

G. DUCOS

M. MENOUE

**L'estimation de probabilités subjectives de scénarios  
: une forme d'anticipations rationnelles. Procédure  
d'estimation et exemple d'illustration**

*Journal de la société statistique de Paris*, tome 133, n° 1-2 (1992),  
p. 84-97

[http://www.numdam.org/item?id=JSFS\\_1992\\_\\_133\\_1-2\\_84\\_0](http://www.numdam.org/item?id=JSFS_1992__133_1-2_84_0)

© Société de statistique de Paris, 1992, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Journal de la société statistique de Paris » (<http://publications-sfds.math.cnrs.fr/index.php/J-SFdS>) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme  
Numérisation de documents anciens mathématiques

<http://www.numdam.org/>

# L'ESTIMATION DE PROBABILITÉS SUBJECTIVES DE SCÉNARIOS : UNE FORME D'ANTICIPATIONS RATIONNELLES. PROCÉDURE D'ESTIMATION ET EXEMPLE D'ILLUSTRATION

par G. DUCOS et M. MENOU  
*GREMAQ, Université de Toulouse I*

Nous remercions Jean-Pierre FLORENS et Michel MOREAUX pour leurs commentaires ; Alain ALCOUFFE, Jean FRAYSSE et A. GRIMAUD pour leurs estimations et leurs commentaires.

## INTRODUCTION

Des prévisions de l'évolution conjoncturelle française sont faites régulièrement à partir de modèles macroéconométriques<sup>1</sup>. Ceux-ci permettent notamment de simuler les effets de politiques économiques et de chocs exogènes.

Complémentairement aux estimations qu'ils fournissent, plusieurs tentatives ont été effectuées pour faire évaluer, par des experts, les probabilités subjectives de réalisation de divers scénarios. Les événements ou tendances (développements) qui constituent ces scénarios correspondent soit aux actions de politiques économiques et aux variations de l'environnement dont les effets sont simulés par les modèles (Sallin-Kornberg et Fontela [1976]), soit simplement à des développements futurs jugés importants (Atlan, Barrand et Guigou [1985]).

Les probabilités de survenance de scénarios sont estimées à l'aide de méthodes appelées «analyses d'interactions probabilistes» qui privilégient l'étude des influences réciproques (interactions) existant entre les développements (Ducos [1983]).

L'évaluation des probabilités des scénarios est cependant difficile pour plusieurs raisons :

- Les experts, s'ils ne sont pas assistés, fournissent des probabilités statistiquement incohérentes : leurs évaluations ne respectent pas les contraintes de la théorie des probabilités. En particulier, comme les travaux de Edwards, Tversky (1967) et Kahneman (1971) l'ont notamment montré, l'homme n'est pas, par nature, bayésien.

---

1. Modèles DMS (INSEE), OFCE (OFCE), MOGLI, ANAIS (GAMA), ICARE (IPECODE), HERMES (ERASME) par exemple.

- Les probabilités des scénarios ne peuvent être estimées directement : dès que le nombre  $n$  de développements pris en compte dans un scénario est supérieur à trois, la résultante des interactions probabilistes entre développements devient rapidement difficile à déterminer alors que l'ordre de grandeur des probabilités diminue.
- Une technique de révélation de probabilités subjectives de scénarios, fondée sur une évaluation progressive de probabilités de développements est complexe. Cette complexité résulte du nombre élevé de contraintes statistiques à respecter<sup>1</sup>.

Les méthodes habituellement utilisées pour estimer des probabilités de scénarios ne surmontent que très imparfaitement les difficultés précédentes. Les techniques d'estimations employées possèdent généralement l'une des deux imperfections suivantes (Ducos [1980]) :

- les probabilités évaluées ne vérifient qu'une partie des contraintes statistiques ;
- les probabilités des scénarios ne sont pas estimées par des experts, mais calculées de manière arbitraire à partir d'une information insuffisante et incorrecte : des probabilités simples et conditionnelles de type  $p(i)$  et  $p(i/j)$ , statistiquement incohérentes, modifiées à l'aide d'un algorithme qui engendre un vecteur solution parmi une infinité d'autres solutions possibles.

Une méthode qui ne possède pas ces imperfections a été proposée (Ducos [1980]). Son originalité réside dans la façon dont sont utilisées les contraintes statistiques qui constituent davantage une aide à la formulation d'estimations cohérentes qu'une astreinte.

Le principe de la méthode est le suivant. Les personnes consultées commencent tout d'abord par estimer, en respectant les contraintes statistiques, les probabilités qu'elles jugent les plus faciles à évaluer. Ces estimations sont ensuite employées, dans les contraintes statistiques, pour calculer les bornes supérieures et inférieures des probabilités non encore évaluées.

La procédure d'estimation peut être comparée à un entonnoir. Au début de la procédure, le domaine d'estimation des probabilités est relativement étendu. Puis, au fur et à mesure que les experts avancent dans leurs évaluations, le domaine d'évaluation des probabilités jugées plus difficiles à trouver, se réduit rapidement, facilitant le choix des experts.

A l'issue de chaque étape, les estimations retenues, qui sont les moyennes arithmétiques des évaluations obtenues, peuvent être considérées comme une forme d'anticipations rationnelles, fondée sur le modèle probabiliste employé<sup>2</sup>.

---

1. Le nombre de contraintes est une fonction exponentielle de  $n$  (Ducos [1979]).

2. Le programme informatique correspondant, qui teste la cohérence statistique des probabilités évaluées, génère les bornes des probabilités restant à estimer et calcule, à la dernière étape, les probabilités des scénarios, est utilisable avec le concours des auteurs.

Pour tout renseignement, écrire à G. Ducos et M. Menou, GREMAQ, Université de Toulouse I.

Ce dernier privilégie l'analyse des interactions probabilistes entre les événements tout en obligeant les personnes consultées à se montrer cohérentes eu égard aux contraintes de la théorie des probabilités.

Les probabilités des scénarios trouvés à la fin de la procédure d'estimation, constituent une photographie des chances de réalisation qu'attribue le groupe des experts à chacun des scénarios, au moment où il est consulté. Les scénarios respectivement les plus probables et les moins probables sont notamment révélés ainsi que les probabilités de survenance des scénarios souhaités ou redoutés.

L'objectif de cette étude est de présenter une procédure d'estimation simplifiée des modèles d'interactions probabilistes MIP1 et MIP2 (Ducos [1980]), en l'illustrant à l'aide d'un exemple permettant de comparer les prévisions aux réalisations.

La procédure proposée est relativement facile à mettre en œuvre et peu coûteuse. L'étude empirique porte sur cinq événements de nature macroéconomique, relatifs à la période d'un an comprise entre juillet 1989 et juin 1990. Les anticipations ont été effectuées par A. Alcouffe, G. Ducos, J. Fraysse et A. Grimaud<sup>1</sup>, en juin 1989.

Les étapes de la procédure d'estimation sont résumées dans la Section 1. Les développements choisis et les résultats obtenus sont présentés et commentés dans la Section 2.

## Section 1. La procédure d'estimation

La procédure d'estimation commence dès que les personnes réunies se sont mises d'accord sur l'intitulé et la signification de chacun des développements. Elle comporte autant d'étapes que de développements pris en compte ; les évaluations se font par écrit et de manière indépendante.

### Étape 1

Elle consiste à déterminer, pour chaque couple de développements ( $D_i$ ,  $D_j$ ), les relations d'ordre qui existent entre les probabilités marginales et conditionnelles  $p(i)$ ,  $p(j)$ ,  $p(i/j)$ ,  $p(j/i)$ ,  $p(i/\bar{j})$  et  $p(j/\bar{i})^2$ .

Pour cela, outre les séries statistiques correspondant aux observations passées des variables économiques étudiées, deux outils d'aide à l'estimation sont apportés.

Le premier est une échelle de valeurs, graduée de 1 à 5, utilisable pour apprécier l'ordre de grandeur des probabilités :

1	$0 < p(i) \leq 0,2$	$D_i$ très peu probable
2	$0,2 < p(i) \leq 0,4$	$D_i$ peu probable
3	$0,4 < p(i) < 0,6$	$D_i$ moyennement probable
4	$0,6 \leq p(i) < 0,8$	$D_i$ probable
5	$0,8 \leq p(i) < 1$	$D_i$ très probable

1. A. Alcouffe : Professeur, Université de Mulhouse et LEREP ; J. Fraysse : Professeur, Université de Limoges et GREMAQ ; A. Grimaud : Professeur, Université de Pau et GREMAQ.

2.  $i = D_i$  se réalise,  $\bar{i} = D_i$  ne survient pas ( $\forall i$ ).

## L'ESTIMATION DE PROBABILITÉS SUBJECTIVES DE SCÉNARIOS

Le second est constitué par les 9 types de relations d'ordre possibles qui peuvent exister entre les six probabilités simples et conditionnelles précédentes (Ducos [1979]) :

$$\begin{array}{ccc} p(i/j) > p(i) > p(i/\bar{j}) \\ \vee & \vee & \vee \\ p(j/i) > p(j) > p(j/\bar{i}) \end{array}$$

Type 1

$$\begin{array}{ccc} p(j/i) > p(j) > p(j/\bar{i}) \\ \vee & \vee & \vee \\ p(i/j) > p(i) > p(i/\bar{j}) \end{array}$$

Type 2

$$\begin{array}{ccc} p(i/j) < p(i) < p(i/\bar{j}) \\ \vee & \vee & \vee \\ p(j/i) < p(j) < p(j/\bar{i}) \end{array}$$

Type 3

$$\begin{array}{ccc} p(j/i) < p(j) < p(j/\bar{i}) \\ \vee & \vee & \vee \\ p(i/j) < p(i) < p(i/\bar{j}) \end{array}$$

Type 4

$$\begin{array}{ccc} p(i/j) > p(i) > p(i/\bar{j}) \\ || & || & || \\ p(j/i) > p(j) > p(j/\bar{i}) \end{array}$$

Type 5

$$\begin{array}{ccc} p(i/j) < p(i) < p(i/\bar{j}) \\ || & || & || \\ p(j/i) < p(j) < p(j/\bar{i}) \end{array}$$

Type 6

$$\begin{array}{ccc} p(i/j) = p(i) = p(i/\bar{j}) \\ \vee & \vee & \vee \\ p(j/i) = p(j) = p(j/\bar{i}) \end{array}$$

Type 7

$$\begin{array}{ccc} p(i/j) = p(i) = p(i/\bar{j}) \\ \wedge & \wedge & \wedge \\ p(j/i) = p(j) = p(j/\bar{i}) \end{array}$$

Type 8

$$\begin{array}{ccc} p(i/j) = p(i) = p(i/\bar{j}) \\ || & || & || \\ p(j/i) = p(j) = p(j/\bar{i}) \end{array}$$

Type 9

Ces neuf types de relations résultent de l'utilisation des relations d'ordre possibles entre les probabilités  $p(i)$  et  $p(j)$ , et de la contrainte de Bayes :

$$p(ij) = p(i) p(j|i) = p(j) p(i|j) \quad (1)$$

Dans les relations de type 1, 2 et 5, la survenance de  $D_j$  accroît la probabilité pour que  $D_i$  se réalise et, réciproquement, la survenance de  $D_i$  augmente la

## L'ESTIMATION DE PROBABILITÉS SUBJECTIVES DE SCÉNARIOS

probabilité pour que  $D_j$  se produise ; les influences probabilistes entre  $D_i$  et  $D_j$  sont dites positives. Inversement, elles sont négatives dans les relations de type 3, 4 et 6. Dans les trois autres types de relations, les influences sont nulles, les développements étant indépendants.

L'ordre de grandeur de chaque probabilité marginale est tout d'abord recherché. Pour cela, une technique de convergence d'opinions de type Mini-Delphi<sup>1</sup> est utilisée jusqu'à ce qu'un accord soit trouvé sur l'inégalité au sens large<sup>2</sup> qui relie chaque paire de probabilités ( $p(i)$ ,  $p(j)$ ).

La nature des influences probabilistes existant entre les développements est ensuite estimée, en choisissant pour chaque couple ( $D_i$ ,  $D_j$ ), un des neuf types de relations précédents. Lorsque les relations d'ordre entre les probabilités marginales et conditionnelles sont différentes, une justification des choix est demandée et les motifs donnés sont commentés ; puis de nouvelles estimations sont effectuées. L'étape 1 est terminée lorsqu'un consensus a été obtenu.

### Etape 2

Lors de l'étape 2, les probabilités simples et conditionnelles  $p(i)$  et  $p(i/j)$  sont estimées, en respectant les relations retenues et la contrainte de Bayes (1).

Chaque expert doit remplir un tableau du type suivant comportant sur la diagonale les probabilités  $p(i)$  :

$i$	$j$	1	2	3	4	5
1						
2						
3						
4						
5						

*Tableau 1. Probabilités  $p(i/j)$  et  $p(i)$*

Lorsque les développements  $D_i$ , comme c'est le cas pour cette application, sont relatifs à la même période, l'estimation successive des probabilités  $p(i/j)$  et  $p(j/i)$  respectant la contrainte (1) n'est pas simple.

1. Cf. Annexe A.

2.  $\leq$  ou  $\geq$ .

## L'ESTIMATION DE PROBABILITÉS SUBJECTIVES DE SCÉNARIOS

En effet, les personnes consultées supposent souvent implicitement, lors de l'estimation d'une probabilité conditionnelle  $p(i/j)$ , que  $D_j$  survient avant  $D_i$  ; de sorte qu'ils surévaluent l'influence probabiliste de  $D_j$  sur  $D_i$ . S'ils font le même genre d'erreur en évaluant  $p(j/i)$  (en postulant que  $D_i$  se produit avant  $D_j$ ), ils ne parviennent pas alors à vérifier à la fois les relations d'ordre choisies et l'équation (1).

L'estimation, pour chaque couple de développements, des probabilités  $p(i)$ ,  $p(j)$ ,  $p(i/j)$  et  $p(j/i)$  respectant les contraintes précédentes, vise à les aider à interpréter correctement les probabilités conditionnelles et à être bayésiens.

Les moyennes arithmétiques des probabilités évaluées séparément, sont retenues comme estimations des experts. Toutes les contraintes statistiques que doivent satisfaire les probabilités  $p(i)$  et  $p(ij)$  sont alors testées<sup>1</sup>. Si l'une d'entre elles n'est pas respectée, les probabilités  $p(ij)$  sont modifiées d'un montant aussi faible que possible permettant la vérification de la contrainte.

Les probabilités trouvées, à l'issue des tests, constituent les estimations définitives.

### Etape 3

Elle consiste à déterminer, pour chaque triplet de développements ( $D_i$ ,  $D_j$ ,  $D_k$ ), la probabilité liée qui leur semble la plus facile à évaluer parmi les trois probabilités :

$$p(ij/k), p(ik/lj) \text{ et } p(jk/i).$$

Les informations apportées sont les suivantes :

- 1) Les probabilités  $p(i)$  et  $p(ij)$  retenues comme estimations.
- 2) Les natures et intensités des influences probabilistes évaluées pour chaque couple de développements, exprimées sous forme de coefficients d'interactions  $K_{ji}$  ainsi définis :

$$K_{ji} = \frac{p(i/j)}{1 - p(i/j)} \cdot \frac{1 - p(i)}{p(i)}$$

$K_{ji}$  étant le coefficient par lequel est multiplié la cote :

$$C_i = \frac{p(i)}{1 - p(i)}$$

du développement  $D_i$  lorsque  $D_j$  survient. Lorsque  $K_{ji}$  est supérieur à 1, l'influence est positive ; elle est nulle quand le coefficient est égal à 1 et négative lorsqu'il est compris entre 0 et 1.

- 3) Les bornes supérieure et inférieure de chacune de ces probabilités liées, calculées à partir des contraintes statistiques et des probabilités  $p(i)$  et  $p(ij)$  précédemment trouvées<sup>2</sup>.

---

1. Cf. Annexe B.

2. Cf. Annexe C.

Dès la troisième étape, l'écart entre les bornes supérieure et inférieure est déjà relativement faible.

## L'ESTIMATION DE PROBABILITÉS SUBJECTIVES DE SCÉNARIOS

Les moyennes arithmétiques des probabilités  $p(ijk)$ , calculées à partir des estimations des probabilités conditionnelles, sont retenues comme estimations. Toutes les contraintes statistiques que doivent satisfaire les probabilités  $p(i)$ ,  $p(ij)$  et  $p(ijk)$  sont alors testées (Sarin [1978]). Si l'une d'entre elles n'est pas respectée, les probabilités  $p(ijk)$  sont modifiées d'un montant aussi faible que possible permettant la vérification de la contrainte. Les probabilités trouvées à l'issue des tests, constituent les estimations définitives.

### Etapes 4 et 5

La procédure d'estimation est la même que pour l'étape 3 ; elle consiste à déterminer, successivement la probabilité liée qui semble la plus facile à estimer parmi les probabilités suivantes :

$$p(ijkl/l), p(iklj), p(ijl/k), p(jkl/i);$$

pour chacun des cinq ensembles de quatre développements possibles (Etape 4) ;

$$p(ijkl/m), p(ijkm/l), p(ijlm/k), p(iklm/j), p(jklm/i) \quad (\text{Etape 5}).$$

Les tests de cohérence statistique et les calculs des bornes supérieures et inférieures sont une généralisation des tests et calculs présentés dans les Annexes B et C (Ducos [1979]). Différents essais effectués ont montré que dès la quatrième étape, dans la plupart des cas, au moins une des probabilités conditionnelles est automatiquement fixée<sup>1</sup>.

## Section 2. L'application empirique

Les cinq développements choisis, relatifs à la période [juillet 1989 – juin 1990], sont les suivants :

- $D_1$  = dévaluation du franc par rapport au mark ;
- $D_2$  = taux d'inflation<sup>2</sup> inférieur au taux moyen d'inflation de la CEE<sup>3</sup> ;
- $D_3$  = amélioration du pouvoir d'achat des salaires, nets des cotisations sociales ;
- $D_4$  = taux de croissance du PIB<sup>4</sup> supérieur à 2 % ;
- $D_5$  = augmentation du nombre de chômeurs<sup>5</sup>.

Les résultats de la procédure d'estimation sont résumés dans les tableaux ci-après.

### Etape 1

<i>ij</i>	12	13	14	15	23	24	25	34	35	45
<i>R</i>	4	8	8	7	1	3	7	1	7	3

*Tableau 2.* Type de relation *R* entre les développements  $D_i$  et  $D_j$

1. Bornes supérieure et inférieure égales à  $10^{-3}$  près.
2. En glissement, mesuré à l'aide de l'indice des prix à la consommation.
3. A douze.
4. En glissement, à prix constants de 1980.
5. Au sens du BIT, mesurée en glissement.



L'ESTIMATION DE PROBABILITÉS SUBJECTIVES DE SCÉNARIOS

<i>i</i>	<i>j</i>	1	2	3	4	5
1			-	0	0	0
2		-		+	-	0
3		0	+		+	0
4		0	-	+		-
5		0	0	0	-	

Tableau 3. Nature de l'influence de *j* sur *i*

Etape 2

<i>i</i>	1	2	3	4	5
<i>p</i> ( <i>i</i> )	0,5	0,8	0,7	0,66	0,4

Tableau 4. Probabilités de survenance des développements

<i>i</i>	<i>j</i>	1	2	3	4	5
1			0,76	1	1	1
2		0,56		1,42	0,75	1
3		1	1,24		1,59	1
4		1	0,84	1,49		0,57
5		1	1	1	0,7	

Tableau 5. Coefficients d'interactions  $k_{ji}$

<i>ij</i>	12	13	14	15	23	24	25	34	35	45
<i>p</i> ( <i>ij</i> )	0,346	0,35	0,33	0,2	0,595	0,495	0,32	0,52	0,28	0,21

Tableau 6. Probabilités  $p(ij) = p(i) \cdot p(j/i) = p(j) \cdot p(i/j)$

Le tableau 4 montre que les évaluations sont assez optimistes ; notamment en matière de taux d'inflation, de croissance du PIB et d'amélioration du pouvoir d'achat, les développements  $D_2$ ,  $D_3$  et  $D_4$  étant considérés comme probables. L'évolution du chômage ( $D_5$ ) est également relativement optimiste, une baisse du nombre de chômeurs étant jugée probable. En ce qui concerne la parité du franc

## L'ESTIMATION DE PROBABILITÉS SUBJECTIVES DE SCÉNARIOS

par rapport au mark, l'avenir apparaît par contre plus incertain puisque la dévaluation du franc ( $D_1$ ) est estimée avoir autant de chances de se produire que de ne pas se produire.

L'examen des coefficients d'interactions (tableau 5) permet d'étudier les estimations des influences probabilistes *de court terme* ; la période sur laquelle les développements sont définis étant égale à douze mois.

Le premier point marquant est le nombre de développements jugés indépendants à court terme. La dévaluation ( $D_1$ ) est ainsi estimée indépendante du pouvoir d'achat ( $D_3$ ), du taux de croissance ( $D_4$ ) et de l'évolution du nombre de chômeurs ( $D_5$ ). De même, cette dernière n'est jugée liée ni à l'amélioration du pouvoir d'achat ( $D_3$ ) ni au taux d'inflation ( $D_2$ ).

Par contre, le différentiel d'inflation entre le taux français et le taux moyen de la CEE apparaît relativement lié à la dévaluation du franc ( $D_1$ ) ; cette dernière ayant d'autant moins de chances de survenir que le taux français est faible par rapport à celui de la CEE. De plus, la progression du pouvoir d'achat ( $D_3$ ) est fortement dépendante du taux de croissance du PIB ( $D_4$ ). Un taux de croissance supérieur à 2 % accroît fortement la probabilité d'amélioration du pouvoir d'achat ; réciproquement, une amélioration du pouvoir d'achat augmente nettement les chances de survenance d'un taux de croissance supérieur à 2 %. Par ailleurs, un taux de croissance assez satisfaisant ( $D_4$ ), diminue la probabilité d'une augmentation du chômage ( $D_5$ ) ainsi que celle d'un taux d'inflation inférieur au taux moyen de la CEE ( $D_2$ ). Enfin, un taux d'inflation relativement faible ( $D_2$ ) accroît les chances d'amélioration du pouvoir d'achat ( $D_3$ ).

### Etapes 3 et 4

$ijk$	123	124	125	134	135	145	234	235	245	345
$p(ijk)$	0,2545	0,1946	0,1384	0,26	0,14	0,105	0,4175	0,238	0,1534	0,1627

Tableau 7. Résultats de la 3<sup>e</sup> étape

$ijkl$	1 234	1 235	1 245	1 345	2 345
$p(ijkl)$	0,165	0,1018	0,06	0,0813	0,1232

Tableau 8. Résultats de la 4<sup>e</sup> étape

### Etape 5

Le tableau 9 contient les probabilités des scénarios  $s$ , classées par valeurs décroissantes.

L'ESTIMATION DE PROBABILITÉS SUBJECTIVES DE SCÉNARIOS

Scénarios	s	Probabilités	Scénarios	s	Probabilités
$\bar{1}234\bar{5}$	1	0,172 95	12 $\bar{3}$ 45	17	0,016 35
1234 $\bar{5}$	2	0,12135	$\bar{1}2\bar{3}4\bar{5}$	18	0,0161
$\bar{1}2345$	3	0,07955	$\bar{1}2\bar{3}45$	19	0,01385
12345	4	0,05815	12 $\bar{3}$ 4 $\bar{5}$	20	0,01325
$\bar{1}2\bar{3}4\bar{5}$	5	0,0573	$\bar{1}2\bar{3}4\bar{5}$	21	0,0123
$\bar{1}234\bar{5}$	6	0,05665	$\bar{1}2\bar{3}45$	22	0,0098
12345	7	0,04365	$\bar{1}2\bar{3}4\bar{5}$	23	0,0096
$\bar{1}2\bar{3}4\bar{5}$	8	0,04165	12 $\bar{3}45$	24	0,0073
$\bar{1}2345$	9	0,0377	$\bar{1}234\bar{5}$	25	0,0057
$\bar{1}234\bar{5}$	10	0,03405	$\bar{1}2\bar{3}45$	26	0,0048
$\bar{1}234\bar{5}$	10	0,03405	$\bar{1}2345$	27	0,002
12 $\bar{3}4\bar{5}$	12	0,0331	12 $\bar{3}4\bar{5}$	27	0,002
$\bar{1}2\bar{3}45$	13	0,03155	$\bar{1}2345$	29	0,0018
1234 $\bar{5}$	14	0,03135	12 $\bar{3}45$	30	0,0005
$\bar{1}234\bar{5}$	14	0,03135	1234 $\bar{5}$	31	0
12 $\bar{3}45$	16	0,02025	$\bar{1}234\bar{5}$	31	0

Tableau 9. Probabilités des scénarios

La probabilité pour que l'un des huit premiers scénarios se réalise est de l'ordre de 63 %.

Parmi ceux-ci, trois scénarios plus probables que les autres émergent.

*Le scénario le plus probable* est un scénario «optimiste» : le franc n'est pas dévalué, le taux d'inflation est inférieur au taux moyen de la CEE, le pouvoir d'achat s'améliore, le taux de croissance est plus élevé que 2 % et le nombre des chômeurs diminue. Les chances d'apparition de ce scénario sont assez élevées (supérieures à 17 %).

*Les scénarios 2 et 3* sont un peu moins «optimistes». Ils se différencient du précédent par la dévaluation du franc pour le premier et l'augmentation du nombre de chômeurs pour le second. Leurs probabilités respectives de réalisation sont proches respectivement de 12 % et 8 %.

## L'ESTIMATION DE PROBABILITÉS SUBJECTIVES DE SCÉNARIOS

Les cinq scénarios suivants peuvent être classés en deux groupes en fonction de l'ordre de grandeur de leur probabilité.

*Le premier groupe* comprend les scénarios 4, 5 et 6 dont les chances de réalisation sont comprises entre 5 et 6 %. Dans chacun d'eux, le pouvoir d'achat s'améliore. Cependant, *les scénarios 4 et 6* comportent un taux de croissance inférieur à 2 % et une augmentation du nombre de chômeurs, associés respectivement à une dévaluation et à une non-dévaluation du franc. *Le scénario 5*, au contraire, peut être considéré comme un scénario «rose» puisque, hormis la nette reprise de l'inflation en France et la dévaluation du franc, les performances en matière de croissance et de pouvoir d'achat sont bonnes.

*Le deuxième groupe* englobe les scénarios 7 et 8 dont les probabilités de réalisation sont légèrement supérieures à 4 %. Dans chacun d'eux, le franc est dévalué par rapport au mark, bien que le taux d'inflation soit inférieur au taux moyen de la CEE. *Le scénario 7* inclut une augmentation du nombre de chômeurs coexistant avec une amélioration du pouvoir d'achat et un taux de croissance supérieur à 2 % ;  *dans le scénario 8*, c'est la situation contraire qui est observée.

Les huit scénarios les plus probables comportent ainsi un scénario «optimiste» (1), deux scénarios «roses» (2 et 5) et cinq scénarios «contrastés» incluant généralement une augmentation du nombre de chômeurs. Dans la plupart d'entre eux, le taux d'inflation est inférieur au taux moyen de la CEE et le pouvoir d'achat s'améliore. Les résultats relatifs à la dévaluation, au taux de croissance et à l'évolution du nombre de chômeurs se répartissent de manière à peu près égales entre «bons» et «mauvais» résultats.

La probabilité de survenance du scénario le plus «pessimiste» (18), associant toutes les réalisations non souhaitables, est inférieure à 2 %.

## CONCLUSION

*La comparaison des anticipations aux réalisations amène à constater que le scénario qui avait été jugé le plus probable est celui qui s'est effectivement réalisé. Toutefois, il convient de noter que ce type de comparaison ne permet de porter un jugement ni sur la qualité de la méthode d'estimation ni sur celle des estimations elles-mêmes, puisque tout scénario, même peu probable, peut survenir.*

*Enfin, et surtout, l'objectif essentiel est d'obtenir une photographie des anticipations d'un groupe d'agents économiques à une date donnée et non d'essayer de leur faire découvrir le scénario qui surviendra effectivement. Comme l'a souligné Keynes et la théorie des bulles spéculatives<sup>1</sup>, il apparaît souvent plus important de connaître les anticipations des agents que de prévoir avec exactitude l'avenir.*

---

1. Cf. par exemple «La crise boursière». *Rapport sur les Comptes de la Nation de 1987*. INSEE. Série C. n° 147-148, p. 35.

## Annexe A : Delphi et Mini-Delphi

Le mot «Delphi» est la traduction anglaise de la ville de Delphes, célèbre par son oracle. La méthode «Delphi» et sa version simplifiée «Mini-Delphi» désignent deux procédures de convergence d'opinions, portant sur les valeurs de variables quantitatives ou quantifiables (Ducos [1983]).

La méthode Delphi, dérivée de la méthode Vatican, utilisée par les cardinaux pour obtenir un consensus (Tenière-Buchot [1972]), a été créée par N. Dalkey et O. Helmer (1963) ; la technique Mini-Delphi a été proposée par O. Helmer (1972).

Dans chacune d'elles, les personnes consultées fournissent par écrit et de manière indépendante, deux à trois séries d'estimations successives. A l'issue de chaque série d'estimations, les experts dont les évaluations sont les plus éloignées de la médiane, doivent justifier leurs évaluations ; et leurs arguments sont commentés.

La première méthode est fondée sur des enquêtes anonymes effectuées par correspondance ; elle est de ce fait assez lourde à mettre en œuvre. La seconde nécessite de rassembler les experts dans un même lieu : l'anonymat des réponses est ainsi supprimé, mais la procédure d'estimation est plus souple et plus rapide.

## Annexe B

### Test de la cohérence statistique des probabilités $p(i)$ et $p(ij)$

Les contraintes ci-après doivent être satisfaites (Sarin [1978]) :

$$1) p(i) \geq p[(ij) \cup (ik)] = p(ij) + p(ik) - p(ijk) \quad (B-1)$$

or,  $p(ijk) \leq p(jk)$ .

D'où les inégalités à vérifier :

$$p(i) \geq p(ij) + p(ik) - p(jk) \quad \forall i \neq j \neq k \quad (B-2)$$

Pour 5 développements, il y a donc 5  $C_4^1 = 30$  inégalités de type (B-2) à tester.

$$2) p(i) \geq p[(ij) \cup (ik) \cup (il)] \quad (B-3)$$

Or,

$$p[(ij) \cup (ik) \cup (il)] \geq p(ij) + p(ik) + p(il) - [M(ijk) + M(ijl) + M(ikl)]$$

avec  $M(ijk) = \text{Min}[p(ij), p(ik), p(jk)] \quad \forall i, j, k$

D'où, 5  $C_4^1 = 20$  inégalités à vérifier :

$$p(i) \geq p(ij) + p(ik) + p(il) - [M(ijk) + M(ijl) + M(ikl)] \quad \forall i \neq j \neq k \neq l \quad (B-4)$$

$$3) p(i) \geq p[(ij) \cup (ik) \cup (il) \cup (im)] \quad (B-5)$$

Or,

$$p(i) \geq p(ij) + p(ik) + p(il) + p(im) - [M(ijk) + M(ijl) + M(ijm) + M(ikl) + M(ikm) + M(ilm)] \quad (B-6)$$

Il y a donc 5 contraintes de type (B - 6) à tester.

## Annexe C

### Calcul des bornes des probabilités $p(ij/k)$ , $p(ik/j)$ et $p(jk/i)$

Les bornes supérieures et inférieures de ces trois probabilités liées se déduisent de celles de la probabilité  $p(ijk)$  et des relations :

$$\begin{aligned} p(ij/k) &= p(ijk) / p(k) \\ p(ik/j) &= p(ijk) / p(j) \\ p(jk/i) &= p(ijk) / p(i) \end{aligned}$$

Soient  $b_s(ijk)$  et  $b_i(ijk)$  les bornes respectivement supérieure et inférieure de  $p(ijk)$ .

Les bornes de ces probabilités d'intersection de trois développements sont faciles à calculer :

$$b_s(ijk) = \text{Min} \left\{ \begin{array}{l} p(ij), p(ik), p(jk); \\ 1 - [p(i) + p(j) + p(k)] + p(ij) + p(ik) + p(jk) \end{array} \right. \quad (C-1)$$

La dernière expression résultant de la contrainte :

$$p(i \cup j \cup k) \leq 1$$

$$b_i(ijk) = \text{Max} \left\{ \begin{array}{l} p(ij) + p(ik) - p(i); p(ij) + p(jk) - p(j); \\ p(ik) + p(jk) - p(k); 0 \end{array} \right. \quad (C-2)$$

Ces expressions correspondent aux contraintes (B - 1).

## BIBLIOGRAPHIE

- ATLAN C., BARRAND J. et GUIGOU C. (1985), "Activités et emplois dans les entreprises à l'horizon 1990". Ministère du Redéploiement Industriel et du Commerce Extérieur, Ministère de la Recherche et de la Technologie. CPE n° 49.
- DALKEY N. et HELMER O. (1963), "An Experimental Application of the Delphi Method to the Use of Experts". *Management Science* n° 9.
- DUCOS G. (1979), "Les analyses d'interactions probabilistes. Méthodologie et applications". Thèse d'Etat. Université de Toulouse I.
- DUCOS G. (1980), "Two Complementary Cross-impact Models : MIP1 and MIP2". *Futures*. Octobre.

## L'ESTIMATION DE PROBABILITÉS SUBJECTIVES DE SCÉNARIOS

- DUCOS G. (1983), "Delphis et analyses d'interactions". *Futuribles* n° 71.
- EDWARDS N. et TVERSKY A. (1967). "*Décisions Making*". Penguin modern psychology.
- HELMER O. (1972). "Cross-Impact Gaming". *Futures*, Juin.
- INSEE O. (1987). "*Rapport sur les Comptes de la Nation*". Série C. n° 147-148.
- KAHNEMAN O. et TVERSKY A. (1971). "*Subjective Probability : a Judgement of Representativeness*". Oregon Research Institute. II-2.
- SALLIN-KORNBERG E. et FONTELA E. (1976). "*The Explor-Multitrade 85 Model*". III<sup>e</sup> Conférence Internationale d'Econométrie. Bruxelles, Février.
- SARIN R.K. (1978). "A Sequential Approach to Cross-impact Analysis". *Futures*, Vol. 10, n° 1.
- TENIÈRE-BUCHOT P.F. (1972). "La prévision technologique". *Le Progrès Scientifique*, n° 156-157.