormais que des seules eaux plates.

Si l'on reliait la consommation totale d'eaux plates au revenu des ménages tout au long de cette période (1948 - 1962), on aurait l'impression que l'élasticité au revenu ne cesse de décroître (à partir de valeurs très élevées dans les années 1950).

En fait, une analyse en coupe instantanée (courbe d'Engel) sur les données disponibles (enquête budget de familles de 1956) montre l'importance du revenu au moment de l'enquête et rend peu plausible une telle interprétation pour la période en cause. C'est là qu'une étude des motivations a permis d'analyser la situation en profondeur et de déceler les nouvelles tendances. En fait, on se trouvait avec l'eau plate en face d'un produit considéré comme nouveau par le public, ou plus précisément d'un produit dont les modes de consommation correspondent à des habitudes nouvelles, autrefois consommée uniquement en raison de son caractère médical, l'eau minérale plate connaît aujourd'hui plusieurs emplois bien spécifiques :

- eau du nourrisson, pour le coupage des biberons à la place de l'eau bouillie ;
- eau substitut de "l'eau du robinet" dans les nombreuses localités où celles-ci a mauvais goût ou fait défaut (étés secs

- eau "para-médicale" pour les adultes soucieux de leur santé, femmes préoccupées de leur ligne, messieurs trop sollicités par les repas d'affaires...
- eau à caractère médical, enfin, sur prescription d'un médecin ou accompagnatrice d'une cure dans une station.

Les trois premiers emplois, qui couvrent d'ailleurs l'essentiel des quantités consommées, correspondent à un marché qui a en tout les caractères d'un marché nouveau. A voir l'énumération des principaux emplois, on soupçonne bien entendu qu'il doit y avoir un effet "revenu" très notable, mais aussi un effet de "diffusion" développé par la mode nouvelle de toutes ces applications.

L'analyse faite amène à retenir comme facteurs explicatifs globaux :

- la population
- le revenu des ménages
- un effet de diffusion, sous forme de tendance.

Il n'était pas possible à l'époque de l'étude (1962) de mettre en évidence un effet "prix" ; ce dernier avait relativement peu évolué, et en fait baissé en francs constants, mais on sait que ce phénomène n'est perçu qu'indirectement par les consommateurs qui l'intègrent progressivement dans leurs habitudes.

Le modèle classique auquel on aboutit s'écrit :

$$C_t = N(t) \times R_t^\alpha \times f(t)$$

$N(t)$ = nombre des ménages

R_t = revenu moyen des ménages

$f(t)$ = terme traduisant l'effet de diffusion, sous forme d'une exponentielle négative.

223

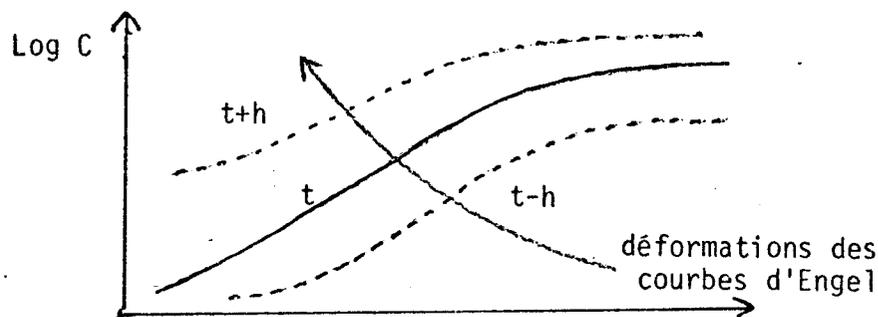
Ce modèle donnait une bonne représentation de l'évolution passée ; cependant on se demandait dans quelle mesure il était utilisable pour établir des projections, en particulier s'il fallait envisager un effet de ralentissement important pouvant conduire à une saturation.

Pour répondre à cette question, il faut procéder à une étude fouillée, d'une part en considérant les possibilités d'achat de tous les consommateurs en fonction de leurs revenus futurs, d'autre part en examinant en quelque sorte les "emplois" de l'eau minérale dans les 4 catégories dégagées précédemment par l'analyse qualitative.

Pour l'étude de l'effet "revenu", on a examiné la courbe d'Engel relative aux résultats "eaux minérales et jus de fruit" de l'enquête budget de familles 1956 ; on a admis que la forme de cette courbe convenait également pour les seules dépenses d'eaux minérales plates. C'est à cette occasion que la SEMA a élaboré le modèle METRECO présenté ci-dessus.

L'association d'une courbe d'Engel et d'une courbe de distribution des revenus permet de calculer la consommation d'eaux minérales des différentes tranches de revenus examinées.

On a d'abord cherché à reconstituer la série des consommations passées (connue directement par les livraisons des différentes marques sur le marché), en partant de la courbe d'Engel 1956 et en faisant varier population et revenus : on s'aperçut que l'on n'obtenait ainsi qu'une partie de la différence de consommation entre 1948 et 1962. C'est donc qu'en plus des effets pris en cause, il convenait d'ajouter un effet de "diffusion". L'idée a été de traduire cet effet dans une déformation progressive de la courbe d'Engel qui traduise une pénétration de plus en plus forte de la consommation d'eau minérale au fil du temps : en coordonnées bi-logarithmiques, la courbe avait l'allure d'une courbe en S, et l'on a retenu un mode de déformation tel que figuré sur le graphique ci-après



On sait que pour les produits nouveaux, à caractère luxueux, la pente de la courbe en S est très forte dans la zone de revenus où l'on commence à s'intéresser à la consommation du produit ; en revanche pour les produits (comme le café) dont l'usage est très largement répandu la courbe en S est relativement plate. Le système de déformation imaginé entraîne un aplatissement progressif des courbes ; il peut également s'accompagner du relèvement de l'asymptote si des débouchés nouveaux apparaissent.

La qualité de l'ajustement obtenu sur la série passée, ainsi reconstituée, des ventes totales, s'est révélée excellente et les écarts résiduels ont fourni une très bonne corrélation avec les variations de température moyenne en France, ce qui explique une partie des variations de consommation de la période estivale.

Un des avantages de ce modèle est évidemment sa très grande flexibilité et sa finesse d'adaptation aux diverses tranches de revenus ; cela permet notamment de faire intervenir la saturation qui apparaît chez les consommateurs de revenus les plus élevés.

L'expérience a montré au bout de dix ans que le modèle n'avait pas pris de "dérive" par rapport aux consommations réelles enregistrées, conséquence probable de l'extrême finesse du modèle utilisé.

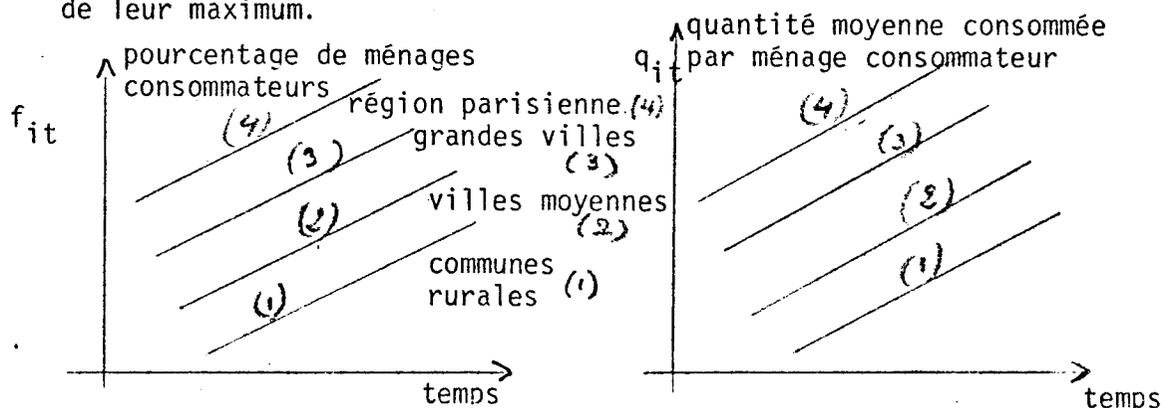
Une vérification globale de cohérence était possible grâce aux chiffres disponibles d'un panel de consommateurs : le panel donnait sur 3 ans, par périodes de 4 semaines, l'évolution du nombre de ménages consommateurs et des quantités consommées, et cela en distinguant 4 catégories d'habitat (Paris, grandes agglomérations, agglomérations moyennes, habitat rural) :

dans la catégorie d'habitat i , la consommation s'écrit :

$$C_{i,t} = n_{i,t} \times f_{i,t} \times q_{i,t}$$

où C_{it} = consommation de l'habitat i , l'année t
 n_{it} = nombre de ménages
 f_{it} = proportion de ménages consommateurs d'eau minérale plate
 q_{it} = nombre moyen de bouteilles consommées ("cols") par les ménages consommateurs.

On constate d'abord une hiérarchie des f_{it} et des q_{it} en fonction de l'habitat : croissance au fur et à mesure que l'habitat devient de plus en plus urbain. (Cela recoupe les observations faites par l'INSEE dans l'enquête 1963 sur la "modernité" des produits). Par ailleurs, dans chaque tranche d'habitat, on constate une croissance en fonction du temps, tant de f_{it} que de q_{it} avec cependant une certaine tendance à la saturation dans la région parisienne où les niveaux atteints étaient relativement proches de leur maximum.



On peut assez raisonnablement extrapoler ces courbes pour avoir une idée des catégories de consommateurs à long terme ; le but de ce calcul n'est pas de chiffrer le marché mais de vérifier si le chiffre global obtenu par ailleurs par le modèle METRECO correspond à une situation plausible compte-tenu des niveaux vraisemblables des différents termes n_{it} , f_{it} , q_{it} .

b) Les possibilités des différentes marques

La démarche suivie a consisté à évaluer la répartition du marché entre les 4 catégories d'emplois déjà signalées, à projeter ensuite ces volumes à 10 ans, et à examiner les possibilités des marques sur ces différents marchés. Cette démarche est justifiée par le fait que c'est essentiellement par leur image plus ou moins adaptée à tel ou tel des marchés élémentaires que les marques se différencient.

La ventilation du marché entre les 4 catégories d'emplois :

- A - nourrisson
- B - substitut de l'eau de robinet
- C - paramédical
- D - médical

peut se faire à partir des indications du panel de consommateurs sur la composition de la famille (présence de nourrissons, âge des enfants, âge de la ménagère) ou d'enquêtes menées dans ce but.

La projection à 10 ans des volumes correspondants a été faite par extrapolation des tendances, de telle sorte que le total ainsi obtenu coïncide avec les prévisions du modèle économétrique établies précédemment.

Il s'agit ensuite d'examiner les positions des différentes marques sur le marché actuel, pour leurs possibilités sur le marché futur.

La ventilation sur le marché actuel peut s'effectuer principalement à partir des résultats du panel de consommateur ; si X, Y, Z représentent 3 marques nationales et T l'ensemble des marques locales ("petites eaux") on dresse un tableau du type suivant :

	marques marchés	X	Y	Z	T
A	nourrisson	XXX			
B	substitut robinet	X	X	X	XX
C	paramédical	X	X	XX	
D	médical	X	X		

où les croix représentent l'intensité de la pénétration de chacune des marques sur les marchés élémentaires ; moyennant certaines simplifications on peut arriver à des évaluations quantitatives q_{ij} (marché i , marque j).

Compte-tenu des images respectives des différentes marques, on examine les stratégies de développement qu'elles peuvent envisager sur ces 4 marchés et on en déduit les parts qu'elles peuvent escompter dans l'avenir.

L'étude, comme il est normal, ne dégage de prévisions au niveau d'une marque qu'autant qu'une stratégie de développement est précisée, ou présente des résultats alternatifs en fonction de différentes stratégies.

Du point de vue méthodologique, notons en outre que la "robustesse" de la prévision tenait en grande partie à la souplesse, à la variété et au caractère complémentaire des approches utilisées, ce qui n'était possible que grâce à l'abondance des statistiques disponibles

- série chronologique des ventes annuelles
- enquête budget de familles de 1956 (courbe d'Engel)
- panel de consommateurs, disponible sur 3 ans.

52.2 - Politique de tarification du tabac

a) Position du problème

Le SEITA fabrique une large gamme de produits et a le monopole de la distribution en France; le tabac est grevé, comme dans la plupart des pays, d'une lourde charge fiscale. L'importance de la consommation, jointe à celle de la fiscalité, amènent les versements du SEITA à représenter près de 5% des recettes fiscales de l'Etat.

22

Le problème posé (en 1959) était de trouver les bases pour une politique de tarification ; de manière plus précise, le prix des gauloises étant fixé, comment faire évoluer les prix des autres produits de la gamme de manière à rendre maximum le bénéfice du SEITA.

Le SEITA avait latitude, sous tutelle du Ministère des Finances, pour fixer ses tarifs ; compte-tenu de sa situation de monopole, la connaissance des lois de demande des consommateurs en fonction des prix lui permet d'arrêter sa politique de tarification.

Le problème posé se ramenait donc à l'identification de ces lois de demande.

b) Caractéristiques du marché

Le tabac est un produit auquel on ne connaît pas de substitut direct et auquel les fumeurs sont très attachés, on a confirmation de cet attachement par les faibles valeurs des élasticités-revenu et au prix que l'on obtient sur les séries temporelles. En effet sur la période 1901 - 1958 (guerres exclues), J.P. Therme du SEITA a obtenu sur un modèle faisant intervenir des différences premières logarithmiques, une élasticité-revenu de 0,238, une élasticité-prix de - 0,443 et un trend de 1,5% depuis la fin de la guerre de 1914/18.

L'examen des séries statistiques (qui sont nombreuses et précises en raison du caractère fiscal du produit) joint aux observations réalisées dans des enquêtes auprès des fumeurs permet d'avancer que le développement du marché se fait d'une manière assez régulière, entre deux périodes de changement de tarifs, avec une recherche de produits de plus en plus élaborés (donc généralement plus coûteux). En revanche lors d'un changement de prix (qui est le plus souvent une hausse, ne serait-ce que pour rattraper l'indice des prix de détail), les consommateurs modifient brusquement leurs habitudes, dans un sens restrictif qui entraîne une diminution globale des quantités consommées, parmi lesquelles les tabacs les plus chers sont généralement les plus touchés par la baisse momentanée de consommation. On constate après une période de 3 à 6 mois assez perturbée, une reprise des anciennes tendances.

En ce qui concerne les catégories de produits, il apparaît qu'il y a fort peu de duplications entre tabacs bruns et tabacs blonds et que l'on peut considérer les lois de demande de chacune de ces catégories comme pratiquement indépendantes.

c) Recherche d'un modèle

Nous exposerons ici les recherches effectuées pour les tabacs bruns, des travaux analogues ayant été ensuite conduits par le SEITA pour les tabacs blonds et tous les autres produits de la gamme.

Le problème est, rappelons-le, de déterminer les lois de demande des différents produits compte-tenu de leurs prix relatifs par rapport au prix des gauloises qui constitue la base de référence.

On peut d'abord considérer que trois marchés élémentaires se répartissent l'ensemble des tabacs bruns :

- Scaferlatis, correspondent principalement aux cigarettes roulées à la main, mais également aux tabacs bruns pour pipe.
- Cigarettes noires de prix "populaire" (élégantes, parisiennes, disques bleu, gauloises doux et gauloises caporal).
- Cigarettes noires de prix "supérieur" (disques bleu filtre, gitanes caporal, gitanes filtre).

Chacune de ces catégories est suffisamment homogène quant au prix des produits regroupés et quant au comportement des fumeurs à leur égard. On notera que les prix moyens augmentent lorsque l'on passe d'une catégorie à la suivante.

230

On observe au sein des tabacs bruns, les mêmes tendances déjà constatées pour l'ensemble de la gamme du SEITA : entre deux hausses de prix, il y a évolution des consommations d'un groupe vers le groupe immédiatement plus cher. Cette évolution semble progressive. En revanche lors de changements de prix, il y a de brusques changements dans les habitudes des fumeurs (restrictions momentanées de consommation, retour vers des produits moins chers) qui se traduisent sur les courbes de ventes par des discontinuités souvent très marquées.

Le modèle de demande doit donc :

- prendre en compte explicitement la concurrence entre les diverses catégories de produits ;
- suivre une évolution continue entre deux changements de prix ;
- avoir une brusque discontinuité lors d'un changement de prix.

On a été amené à proposer un modèle de la forme :

$$\varphi = F(N, R, t, \dots) \times G(p_1, p_2, p_3)$$

où N est la population en âge de fumer, R le revenu, t le temps, p_1, p_2, p_3 les prix moyens des 3 catégories de produits.

Entre deux changements de tarif, G est une constante et la fonction F traduit les évolutions progressives constatées ; on suppose d'ailleurs que la fonction F est indépendante des prix, de sorte que

$$\frac{\delta F}{\delta p_i} = 0 \quad \text{pour tout } i$$

Lors d'un changement de prix, la fonction F ne varie pas tandis que G passe brusquement à un autre niveau, ce qui peut se traduire dans les équations :

$$\frac{\Delta \varphi_i}{\varphi_i} = \frac{\Delta F_i}{F_i} + \frac{\Delta G_i}{G_i} = \frac{\Delta G_i}{G_i} \quad \text{lors d'un changement de prix.}$$

Les fonctions G font intervenir des élasticités directes et croisées aux prix des différentes catégories de produits :

$$G_i = p_i^{e_{ii}} p_j^{e_{ij}} p_k^{e_{ik}}$$

Les élasticités directes e_{ii} sont négatives, les élasticités croisées étant positives.

Pratiquement, compte-tenu des concurrences observées entre catégories on a négligé les interférences entre scaferlatis et gitanes et retenu le système suivant :

$$\varphi_s = A(N, R, t, \dots) \times P_s^{-\alpha} P_G^B$$

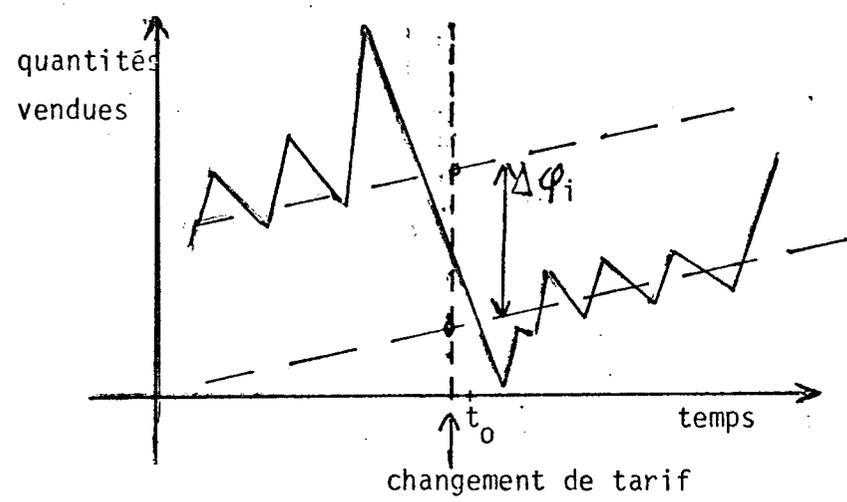
$$\varphi_G = B(N, R, t, \dots) \times P_s^\gamma P_G^{-\delta} P_j^\epsilon$$

$$\varphi_j = C(N, R, t, \dots) \times P_G^\theta P_j^{-\eta}$$

en désignant par φ_s φ_G φ_j et P_s P_G P_j les quantités et prix moyens respectifs des 3 catégories retenues.

d) Identification des paramètres des équations de demande

On disposait à l'époque de l'étude des observations de 3 hausses de prix, qui permettaient de schématiser les réactions à un changement de tarif de la manière suivante :



en considérant la série des ventes mensuelles désaisonnalisées, elle oscille autour d'une tendance ; à l'annonce de la hausse de prix il y a souvent un stockage de précaution, traduit par une forte pointe sur le graphique. Après la hausse de prix, il y a une période de déstockage et de restriction momentanée de la consommation qui se traduit par un creux souvent très accentué, suivi d'une reprise progressive avec oscillation autour d'une tendance qui nous est toujours apparue être parallèle à la première.

Compte-tenu de ce parallélisme des tendances, il suffit donc de savoir calculer les $\Delta \varphi_i$ (écarts de niveau entre tendances ancienne et nouvelle) pour calculer les effets d'un changement de tarif. En d'autres termes, il suffisait de déterminer les 7 élasticités $\alpha, \beta, \dots, \theta, \eta$ pour pouvoir résoudre le problème posé.

Lors des hausses de prix, le système d'équations s'écrit :

$$\frac{\Delta \varphi_s}{\varphi_s} = -\alpha \frac{\Delta P_s}{P_s} + \beta \frac{\Delta P_G}{P_G}$$

$$\frac{\Delta \varphi_G}{\varphi_G} = \gamma \frac{\Delta P_s}{P_s} - \delta \frac{\Delta P_G}{P_G} + \varepsilon \frac{\Delta P_j}{P_j}$$

$$\frac{\Delta \varphi_j}{\varphi_j} = \theta \frac{\Delta P_G}{P_G} - \eta \frac{\Delta P_j}{P_j}$$

Théoriquement les trois hausses de prix suffisaient pour déterminer exactement γ , δ , ε et étaient surabondantes pour calculer α , β , θ , η . En fait, pour de multiples raisons, les comparaisons entre tendances avant et après hausse se sont révélées délicates et par conséquent les mesures des différents $\Delta \varphi_i$ en ont été relativement imprécises.

Il a fallu enserrer les élasticités cherchées dans tout un réseau de contraintes, avant d'aboutir à un système qui se révélât satisfaisant. Montrons, à titre d'exemple, un raisonnement qui a été fait sur le comportement des fumeurs :

si l'on considère les fumeurs de gitanes et si on élève le prix des seules gitanes, les autres prix restant inchangés, on peut imaginer que les fumeurs adopteront l'un des 3 comportements schématiques suivants :

- soit continuer à fumer autant de gitanes qu'auparavant ;
- soit continuer à fumer des gitanes, mais en restreignant la consommation ;
- soit fumer des gauloises, pour n'avoir pas à se restreindre sur les quantités fumées.

Les enquêtes auprès des consommateurs nous avaient appris que les fumeurs de gitanes étaient en général de gros fumeurs, très attachés au fait de fumer. On a donc fait l'hypothèse qu'ils se rangeraient soit dans le premier soit dans le troisième des comportements précédents, et qu'il y en aurait très peu à restreindre les quantités fumées. Ces hypothèses entraînaient la relation algébrique :

$$\Delta \varphi_j + \Delta \varphi_G = 0$$

$$\text{ou } -\eta \varphi_j \frac{\Delta P_j}{P_j} + \varepsilon \varphi_G \frac{\Delta P_j}{P_j} = 0$$

$$\text{ou encore } \boxed{\frac{\varepsilon}{\eta} = \frac{\varphi_j}{\varphi_G}}$$

ce qui nous donnait une relation supplémentaire entre ε et η .

Un raisonnement analogue entre scaferlatis et gauloises permettrait d'obtenir une inégalité liant α et γ .

Enfin des considérations sur la demande de l'ensemble des 3 catégories ont amené aux relations approximatives suivantes :

$$\alpha - \beta \# 0,3$$

$$\gamma - \delta + \varepsilon \# -0,3$$

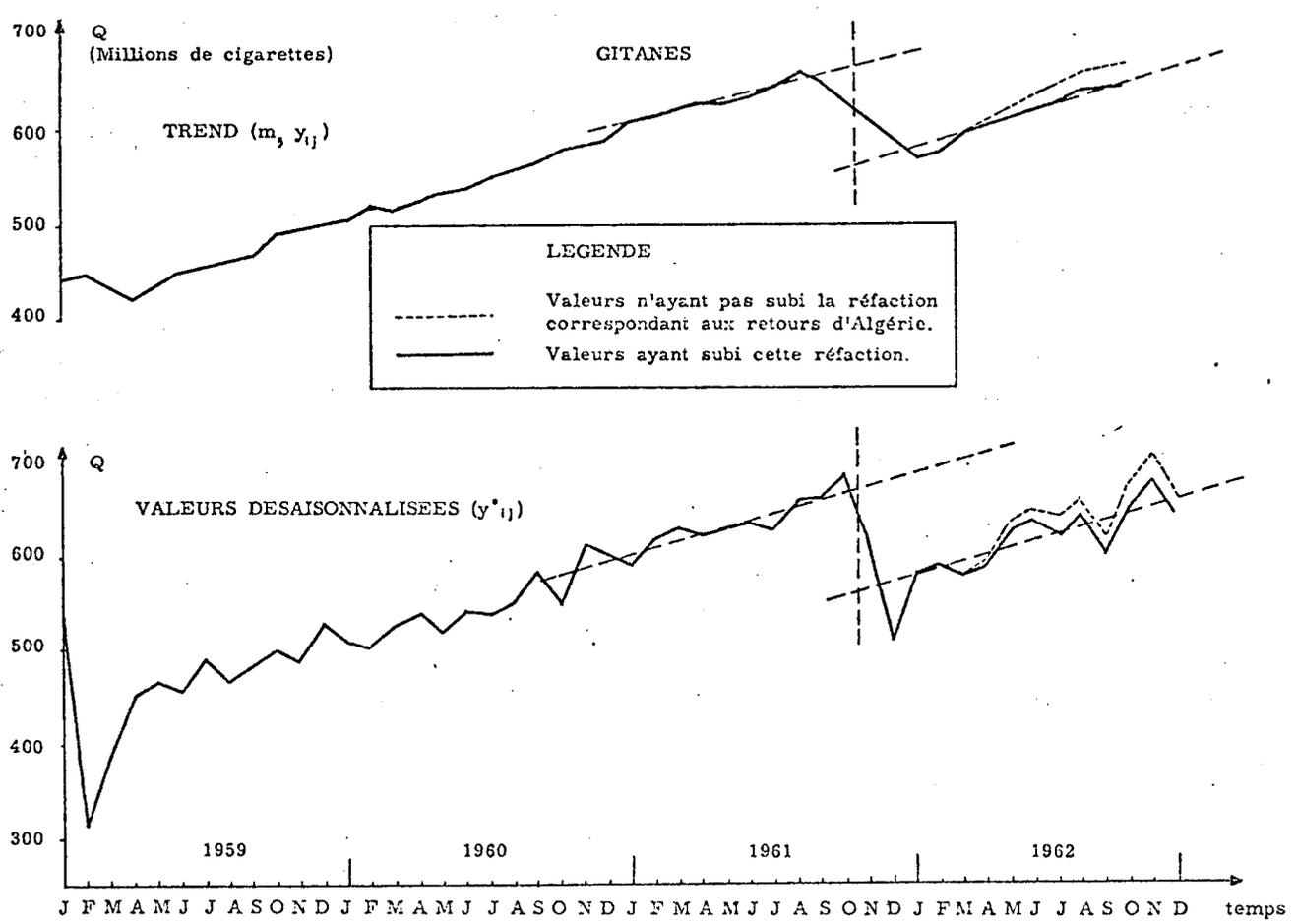
$$\eta - \theta \# 1$$

e) Résultats obtenus

Les paramètres des équations de demande on pu être estimés avec une certaine marge d'imprécision. Celle-ci ne correspond pas à la notion d'écart-type habituelle aux estimations des lois stochastiques ; elle correspond à la zone d'incertitude des différents $\Delta \varphi_i$, compte-tenu de l'ensemble des contraintes que l'on est arrivé à imaginer.

Signalons enfin que le modèle, mis au point sur l'observation de trois changements de tarifs, a été utilisé et vérifié avec succès sur plusieurs changements de tarifs ultérieurs. On trouvera ci-dessous le tableau des élasticités retenues lors de la première étude et lors d'une mise à jour ultérieure de cette étude. On ne sera pas surpris de constater que les élasticités les plus fortes concernent les produits les plus nouveaux et les plus chers, que ces élasticités d'ailleurs devraient avoir tendance à baisser avec le temps, tandis que celles des produits anciens semblent stabilisées.

Elasticités	Estimations de 1961	Estimations de 1963
α	0,45 \pm 0,08	0,50 \pm 0,05
β	0,15 \pm 0,07	0,20 \pm 0,05
γ	0,25 \pm 0,06	0,15 \pm 0,05
δ	0,95 \pm 0,1	0,90 \pm 0,05
ϵ	0,45 \pm 0,1	0,55 \pm 0,05
η	2 \pm 0,5	2 \pm 0,5
θ	1 \pm 0,5	1 \pm 0,5



Graphique 2

52.3 - Un marché international : les produits oléagineux

L'étude menée à la SEMA de 1963 à 1968 pour le compte de la Communauté Economique Européenne par une équipe dirigée successivement par le Professeur Christian Goux et par Daniel Bachelet constitue un exemple remarquable de la puissance des méthodes économétriques.

L'étude comportait trois étapes :

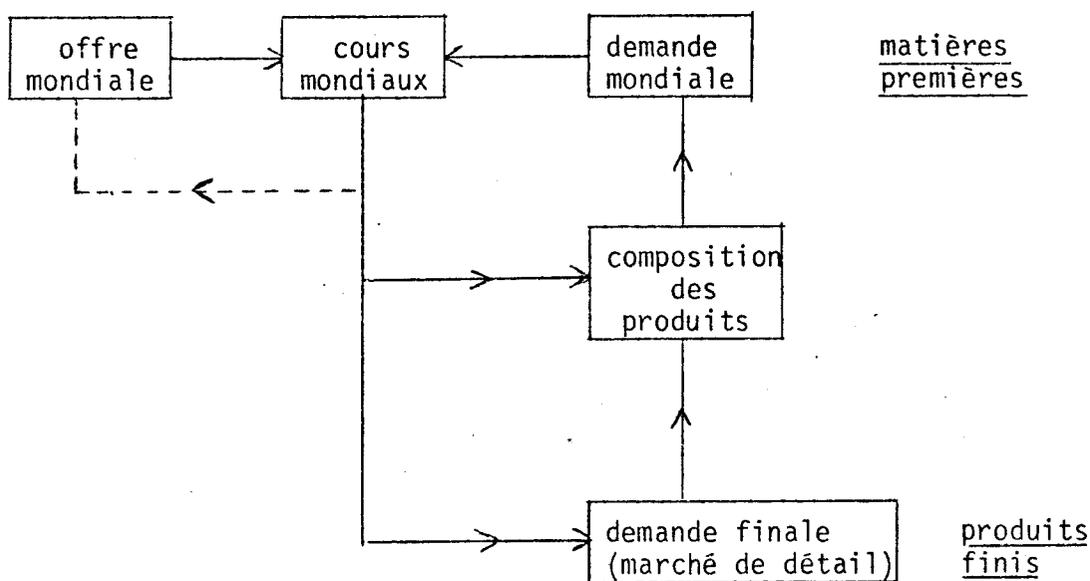
- le rassemblement des données de base sur l'économie mondiale des matières grasses et sur le marché des oléagineux tropicaux dans les Etats membres de la CEE ;
- l'analyse des emplois, de l'industrie et de la commercialisation des oléagineux tropicaux dans la CEE ;
- l'élaboration des perspectives probables en 1970 et 1975 du marché des oléagineux tropicaux dans chacun des pays de la CEE.

Nous allons nous attarder sur certains aspects caractéristiques de cette troisième étape, tout en insistant sur le fait qu'elle n'a pu être menée à bien que grâce aux travaux déjà fort importants (et étalés sur plusieurs années) qui avaient fait l'objet des étapes 1 et 2. Ajoutons encore que ces travaux n'ont été possibles que grâce à la richesse de la documentation amassée dans certains organismes dont tout spécialement la division des produits de la F.A.O. On rejoint ici une remarque souvent faite que la qualité et l'abondance des informations disponibles sont déterminantes pour l'analyse approfondie des mécanismes d'un marché.

Le but de cette troisième étape était :

- de chiffrer les consommations d'oléagineux tropicaux dans la CEE en 1970 et 1975 ;
- et de mettre en lumière les principaux facteurs déterminant les niveaux de consommation, de manière à apprécier l'impact de décisions de caractère politique telles que les variations des prix de détail du beurre ou de la margarine, l'attitude de la CEE à l'égard de l'huile d'olive ou du colza, les décisions des U.S.A. quant au soutien du soja, ou les variations de cours de matières premières.

La solution de ce problème exigeait la construction d'un modèle d'ensemble très ambitieux que l'on peut schématiser ainsi :



et qui comporterait :

- . une étude du marché de détail par pays,
- . une étude de la composition des produits par pays,
- . l'étude de l'offre mondiale des matières premières,
- . l'étude de l'équilibre mondial et de la formation des cours.

En effet, le marché des oléagineux est un marché mondial, avec de très nombreux produits substituables dans beaucoup d'emplois, et la demande finale est extrêmement diversifiée selon les pays : on est donc obligé d'aboutir à la construction d'un système équilibré au niveau mondial et fondé sur des analyses très fines.

Cependant, compte-tenu de l'objectif principal de l'étude (importations de matières premières de la CEE) et de l'absence de renseignements statistiques dans certains pays, la démarche ci-dessus a été simplifiée pour aboutir à deux grandes parties :

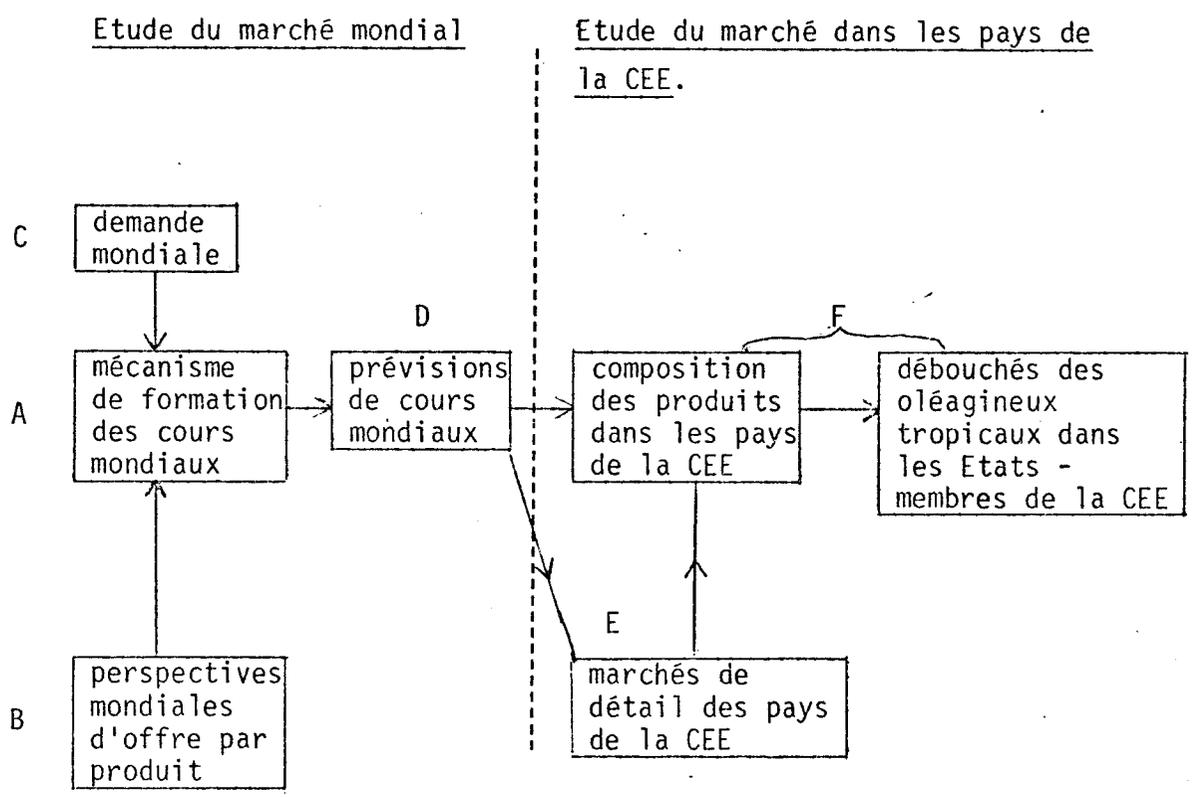
première partie : étude du marché mondial des matières grasses, comportant :

- une étude détaillée du mécanisme de formation des cours mondiaux ;
- une étude détaillée des perspectives d'offre mondiale ;
- une étude extrêmement simplifiée de la demande mondiale ;
- une étude de la prévision des cours mondiaux.

deuxième partie : étude du marché des matières grasses dans les pays de la CEE, comportant :

- une étude de la demande finale dans chaque pays de la CEE ;
- une étude de la composition des produits et des prévisions d'importations dans chaque pays de la CEE.

On peut la schématiser de la manière suivante :



Rappelons, pour situer l'étendue et la complexité du problème, les principales huiles et graisses, et les produits dont ces matières grasses constituent en fait un sous-produit :

- Huiles fluides :

- . Huile de soja \longleftrightarrow demande de tourteaux pour l'alimentation animale
- . Huile de coton \longleftrightarrow demande de fibre
- . Huile d'arachide
- . Autres huiles fluides : colza, tournesol, olive, maïs, etc..

- Huiles consistantes :

- . Huile de coprah
- . Huile de palmiste
- . Huile de palme.

- Huiles marines :

- . Huile de baleine
- . Huile de poisson \longleftrightarrow demande de farine de poisson pour l'alimentation animale.

- Graisses animales :

- . Beurre \longleftrightarrow produits laitiers
- . Suif \longleftrightarrow demande de viande de boeuf
- . Saindoux \longleftrightarrow demande de viande de porc.

Nous allons examiner successivement les principaux aspects des diverses phases du schéma précédent.

A - Le mécanisme de formation des cours mondiaux
Observations préliminaires sur les cours

Les cours mondiaux des différentes matières grasses dépendent naturellement de leur degré d'interchangeabilité ; or celle-ci pourrait être déterminée :

- a priori, à partir des caractéristiques physiques des différentes matières ;
- a posteriori, en étudiant les relations apparues entre les cours pendant une certaine période de temps.

C'est cette dernière méthode qui s'est avérée la plus praticable en prenant la précaution de vérifier que les relations statistiques constatées peuvent avoir une explication satisfaisante du point de vue de la composition des produits finis.

On a d'abord vérifié que les cotations dans les places de Londres et New York étaient représentatives des transactions commerciales effectuées ; en effet les valeurs unitaires d'importation de graines ou huiles s'expliquent en général très bien par un modèle économétrique faisant intervenir les cours des trimestres (t-1) (t-2) et (t-3). On a donc adopté les cours boursiers comme représentatifs des cours mondiaux.

On a ensuite étudié les corrélations entre les cours annuels des huiles sur la période 1953 - 1964, dont les résultats figurent dans le tableau ci-après.

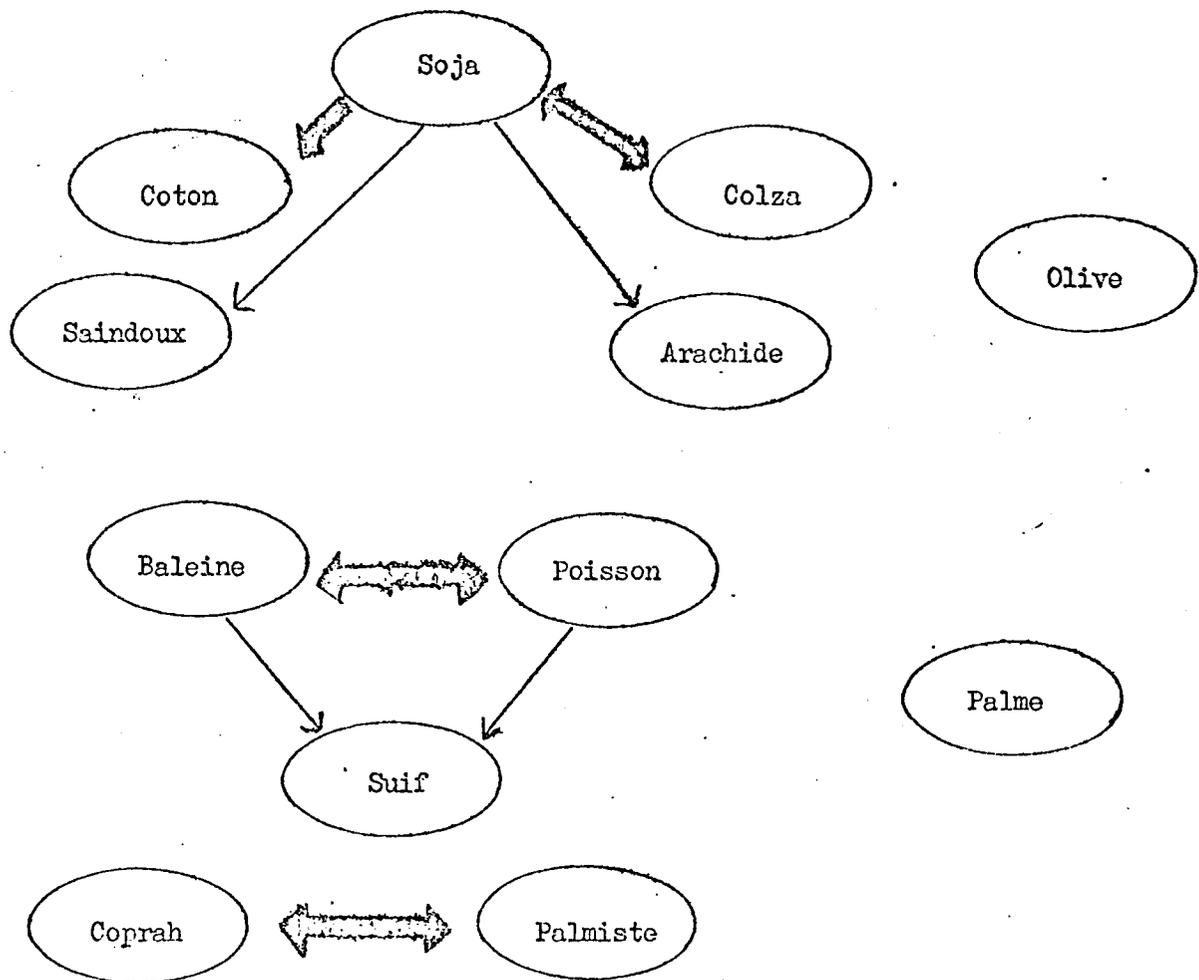
Les coefficients de corrélation observés suggèrent les regroupements de produits figurés dans le graphique ci-après.

Corrélations entre les cours des huiles (période 1953 - 1964)

Produits	S	C	A	C	O	P	C	P	B	P	S	S
Soja	1	0,92	0,80	0,96	0,26	-0,09	-0,13	-0,11	0,48	0,48	0,77	0,34
Coton	0,92	1	0,62	0,87	0,20	0,08	-0,14	-0,21	0,29	0,34	0,70	0,32
Arachide	0,80	0,62	1	0,86	0,14	-0,02	0,12	0,18	0,42	0,43	0,64	0,18
Colza	0,96	0,87	0,86	1	0,27	0,03	-0,08	-0,06	0,55	0,60	0,76	0,39
Olive	0,26	0,20	0,14	0,27	1	0,43	-0,28	-0,24	0,30	0,25	0,01	0,06
Palme	0,09	-0,15	-0,02	0,03	0,43	1	-0,17	-0,20	0,56	0,53	0,17	0,57
Coprah	-0,13	-0,14	0,12	-0,08	-0,28	-0,17	1	0,97	0,14	0,15	-0,03	0,07
Palmiste	-0,11	-0,21	0,18	-0,06	-0,24	-0,10	0,97	1	0,26	0,25	-0,04	0,11
Baleine	0,48	0,29	0,42	0,55	0,30	0,56	0,14	0,26	1	0,93	0,44	0,83
Poisson	0,48	0,34	0,43	0,60	0,25	0,53	0,15	0,25	0,93	1	0,48	0,83
Saindoux	0,77	0,70	0,64	0,76	0,01	-0,17	-0,03	-0,04	0,44	0,48	1	0,49
Suif	0,34	0,32	0,18	0,39	0,06	0,57	0,07	0,11	0,83	0,83	0,49	1

296

Graphique - Corrélations entre les cours des huiles



Note : Dans ce graphique, seule la plus forte liaison de chaque produit est représentée ; par exemple l'huile de soja est le produit dont le cours est le plus lié au cours de l'huile de coton, mais c'est le prix du colza qui présente la corrélation la plus forte avec l'huile de soja.

La recherche des modèles de formation des cours

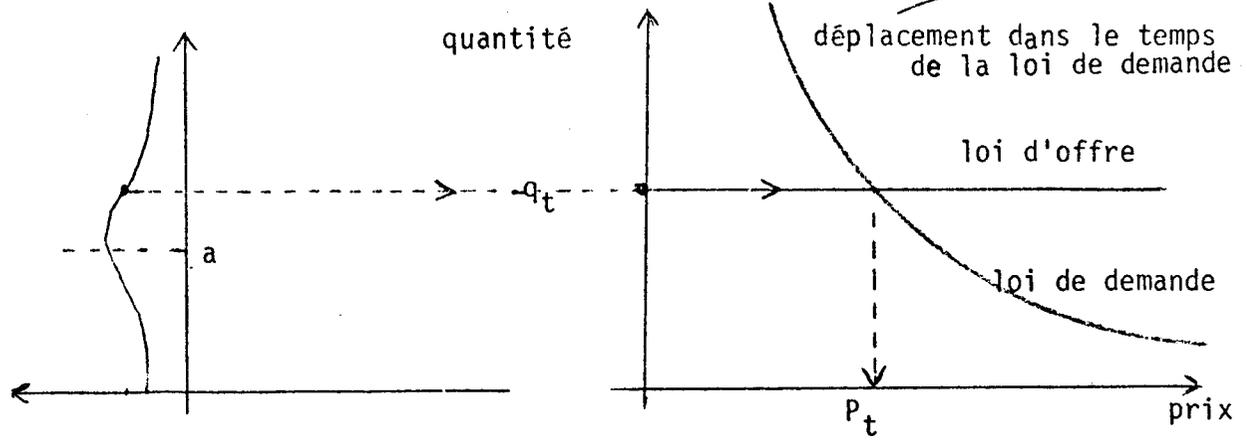
Cette recherche a été effectuée au niveau de chacun des groupes de produits mis en évidence par l'analyse précédente. Au préalable, il faut préciser le schéma théorique auquel on se réfèrera.

Hypothèses sur l'offre :

- L'offre est pratiquement inélastique, que ce soit d'une année sur l'autre, ou même à moyen terme (5 à 10 ans) en raison de la protection des producteurs, du délai avant production des plantes arbustives (palme, palmiste, coprah, olive), du caractère de sous-produit, du saindoux, du suif, de l'huile de coton et également de l'huile de poisson et du soja (les développements principaux sont dans l'alimentation du bétail) ; en conséquence le prix est déterminé par l'intersection de l'offre et de la courbe de demande. On devra donc vérifier que la demande sera suffisante à terme pour absorber l'offre (ce sera l'objet de l'étude rapide sur la demande mondiale).
- Il semble que le cours se détermine dans les bourses de matières premières de New York ou de Londres par l'équilibre entre l'offre des producteurs et des importateurs des pays développés. On retiendra donc les disponibilités dans les pays développés comme représentatifs des quantités échangées qui ont déterminé le cours. On devra donc établir des prévisions de disponibilités dans les pays développés.

Ecriture du modèle de formation des cours

Dans le cas d'un seul produit, il résulte de ce qui précède que la quantité offerte q_t^o dépendra essentiellement de facteurs climatiques ; le prix s'établira de manière à ce que l'ensemble de cette quantité soit achetée (intersection avec la courbe de demande). Soit q_t^d la quantité demandée, on écrira donc le système d'équations.



$$\begin{cases} q_t^d &= F(p_t) + u_t \\ q_t^o &= a + v_t \\ q_t^o &= q_t^d \end{cases}$$

a est une constante et les aléas u_t et v_t peuvent être considérés comme indépendants.

La loi de demande évolue dans le temps, car les populations et revenus des pays développés consommateurs sont croissants : pour un même prix, la demande est plus forte d'année en année. La courbe de demande se déplace donc vers la droite.

On écrira la loi de demande :

$$p_t = f(q_t/h_t, t) \quad h_t = \text{nombre d'habitants des pays développés}$$

La variable temps intègre les effets liés à la croissance du revenu par tête, aux changements d'habitudes ou de techniques de fabrication.

En retenant un modèle à élasticité constante, on écrira :

$$\text{Log } p_t = a \text{ Log } q_t/h_t + bt + c + u_t$$

a, b, c, étant des constantes à déterminer et u_t un aléa .
On applique la méthode ordinaire des moindres carrés.

Cas de plusieurs produits en concurrence

Il s'agit ici du cas le plus fréquent ; l'équation de demande du produit i s'établit de manière analogue au cas d'un seul produit :

$$\text{Log } \frac{q_i^d}{h} = \alpha_i \text{ Log } p_i + \sum_j \beta_{ij} \text{ Log } p_j + \gamma_i t + u'_i$$

L'offre de tous les produits étant supposée prédéterminée (absence d'élasticité de l'offre), et l'équilibre entre l'offre et la demande étant de plus réalisé, ce système peut s'écrire sous la forme équivalente :

$$\text{Log } p_i = a_i \text{ Log } \frac{q_i}{h} + \sum_j b_{ij} \text{ Log } p_j + c_i t + u_i$$

On suppose qu'en première approximation les u_i sont indépendants entre eux, ce qui semble légitime, car on admet que la concurrence entre les produits est résumée par les prix. En revanche, les p_j ne sont pas toujours exogènes par rapport aux p_i (compte-tenu d'autres relations pouvant lier p_j à p_i) et chaque équation ne peut pas en général être estimée seule par les moindres carrés. Pour que le système d'équations simultanées soit "juste identifié", il faut et il suffit que les b_{ij} soient tous différents de zéro ; ce n'est pas le cas, puisque l'on sait a priori que certains sont nuls : par exemple, l'huile de poisson ne concurrence jamais l'huile d'arachide.

On a donc abouti aux deux types de systèmes suivants (cf. chapitre rappels d'économétrie statistique) :

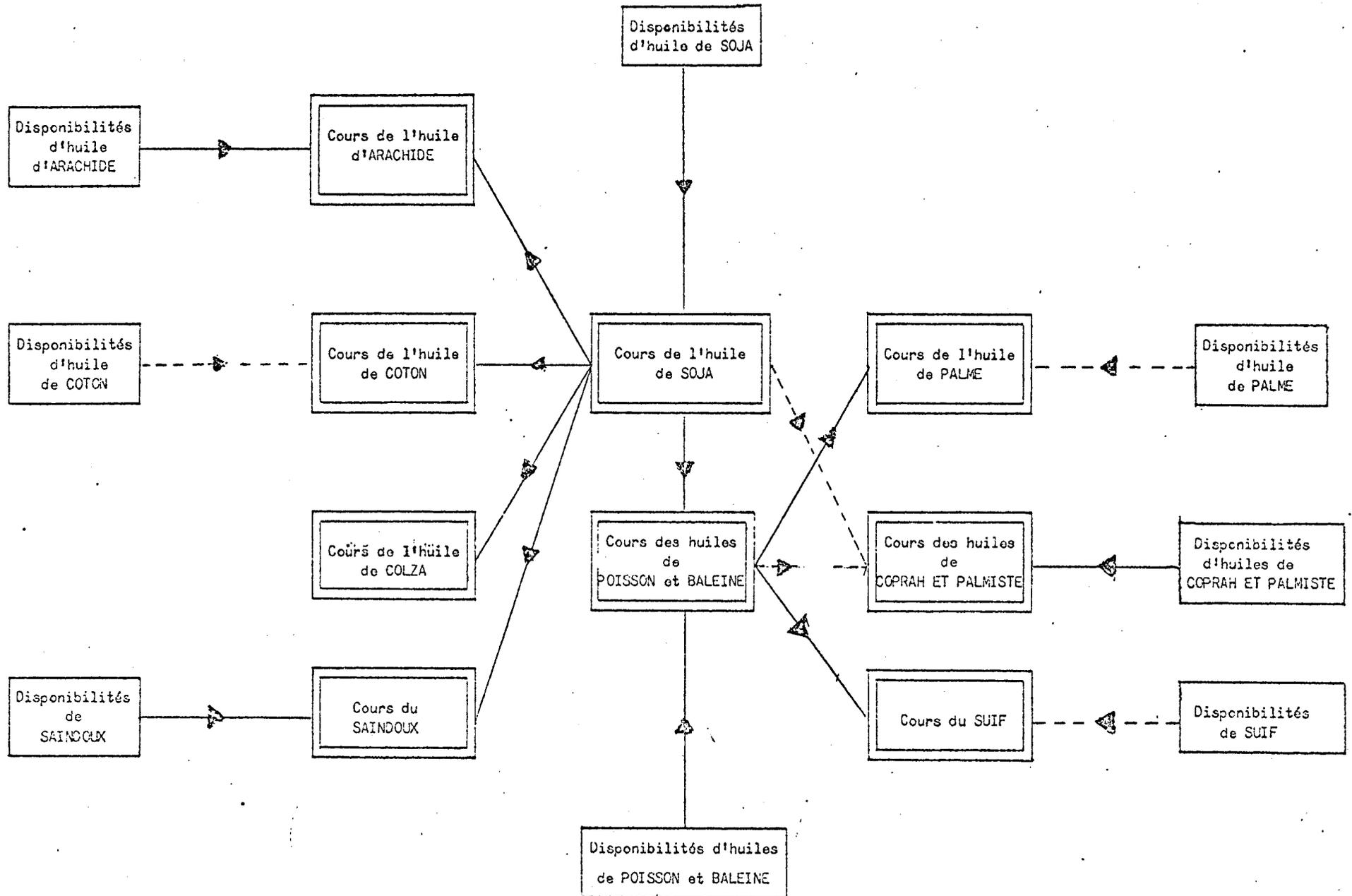
- systèmes récurifs, lorsque l'on peut établir un enchaînement causal entre un cours p_j et un autre cours p_i , lui-même sans influence sur la formation du cours p_j ;
- systèmes simultanés, avec identification des paramètres par la méthode des moindres carrés.

Dans la pratique, les informations techniques disponibles a priori ont permis d'annuler un certain nombre de b_{ij} ; mais, dans de nombreux cas, il a fallu essayer un très grand nombre de systèmes pour obtenir des coefficients b_{ij} significatifs à un seuil donné.

Les résultats obtenus

Les résultats sont schématisés sur le graphique ci-après, qui met en évidence le rôle central des disponibilités d'huile de soja et d'huiles de poisson et baleine : l'huile de soja a une influence déterminante sur les cours des huiles fluides et du saindoux, alors que seules les disponibilités en huile de soja interviennent sur son propre cours ; l'huile de soja a en outre une certaine influence sur les cours du deuxième groupe de produits où cependant les huiles marines ont une position dominante

Mécanisme de formation des cours mondiaux des principales graisses et huiles



250

A titre d'exemples, notons ici quelques-unes des relations qui ont été retenues dans l'étude ; il s'agit ici de la période 1955 - 1964 :

$$\text{Log P (soja)} = - 0,72 \text{ Log q (soja)} + 0,684 \\ (0,14)$$

$$R = 0,877$$

$$\sigma_r = 0,034$$

$$\text{Log P (baleine)} = - 1,02 \text{ Log q (baleine+poisson)} + 1,00 \text{ Log P (soja)} \\ (0,35) \qquad \qquad \qquad (0,22) \\ + 0,63 \text{ Log P (coprah)} - 4,620 \\ (0,27)$$

$$R = 0,912$$

$$\sigma_r = 0,040$$

$$\text{Log P (coprah)} = - 2,36 \text{ Log q (coprah+palmiste)} - 1,24 \text{ Log q (baleine+} \\ (0,70) \qquad \qquad \qquad (0,39) \qquad \qquad \qquad + \text{poisson)} \\ + 0,78 \text{ Log P (soja)} - 9,177 \\ (0,38)$$

$$R = 0,865$$

$$\sigma_r = 0,035$$

$$\text{Log P (palme)} = - 0,06 \text{ Log q (palme)} + 0,22 \text{ Log P (baleine)} + 1,664 \\ (0,13) \qquad \qquad \qquad (0,08)$$

$$R = 0,773$$

$$\sigma_r = 0,015$$

$$\text{Log P (suif)} = - 0,37 \text{ Log q (suif)} + 0,53 \text{ Log P (baleine)} + 0,114 \\ (0,23) \qquad \qquad \qquad (0,11)$$

$$R = 0,903$$

$$\sigma_r = 0,028$$

$$\text{Log P (saindoux)} = - 1,49 \text{ Log q (saindoux)} + 0,50 \text{ Log p (soja)} - 2,333 \\ (0,63) \qquad \qquad \qquad (0,13)$$

$$R = 0,906$$

$$\sigma_r = 0,025$$

On dispose ainsi d'une description complète du mécanisme de formation des cours mondiaux ; on verra plus loin (§ D) comment on s'en est servi pour l'établissement de prévisions.

B - La prévision de l'offre mondiale

Il s'agit, nous l'avons déjà dit, d'obtenir des prévisions de disponibilités des différents produits dans les pays développés ; pour cela, on a étudié d'abord l'évolution de la production mondiale, puis celle des échanges internationaux.

La production mondiale a été étudiée produit par produit, en tenant compte des informations disponibles dans chaque pays et à la F.A.O. On a délibérément adopté le point de vue du probable et non du souhaitable et, de ce fait, des prévisions concernant certaines matières premières dans des pays en voie de développement se trouvent inférieures à celles du Plan indicatif mondial de la F.A.O., alors que pour d'autres matières provenant de pays développés, elles sont supérieures.

En définitive on a trouvé que le rythme de production mondiale s'accroît légèrement sur la période 1963 - 1975, atteignant en moyenne un accroissement annuel de 950 milliers de tonnes, à comparer à l'accroissement annuel moyen de 860 mille tonnes entre 1953 et 1965. Ceci correspondrait à des disponibilités mondiales de l'ordre de 39 millions de tonnes en 1975.

L'accroissement de production prévu proviendrait :

- principalement du soja, du suif, du tournesol et de l'arachide ;
- en partie des huiles de poisson, de coton, de colza, de palme et de saindoux;
- très peu des huiles de coprah et de palmiste, de l'huile d'olive ou de l'huile de baleine.

Pour étudier l'évolution des disponibilités dans les pays développés, on a considéré trois entités géographiques :

- . les pays développés : USA, Canada, Europe de l'Ouest (Grèce, Espagne et Portugal exclus) ;
- . l'U.R.S.S. et l'Europe de l'Est ;
- . les pays en voie de développement : ensemble du monde, moins les deux catégories précédentes.

Pour chaque produit, on a construit une matrice d'échange schématisée ci-après :

PAYS	PRODUCTION	EXPORTATIONS	IMPORTATIONS	DISPONIBILITES
Pays développés	A	D	G	$A - D + G$
U.R.S.S. et Europe de l'Est	B	E	H	$B - E + H$
Pays en voie de développement	C	F	I	$C - F + I$
Monde	$A + B + C$	$D+E+F = G+H+I$	$G+H+I = D+E+F$	$A + B + C$

Les quantités A, B, C ont été déterminées par l'étude des prévisions de production et D, E, F par l'étude des prévisions d'exportations : elles ont été discutées en détail. Les quantités H, souvent très faibles, ont été extrapolées graphiquement à partir de la période 1953 - 1964, en tenant compte des informations éventuellement disponibles. Les quantités I, qui ne sont pas forcément négligeables, ont été extrapolées de manière analogue.

Les prévisions d'importations G ont été déduites des calculs précédents :

$$G = (D + E + F) - (H + I)$$

C - Les perspectives de consommation mondiale

Cette étude a seulement constitué une vérification de cohérence globale, pour s'assurer qu'il n'y ait pas de surproduction et par conséquent pour pouvoir établir des prévisions de cours mondiaux pour les différents produits.

Globalement, la consommation de matière grasse par habitant (beurre exclu) passerait de 7 kg en 1953 et 9 kg en 1965 à 10 kg en 1975 ; c'est dire que, compte-tenu de la croissance de la population, le rythme du développement de la consommation par habitant continuerait à fléchir.

Bien entendu, les situations sont très différentes selon les entités géographiques considérées : dans les pays développés, la consommation par habitant évoluerait de 17 kg en 1953 à 23,6 en 1975 ; dans les pays de l'Est, elle continuerait à progresser pour atteindre 16,5 kg en 1975 ; quant aux pays en voie de développement, la consommation est très basse : 4,4 kg en 1953, 5,1 kg en 1964, elle pourrait être de 5,7 kg en 1975 ce qui reste extrêmement bas et constituerait une aggravation de l'écart avec les pays développés.

D - La prévision des cours mondiaux

Les disponibilités des différents produits dans les pays développés ayant été prévues, il est possible d'utiliser les modèles de formation des cours pour obtenir la prévision des cours pour 1970 et 1975.

Cependant l'application des modèles ne peut se faire sans nuances pour les raisons suivantes :

- tout d'abord, des facteurs non quantifiables ou nouveaux n'ont pu être intégrés dans le modèle explicatif : ainsi la fin des relations particulières entre la France et les pays de l'EAMA, le prix de soutien américain aux producteurs de soja,....
- ensuite, les élasticités des cours aux variations des disponibilités ont été calculées sur des données annuelles ; or ces élasticités devront être appliquées à une prévision à 5 et 10 ans. Par exemple, une pénurie relative de coprah pendant une année entraîne une très forte hausse de son cours, mais si cette pénurie subsiste des produits de remplacement sont mis au point et le coprah ne retrouvera plus sa part dans la composition de la margarine, tandis que les cours ne se maintiendront pas en permanence à un niveau extrêmement élevé. Ainsi peut-on dire que les élasticités à l'offre établies précédemment diffèrent d'autant plus des élasticités de moyen terme que des fluctuations annuelles des produits sont plus importantes.

Il importe donc de tenir compte de ces remarques et de discuter, produit par produit, des élasticités à retenir pour le moyen et le long terme.

Fluctuation, tendance et élasticités à l'offre

des principales matières premières

	Tendances sur la période 1953 - 1966	Ecart-types des fluctuations annuelles autour de la tendance	Elasticités à l'offre		
			A 1953 - 1964	B 1955 - 1964	Valeurs retenues pour la prévision
- Huile de coprah (et palmiste)	+ 4 %	13 %	- 1,4	- 2,4	- 1,4
- Huile de baleine (et poisson)	- 8 %	16 %	- 0,9	- 1,0	- 1,0
- Huile d'arachide	- 20 %	11 %	- 0,3	- 1,3	- 1,3
- Huile de soja	- 33 %	12 %	- 0,7	- 0,7	- 0,7
- Huile de palme	+ 13 %	7 %	- 0,3	- 0,1	- 0,3
- Saindoux	- 24 %	13 %	- 1,1	- 1,5	- 1,1
- Suif	1 %	14 %	- 0,1	- 0,4	- 0,4

On verra enfin dans le tableau résumant la prévision des cours pour les principales huiles et graisses que les évolutions de cours sont en définitive très variables selon les produits : tantôt des tendances doivent se poursuivre, tantôt elles se retournent.

Prévisions des cours des principales huiles et graisses

	moenne 1954 - 1956	moenne 1954- 1956	1970	1975
HUILE DE SOJA	324	254	210	200
HUILE DE COTON	298	266	216	206
HUILE D'ARACHIDE	350	312	270	260
SAINDOUX	337	301	310	313
HUILE DE BALEINE	234	239	212	206
HUILE DE POISSON	178	202	179	174
HUILE DE COPRAH	289	323	330	340
HUILE DE PALMIS- TE	279	295	287	289
HUILE DE PALME	222	253	246	248
SUIF	204	225	190	190

E - Prévisions de la demande finale dans les pays de la CEE

La prévision de la demande finale (beurre, huiles, margarine, graisses) dans chacun des pays de la CEE est une étape indispensable pour connaître en définitive les débouchés des oléagineux tropicaux dans ces pays. La consommation considérée peut se faire sous forme directe par les ménages et collectivités, ou à travers l'industrie alimentaire ou à travers le reste de l'industrie.

On a cherché à expliquer la consommation, dans chacun des pays, à l'aide des modèles classiques que l'on peut écrire :

$$\text{Log } q_t = a \text{ Log } p_t + b \text{ Log } R_t + c t + d + u_t$$

q_t étant la quantité consommée par habitant, p_t le prix moyen du produit pendant la période, déflaté par un indice général des prix de consommation, R_t le revenu déflaté par habitant, t le temps, u_t une variable aléatoire de moyenne nulle et de variance σ_u^2 constante. On suppose les u_t indépendants entre eux. a, b, c, d, σ_u^2 sont des paramètres à estimer.

La méthode des moindres carrés (cf. chapitre I) donne des estimateurs sans biais des paramètres si les facteurs explicatifs sont indépendants de la variable aléatoire u_t , cela implique :

- d'une part, que les variables q_i et p_i ne soient pas liées par une autre relation ;
- d'autre part, que les aléas affectant certaines variables explicatives considérées comme aléatoires soient indépendants des aléas u_t .

On a donc été amené à examiner pour chaque produit et dans chaque pays si ces conditions étaient remplies. On a pu admettre que les prix étaient, en fait, indépendants de la demande finale, car ils dépendent essentiellement du coût des matières premières et de la main d'oeuvre, et accessoirement d'un contrôle gouvernemental. L'huile d'olive est le seul produit faisant exception, et il faut écrire tout un système d'équations simultanées pour en étudier la demande en Italie.

A titre d'exemple, donnons quelques résultats relatifs aux Pays-Bas et à l'Italie.

La demande aux Pays-Bas

Les Pays-Bas sont caractérisés par une très forte consommation de margarine (19,8 kg/habitant en 1963), une consommation assez faible de beurre (5,3 kg/h. en 1963), des consommations faibles pour les autres produits ; cependant la consommation de margarine ne progresse pratiquement plus, alors que les consommations de beurre, d'huile et graisses végétales augmentent très sensiblement. Il faut noter en outre que les enquêtes montrent que, depuis la guerre le beurre est considéré comme un produit de luxe et l'on en a confirmation par les valeurs trouvées pour l'élasticité au prix du beurre :

en séries trimestrielles :

$$\begin{aligned} \text{Log } q \text{ (beurre)} &= - 1,35 \text{ Log } p \text{ (beurre)} + 0,44 \text{ Log } R - 0,90 \\ &\quad (0,14) \qquad \qquad \qquad (0,24) \\ &\qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad R^2 = 0,850 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ou Log } R \text{ (beurre)} &= - 1,35 \text{ Log } p \text{ (beurre)} + 0,44 \text{ Log } p \text{ (margarine)} \\ &\qquad \qquad \qquad (0,17) \qquad \qquad \qquad (0,41) \qquad \qquad \qquad + 0,015 t + 0,008 \\ &\qquad \qquad R^2 = 0,880 \end{aligned}$$

en données annuelles :

$$\begin{aligned} \text{Log } q \text{ (beurre)} &= - 1,51 \text{ Log } p \text{ (beurre)} + 0,21 \text{ Log } R + 1,42 \\ &\qquad \qquad R^2 = 0,920 \end{aligned}$$

En revanche le prix du beurre a une influence, significative certes, mais très faible, sur la consommation de margarine :

en données trimestrielles :

$$\begin{aligned} \text{Log } q \text{ (margarine)} &= 0,10 \text{ Log } p \text{ (beurre)} + 0,26 \text{ Log } R + 1,30 \\ &\qquad \qquad \qquad (0,04) \qquad \qquad \qquad (0,07) \\ &\qquad \qquad R^2 = 0,583 \end{aligned}$$

Ceci confirme les avis des spécialistes : la consommation de beurre réagit fortement aux variations de prix mais sans remplacer la margarine dans ses utilisations.

Le marché de l'huile d'olive en Italie

La production italienne de l'huile d'olive fluctue sous l'effet des variations de climat, et des alternances entre bonnes et mauvaises récoltes d'olives ; généralement les effets climatiques sont également ressentis dans les autres pays producteurs du bassin méditerranéen, de sorte que les pénuries ou excédents d'huile d'olive en Italie coïncident avec des hausses ou baisses de cours du marché mondial. Naturellement le gouvernement italien intervient, d'une manière complexe, pour s'efforcer de régulariser la recette des producteurs, mais cela n'est pas suffisant pour que le prix puisse être considéré comme prédéterminé : il s'ensuit que l'on doit écrire l'ensemble des équations régissant la marché.

Demande d'huile d'olive :

$$\text{Log } D = a \text{ Log } R + b \text{ Log } P_o + c \text{ Log } P_G + d + u$$

D = consommation d'huile d'olive par habitant

R = revenu réel par habitant

P_o = prix moyen déflaté au détail de l'huile d'olive

P_G = prix moyen déflaté au détail de l'huile de graines

Offre :

$$N \times D - O = P + I$$

O : quantité d'huile d'olive disponible en Italie

N : population

P : production italienne d'huile d'olive (corrigée des variations de stocks),

I : importations nettes d'huile d'olive en Italie

Demande d'huile de graines

$$\text{Log } G = 1 \text{ Log } D + mt + n + w$$

G : consommation d'huile de graines par habitant

D : consommation d'huile d'olive par habitant

t : temps

Une formulation réursive de la demande d'huile de graines par rapport à l'huile d'olive nous paraît en effet plus conforme au comportement des consommateurs que la formulation traditionnelle en fonction des prix ; en effet des enquêtes ont montré que les années de mauvaise récolte d'olives, l'huile de graines est employée à titre de remplacement pour la cuisine, voir pour les salades.

Action du Gouvernement italien

$$\text{Log } P_o = e \text{ Log } C_o + f + v$$

$$\text{Log } P_g = g \text{ Log } P_o + h \text{ Log } C_s + i + v'$$

C_o : cours mondial de l'huile d'olive

C_s : cours mondial de l'huile de soja

L'action du Gouvernement italien entre 1953 et 1966 est décrite ici très sommairement. Toutefois les principes de son action sont bien schématisés :

- aide aux producteurs (coefficient f)
- stabilisation des prix (coefficient e < 1)
- protection de l'huile d'olive par modification des "taux de jumelage" (coefficient g)

Demande mondiale autre

$$\text{Log } D' = a' \text{ Log } R' + b' \text{ Log } C_o + c' \text{ Log } C_s = d' + u'$$

D' : consommation d'huile d'olive dans le monde moins l'Italie

R' : revenu des populations correspondantes

Offre mondiale

$$D' + I = P'$$

P' : production d'huile d'olive dans le monde, moins l'Italie

Ce système est à l'évidence de nature simultanée et comprend cinq variables endogènes : D, I, C_o, P_o, P_g. Il est intéressant de noter que l'estimation par la méthode des doubles moindres carrés a conduit à des estimations des élasticités prix très différentes de l'estimation des moindres carrés simples comme le montrent les résultats suivants (période 1953-1965) (1) :

doubles moindres carrés

$$\text{Log } D = 0,70 \text{ Log } R - 1,36 \text{ Log } P_o + 0,51 \text{ Log } P_g + 2,097$$

$$(0,34) \quad (0,22) \quad (0,49)$$

moindres carrés simples

$$\text{Log } D = 0,45 \text{ Log } R - 1,14 \text{ Log } P_o + 0,14 \text{ Log } P_g + 3,574$$

$$(0,42) \quad (0,26) \quad (0,61)$$

On constate que les élasticités au revenu et au prix de l'huile de graines sont très sous-estimées par les moindres carrés classiques.

Quelques remarques sur les résultats obtenus dans la CEE

- La pauvreté des statistiques de demande finale et l'imprécision de nombreux chiffres ont rendu précaires les résultats de l'étude économétrique ; il n'existe le plus souvent aucune coordination entre les statistiques des différents pays ce que l'on doit évidemment déplorer car les progrès dans les méthodes de prévision dépendent en premier lieu de la richesse et de la pertinence des informations.

- L'insuffisance de l'analyse classique de la demande : C'est une remarque que nous avons déjà faite dans le chapitre I, mais qui est ici largement confirmée, le revenu et les prix ne suffisent généralement pas à expliquer la consommation :

. L'influence des prix sur la consommation est réelle pour le beurre et l'huile, mais relativement faible sauf pour le beurre aux Pays-Bas, l'huile d'olive et l'huile de graines en Italie (cf. tableau des élasticités-prix).

. L'influence du revenu n'est pas déterminante, tandis que celle des catégories socio-professionnelles est souvent plus importante.

En définitive, ce que l'on appelle - faute de mieux - les "habitudes de consommation" explique dans une large mesure les niveaux de consommation et même leurs évolutions : c'est la raison pour laquelle, dans les modèles en série chronologique, on a souvent utilisé un terme de tendance à la place de la série des revenus.

Elasticités Prix

	Beurre	Margarine au prix du beurre	Huile de table	Huile d'olive
ALLEMAGNE	- 0,36	+ 0,32 ⁽¹⁾	- 0,52	-
FRANCE	- 0,29 ⁽²⁾	-	- 0,24	- 0,77
ITALIE	- 0,63 ⁽³⁾	-	- 0,88 ⁽⁴⁾	- 1,36 ⁽⁵⁾
PAYS-BAS	- 1,27 ⁽⁶⁾	+ 0,10	-	-
U. E. B. L.	-	-	- 0,62	-

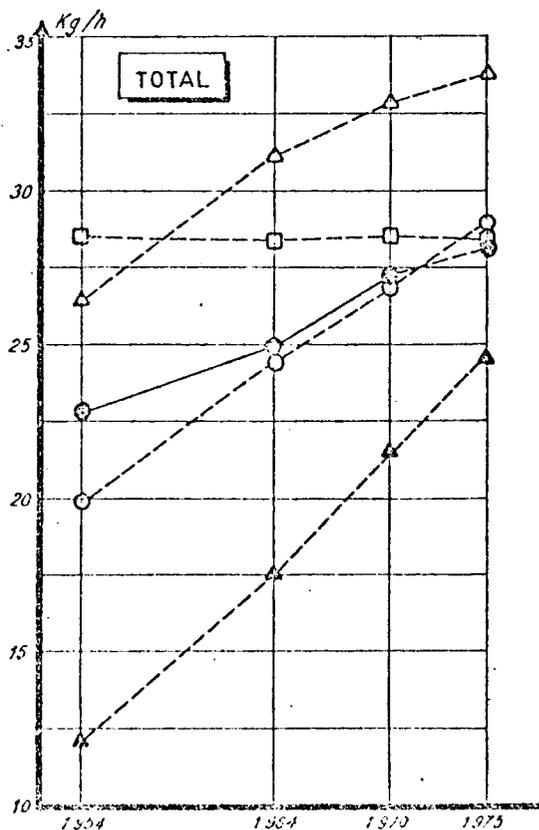
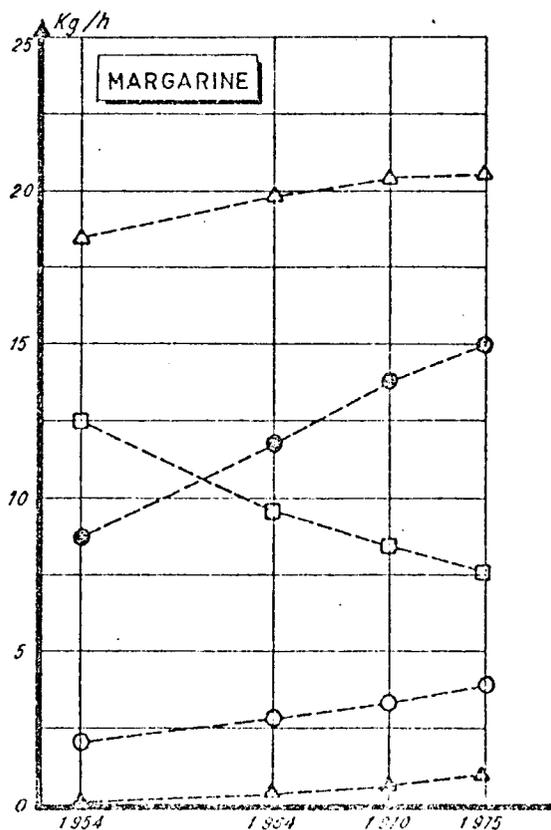
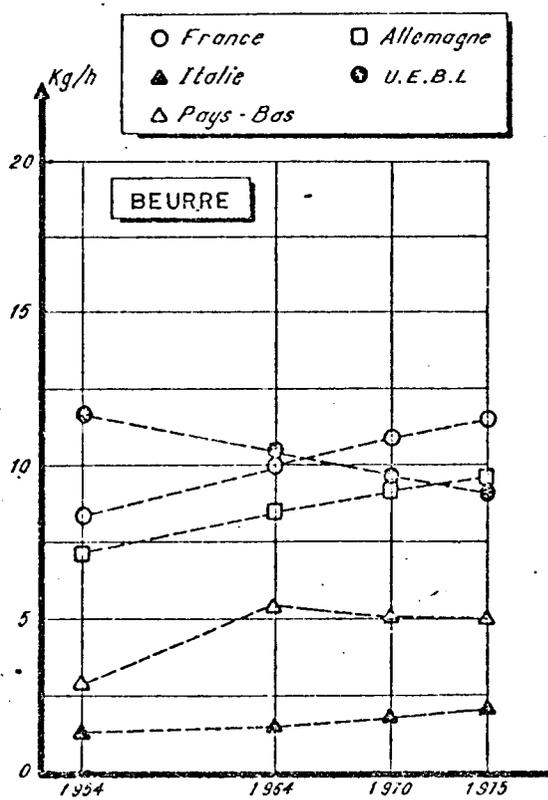
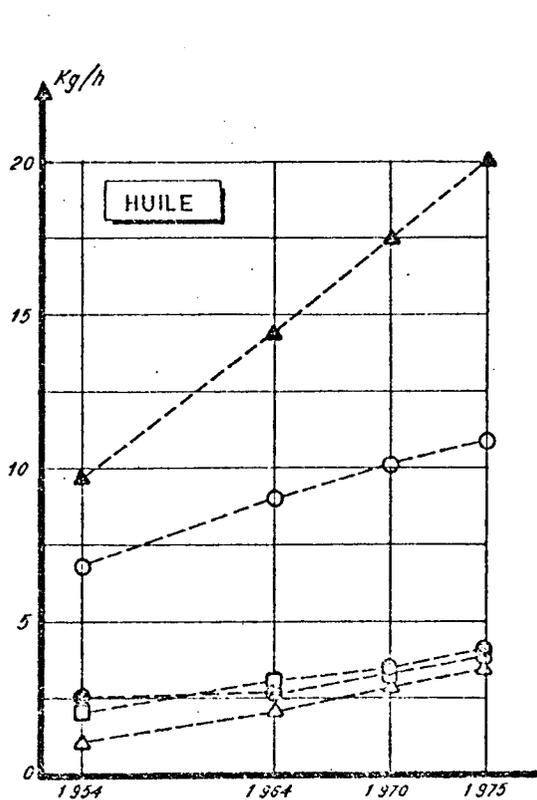
- (1) Elasticité calculée à l'aide de l'équation de demande du beurre et d'une élasticité de la consommation de margarine à la quantité de beurre consommé de 0,89
- (2) Non significative statistiquement.
- (3) Calculée avec un modèle ne comprenant pas d'effet revenu, cette élasticité est donc très mal connue. Mais les colinéarités existantes interdisaient d'introduire simultanément les variables prix et revenu.
- (4) Notons également une élasticité de - 2,23 au prix de l'huile d'olive. Les deux élasticités ont été calculés à l'aide de l'équation de demande de l'huile d'olive et d'une élasticité de la consommation d'huile de graines à la quantité consommée d'huile d'olive de - 1,64.
- (5) Notons également une élasticité de + 0,54 au prix de l'huile de graines.
- (6) Il existe également une élasticité non significative au prix de la margarine de + 0,44.

- Les structures de consommation n'ont pas tendance à se rapprocher
Une chose est indiscutable, c'est l'existence d'un niveau de saturation pour le total de la demande finale de matières grasses (stagnation en Allemagne à 29 kg par habitant), mais il ne semble pas forcément la même dans tous les pays (la consommation hollandaise continue de progresser au delà de 30 kg par habitant).

En revanche, on ne constate aucune tendance vers une structure commune de consommation comme on peut le voir sur les graphiques ci-après : (consommation de matières grasses).

CONSOMMATION DE MATIÈRES GRASSES

— MARCHÉ DE DÉTAIL —



La composition des produits en France (1962)

Unité : m.t. huile brute

	Huiles de table			Huiles fluides pour l'industrie alimentaire	Margarine et produits blancs	Autres graisses alimentaires	Saindoux	Savonnerie	Autres usages techniques	TOTAL des quantités utilisées
	Arachide	Olive	Autres huiles de table							
Huile d'arachide	328	-	-	6	4				-	338
Huile d'olive		16	-	2	-				-	18
Huile de soja et coton		-	8	-	1				8	17
Autres huiles fluides		-	20	-	12				4	36
Huile de palme					18	8	-	-	4	30
Huile de coprah et de palmiste					56	30	-	17	8	111
Huiles marines, graisses et huiles hydrogénées					30	9			10	49
Suif						3		85	32	120
Saindoux							75			75
TOTAL	328	16	28	8	121	50	75	102	66	794

$$q \text{ (palme)} = - 0,120 p \text{ (palme)} + 0,119 p^{-1} \text{ (baleine)} + \text{Cte}$$

$$(0,048) \qquad (0,017)$$

$$R^2 = 0,74$$

$$r = 2,2\%$$

$$q \text{ (coprah + palmiste)} = - 0,081 p \text{ (coprah)} + 0,064 p \text{ (baleine)}$$

$$(0,025) \qquad (0,032)$$

$$+ 0,094 p^{-1} \text{ (soja)} + \text{Cte}$$

$$(0,026)$$

$$R^2 = 0,80$$

$$r = 3,9\%$$

$$q \text{ (baleine + poisson)} = - 0,134 p^{-1} \text{ (baleine)} + 0,035 p \text{ (soja)} + \text{Cte}$$

$$(0,024) \qquad (0,018)$$

$$R^2 = 0,81$$

$$r = 3,0\%$$

Les graphiques ci-après illustrent l'excellente adéquation des modèles.
(Composition de la margarine aux Pays-Bas).

F - Composition des produits dans les pays de la CEE

La composition des produits, notamment celle de la margarine, est entièrement différente dans les pays de la CEE.

On a constitué, soit pour une année, soit sur plusieurs années lorsque cela a été possible (Pays-Bas et France) des "matrices d'emplois" décrivant les quantités consommées de chaque matière première dans les différents produits ; on a donné ci-après à titre d'exemple la matrice concernant la France pour l'année 1962.

(cf. tableau page suivante sur la composition des produits en France - 1962).

L'élaboration de telles matrices a nécessité des recherches approfondies et une critique très serrée des chiffres existants ; leur qualité est très variable selon les pays : excellente pour les Pays-Bas grâce au "Product Schap Voor Margarine, vetten en olein" (M. v.o.) et très bonne pour la France au Centre d'Etude Technique et Economique des Matières Grasses Alimentaires (CETEMA), ce qui a permis dans les deux cas une étude précise de l'évolution de la composition de la margarine.

Ce sont naturellement les évolutions des cours des matières qui jouent un rôle déterminant dans l'évolution de leurs parts respectives, et le principe de la méthode a été de construire des modèles économétriques permettant d'expliquer rétrospectivement les quantités (ou les parts) des différentes matières en fonction de leur cours et du cours des substituts.

A titre d'exemple, on a obtenu les équations suivantes aux Pays-Bas pour les quantités entrant dans la composition de la margarine :

$$q \text{ (fluides)} = - 0,55 p^{-1} \text{ (soja)} + 0,079 p \text{ (coprah)} + \text{Cte}$$

$(0,013) \qquad \qquad \qquad (0,014)$

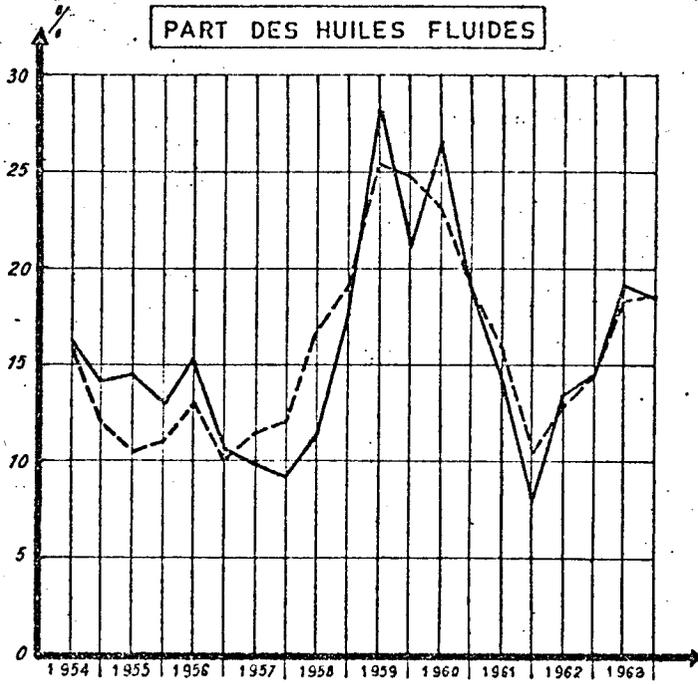
$R^2 = 0,81$
 $\sigma_r = 2,5\%$

L'indice -1 figurant en exposant indique qu'il s'agit du cours du semestre précédent.

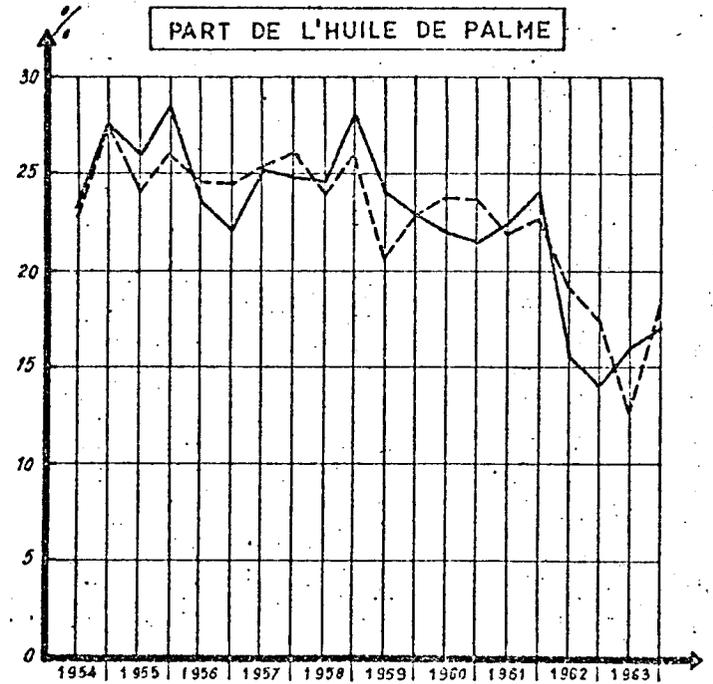
Graphique

COMPOSITION DE LA MARGARINE AUX PAYS-BAS

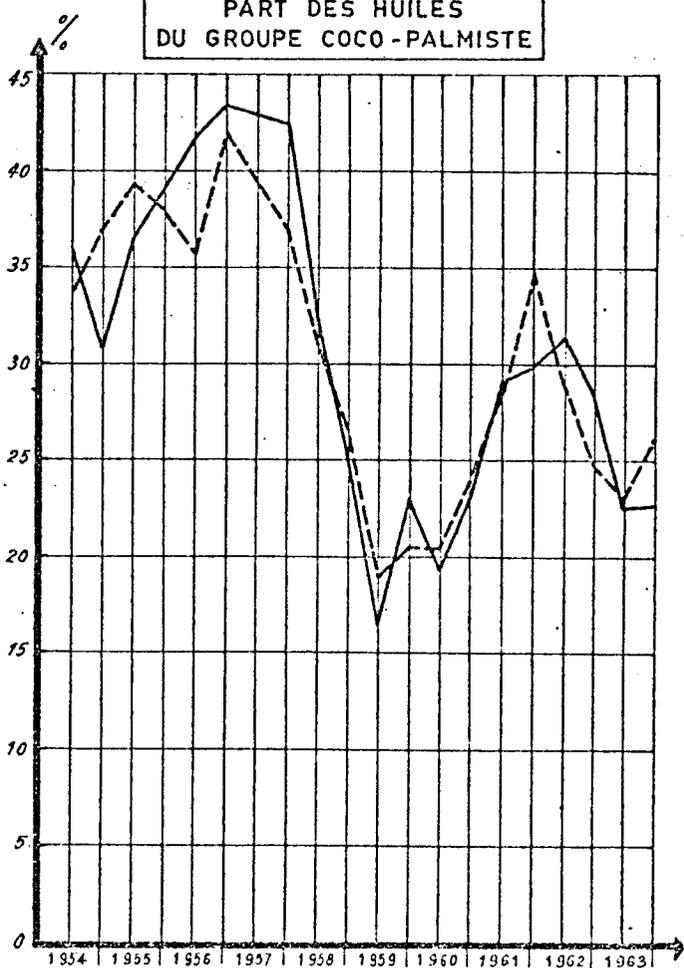
PART DES HUILES FLUIDES



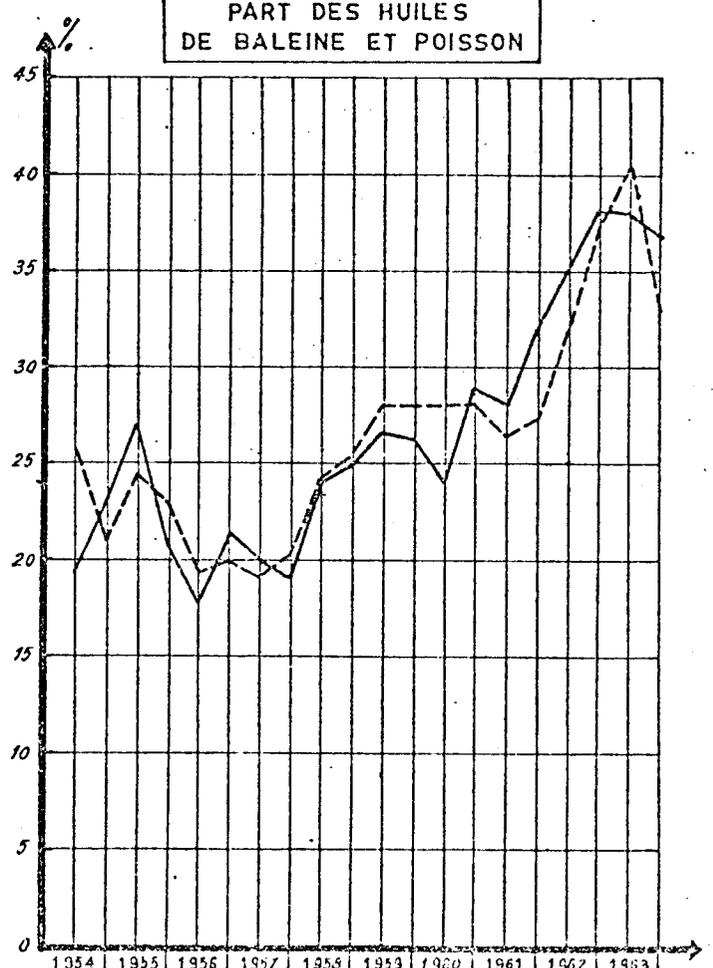
PART DE L'HUILE DE PALME



PART DES HUILES DU GROUPE COCO-PALMISTE



PART DES HUILES DE BALEINE ET POISSON



— Valeur réelle
- - - Valeur calculée

26

Compte-tenu des prévisions faites sur les cours mondiaux, on a pu à l'aide de ces modèles élaborer des perspectives de consommation des différentes matières premières dans chaque pays de la CEE. Les prévisions sont liées étroitement aux hypothèses retenues pour l'évolution des cours.

On constate que les oléagineux tropicaux voient leur marché augmenter, mais en revanche ils prendront une part décroissante dans les approvisionnements de la CEE au profit, essentiellement, du soja comme l'illustre le tableau ci-dessous :

Prévisions d'emploi et d'importation des matières grasses

C.E.E.	Quantités en milliers de tonnes				Parts en %			
	Moyenne 1954 1955 1956	Moyenne 1964 1965 1966	1970	1975	Moyenne 1954 1955 1956	Moyenne 1964 1965 1966	1970	1975
	Soja	127	443	614	802	5,6	14,2	17,1
Coton	105	68	36	15	4,6	2,2	1,0	0,4
Arachide	383	566	702	816	16,9	18,1	19,6	19,9
Olive	388	522	522	580	17,2	16,7	14,6	14,1
Autres fluides	139	333	489	606	6,2	10,7	13,7	14,8
TOTAL huiles fluides alimentaires	1 142	1 932	2 363	2 819	50,5	61,9	66,0	68,8
Palme	235	292	318	357	10,4	9,3	8,9	8,7
Coprah, palmiste	580	586	577	581	25,6	18,8	16,1	14,2
TOTAL huiles consistantes	815	878	895	939	36,0	28,1	25,0	22,9
Huiles marines	306	313	325	340	13,5	10,0	9,0	8,3
TOTAL	2 263	3 123	3 583	4 097	100,0	100,0	100,0	100,0
dont : oléagineux tropicaux	1 198	1 444	1 597	1 754	52,9	46,2	44,6	42,8

240

En conclusion, nous avons donné un grand développement à cette étude, d'abord parce qu'elle est très large et ne peut être résumée aisément sans altération, d'autre part parce qu'elle nous paraît significative des possibilités et limites actuelles des techniques de prévision :

- . On aura vu comment la puissance de l'analyse économétrique permet de mettre singulièrement de la clarté dans un mécanisme aussi complexe que celui de la formation et de l'évolution des cours mondiaux de produits largement substituables entre eux.
- . On aura également mesuré la qualité de cette analyse pour l'étude des matrices d'emploi, lorsque ~~la demande~~ ^{les données} statistiques disponibles sont de qualité suffisante.
- . On aura enfin observé les possibilités et limites là où interviennent toutes les complexités de la demande des consommateurs, c'est à dire le marché de détail dans les pays de la CEE ; on a manifestement manqué dans ce domaine d'informations suffisantes (malgré l'existence d'une enquête budget de famille réalisée par l'Office Statistique des Communautés Européennes). Dans un domaine où les goûts sont subtils, les habitudes alimentaires fortement ancrées, mais cependant sont susceptibles d'évoluer avec l'apparition de produits nouveaux, de formes modernes de distribution, et de soucis en matière de diététique, il est manifeste que seules des études poussées auprès des ménages (observation des consommations pour divers types de plats, enquêtes d'attitude et de motivation) permettraient d'améliorer notre connaissance de la consommation future. On rejoint là des observations que nous avons déjà faites au chapitre I (la théorie de la demande) et au chapitre IV (les facteurs explicatifs) ; il est souhaitable que les différents responsables prennent de plus en plus conscience de l'impérieuse nécessité du recueil régulier de l'information, si l'on veut que les prévisions s'établissent à la hauteur des besoins des décideurs.

metra

bruxelles francfort genève londres madrid
milan montréal new york paris rome vienne