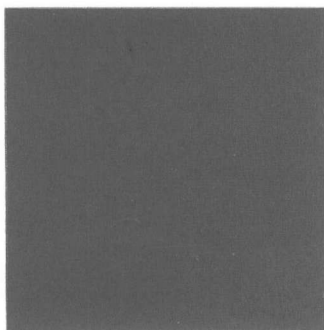


crise de la prévision essor de la prospective

exemples et méthodes

michel godet



puf

l'économiste

Pierre Chapuy

Crise de la prévision
Essor de la prospective

L'ÉCONOMISTE

SECTION DIRIGÉE PAR PIERRE TABATONI

66

COLLECTION SUP

Crise de la prévision Essor de la prospective

Exemples et méthodes

MICHEL GODET

Docteur d'Etat ès Sciences économiques

Docteur en Sciences

Ingénieur en chef responsable de SEMA-PROSPECTIVE

Préface de J. Lesourne



PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE

A Marie-Noël

Je tiens à exprimer ma vive reconnaissance au Professeur Christian Goux pour avoir été à l'origine de cette recherche qu'il a guidée et inspirée constamment par son esprit créateur.

De plus, ce livre ne saurait être présenté sans remercier la Fondation Claude-Nicolas-Ledoux qui m'a accueilli aux Salines Royales d'Arc et Senans dans un cadre propice à la réflexion et à la rédaction.

Dépôt légal. — 1^{re} édition : 1^{er} trimestre 1977

© 1977, Presses Universitaires de France

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation
réservés pour tous pays

SOMMAIRE

PRÉFACE par J. LESOURNE	9
INTRODUCTION. — <i>La prospective : une création de l'avenir par l'homme</i>	13
1. Les étapes de la prévision	13
1.1. La prévision : une notion contingente	14
1.2. La prévision nécessaire	15
1.3. La prévision insuffisante	17
2. La prospective, une création de l'avenir	19

PREMIÈRE PARTIE

POUR UNE PRÉVISION GLOBALE QUALITATIVE ET MULTIPLE EN AVENIR INCERTAIN : LA PROSPECTIVE

CHAPITRE PREMIER. — <i>Critique de la prévision classique</i> .	27
1.1. La prévision et ses erreurs	27
1.2. Les causes d'erreurs valables pour toute prévision .	29
1.2.1. L'accélération du changement.....	29
1.2.2. L'effet d'annonce	30
1.2.3. L'inexactitude des données	31
1.2.4. Les simplifications arbitraires	32
1.2.5. L'erreur d'interprétation	33
1.2.6. Les obstacles épistémologiques	35
1.3. Les causes d'erreurs spécifiques à la prévision clas- sique	36
1.3.1. Vision parcellaire	36
1.3.2. Variables quantitatives, objectives et con- nues	37

6 CRISE DE LA PRÉVISION. ESSOR DE LA PROSPECTIVE

1.3.3. Relations statiques	38
1.3.4. Le passé explique l'avenir	39
1.3.5. Avenir unique et certain	40
1.3.6. Modèles déterministes et quantitatifs ...	41
Conclusion	43
CHAPITRE II. — <i>La prospective des systèmes : une prévision globale qualitative et multiple</i>	
2.1. Les caractéristiques de la prospective	44
2.1.1. Vision globale	44
2.1.2. Variables qualitatives, quantifiables ou non, subjectives, connues ou cachées	45
2.1.3. Relations dynamiques	46
2.1.4. Avenir multiple et incertain	47
2.1.5. L'avenir, raison d'être du présent	48
2.1.6. Analyse intentionnelle	49
2.1.7. Conclusion	50
2.2. La prospective des systèmes	50
2.2.1. L'objet de la prospective	51
2.2.2. Finalité et limites de la prospective	51
2.2.3. Les systèmes	53
2.3. Conclusions	59

DEUXIÈME PARTIE

MÉTHODE DES SCÉNARIOS

CHAPITRE PREMIER. — <i>L'analyse structurelle : une vision globale et qualitative</i>	
1.1. Appréhension du système	63
1.2. Compréhension	64
1.2.1. Recensement des variables	64
1.2.2. Le repérage des relations et la matrice d'analyse structurelle	65
1.3. Explication	68
1.3.1. Etude des effets directs	68
1.3.2. Etude des effets indirects	69
Conclusion	81

CHAPITRE II. — <i>Les scénarios : une vision multiple en avenir incertain</i>	83
2.1. Définition des concepts	84
2.2. L'approche « littéraire »	89
2.2.1. La construction de la base	90
2.2.2. L'élaboration de scénarios	93
2.2.3. Synthèse des scénarios et stratégie de développement	95
2.2.4. Conclusion	96
2.3. L'approche formalisée	96
2.3.1. L'objet des méthodes d'impacts croisés ..	96
2.3.2. Bref historique	98
2.3.3. Les développements récents	99
2.3.4. Méthode SMIC	101
2.3.5. La méthode SMIC dans sa version 1976	105
2.4. Conclusion (Tableau comparatif des différentes méthodes d'impacts croisés)	107
CHAPITRE III. — <i>La méthode des scénarios : une approche intégrée</i>	110
Introduction. — Prévision et avenir incertain	110
3.1. Construction de la base	113
3.2. Elaboration de scénarios	115
3.3. Aide à la décision	117
Conclusion	120

TROISIÈME PARTIE

CAS CONCRETS DE PROSPECTIVE

CHAPITRE PREMIER. — <i>Les scénarios du transport aérien en région parisienne</i>	123
1.1. Les scénarios contrastés	123
1.1.1. Scénario pessimiste	124
1.1.2. Scénario optimiste	129
1.2. Le jeu des acteurs à l'horizon 1983 : SMIC d'orientation	134

8 CRISE DE LA PRÉVISION. ESSOR DE LA PROSPECTIVE

1.2.1. Stratégie des acteurs	135
1.2.2. Liste des événements caractérisant la situation en 1983	136
1.2.3. Les données brutes	137
1.2.4. Les résultats	138
1.2.5. Commentaires	139
1.2.6. Probabilités des scénarios.....	140
1.2.7. L'analyse de sensibilité	142
 CHAPITRE II. — <i>Rétrospective et prospective énergétique : une lecture de la crise</i>	144
2.1. Rétrospective des années 20 aux années 1970 .	144
2.1.1. Les crises de 1928 et 1956 : conséquences jusqu'en 1965	145
2.1.2. Le jeu des acteurs pendant la période 1965-1973	148
2.1.3. Les années de crise 1973-1975.....	151
2.2. Situation actuelle et projets des acteurs	154
2.2.1. Le projet occidental	155
2.2.2. Le projet de l'OPEP.....	160
2.2.3. Conclusion	163
2.3. Eléments de prospective énergétique	165
2.3.1. Les hypothèses géo-énergétiques fondamentales.....	166
2.3.2. Résultats de l'enquête	169
2.3.3. Le traitement de l'information	172
2.3.4. Le choix des scénarios de référence et contrastés.....	173
2.3.5. Conclusion	175
 CONCLUSION GÉNÉRALE	176
1. Synthèse des résultats	176
2. Complémentarité entre prospective et prévision ..	178
3. Les nouvelles voies de la prévision mathématique : les travaux de Prigogine et de R. Thom	179
4. L'avenir de la prospective	182
 BIBLIOGRAPHIE	185

Préface

Le futur a déjà son histoire contemporaine. L'histoire des modes opératoires par lesquels l'homme occidental a tenté de l'appréhender et l'histoire des perceptions plus ou moins biaisées de ces modes opératoires.

Sur les ruines de la guerre, une génération a voulu se construire un avenir et le maîtriser. Parfois en se fixant des objectifs volontaires, parfois en anticipant seulement une croissance sans la chiffrer, mais, dans les deux cas, une fois le développement auto-entretenu, la nécessité de prévoir est devenue une composante de la foi dans le futur.

Mais la prévision reposait déjà sur une ambiguïté : pour le scientifique, prévoir, c'était d'abord rechercher dans le passé un invariant — superficiel comme un taux de croissance ou plus profond comme un modèle de relations interindustrielles — pour postuler ensuite, après mûre réflexion, sa permanence dans l'avenir. Une permanence qui ne conduisait généralement qu'à des prévisions conditionnelles. Il n'y avait, dans cette procédure, rien de nécessairement déterministe ou mécanique : plus profonde était l'interprétation du passé, plus riches de possibilités étaient les lignes d'avenir postulées. Mais la confiance dans la continuité de la croissance autorisait parfois des attitudes plus laxistes : le premier invariant venu donnait naissance à une extrapolation sans jugement. La hausse du prix du pétrole de 1973 et la récession de 1974 ont sonné le glas de cette praxis naïve.

Pourtant, bien avant, dès le milieu de la décennie des années soixante, des chercheurs, sans rien renier des méthodes de prévisions, ont voulu centrer la réflexion sur la possibilité que laissaient les invariants du passé de construire par l'action des

avenirs différents et ils ont, en forgeant le terme heureux de prospective, marqué leur volonté de partir d'une image du futur pour explorer après la possibilité de son émergence à partir du présent.

Effort plein de promesses, mais source d'une deuxième ambiguïté, car, de la prévision à la prospective, il y a à la fois continuité et rupture :

— *Continuité, car toute connaissance de l'avenir est enracinée dans le passé et le présent et l'image d'un futur éventuel incorpore, implicitement ou explicitement, la projection d'un modèle plus ou moins formalisé d'une société ou d'un morceau d'une société.*

— *Rupture, car l'équipe de prospective se voit commander d'utiliser son imagination pour explorer à son gré des possibles, quitte à supprimer, dans l'analyse, des liaisons qui contraignent le système réel. La tentation de la passivité fait place à la recherche stimulante de l'action qu'engendre l'exploration d'un éventail d'avenirs éventuels.*

A cet élargissement de la vision correspond nécessairement une diversification des méthodologies :

— *A un extrême, un modèle aux multiples relations quantifiées — comme le modèle mondial de Mesarovic et Pestel — sert à construire des scénarios qui sont des réponses à des hypothèses de décisions politiques introduites de l'extérieur. S'il ne repose pas sur des chiffres illusoires, l'effort de quantification est un avantage, mais les dimensions politiques et sociales risquent d'être gravement sous-estimées par rapport à la représentation des seuls flux économiques.*

— *Au milieu, des méthodes permettant de rechercher le maximum de cohérence entre les analyses des différents experts (analyses naturellement divergentes, mais souvent aussi manquant de consistance logique interne) et donnant la possibilité d'attacher des probabilités aux différents scénarios. Le risque gît ici dans la qualité insuffisante des réflexions des experts si de grandes précautions ne sont pas prises dans le dialogue avec eux.*

— A l'autre extrême, une description de la situation de départ, des cheminements et des scénarios en termes d'analyse systématique globale, un grand nombre des relations étant seulement logiquement identifiées, et non quantifiées. En termes de richesse et d'épaisseur dans l'interprétation, le gain est immense, mais le fossé du discours sans cohérence méthodologique est proche et l'influence idéologique, qui reste sous-jacente dans toutes les méthodologies, peut devenir ici prépondérante.

D'où la question : la prospective est-elle du domaine de la science ? Question qui appelle une réponse nuancée : la prospective est une démarche d'inspiration scientifique, qui puise largement son analyse de l'évolution de la structure du passé dans des connaissances scientifiques pluridisciplinaires, mais qui a besoin constamment de compléter ce que la science ignore encore par des conjectures permettant d'élaborer des scénarios cohérents de l'avenir. Dès lors, l'idéologie de l'équipe de prospective transparaîtra tant dans la sélection des relations scientifiques que dans le choix des relations « molles » réunissant les noyaux scientifiques « durs » utilisés. Il n'y a point là sujet à condamnation. Faire du subjectif et de l'objectif un ensemble binaire est aussi faux que de croire à une limite précise entre la science et la non-science.

Tels sont les thèmes qui sont évoqués dans le livre de Michel Godet. Il montre bien les liens entre la prospective et la crise de la prévision. En décrivant une approche intégrée pour la construction des scénarios, il souligne la richesse qu'engendrent des méthodes complémentaires. En présentant enfin deux cas concrets, il insuffle à ses propos toute la conviction qu'engendre l'expérience vécue.

Un livre court, facile à lire, mais tel que quiconque l'aura lu ne sera jamais plus tout à fait le même face à son destin.

J. LESOURNE.

INTRODUCTION

La prospective : une création de l'avenir par l'homme

Notre siècle est celui du changement, de l'incertitude et de l'action. L'accélération du changement contribue à l'incertitude de l'avenir et rend par conséquent la prévision nécessaire pour guider nos actions immédiates.

L'histoire est marquée par les attitudes de l'homme face à l'avenir, celles-ci changent, la prévision aussi. Aux attitudes passives, adaptatives et actives en face du futur correspondent les étapes de la prévision contingente, de la prévision nécessaire et de la prévision insuffisante.

On peut mesurer l'insuffisance de la prévision aux nombreuses erreurs commises dans ce domaine, elle s'explique essentiellement par l'oubli systématique de l'action humaine créatrice d'avenir. A cette attitude créative correspond la prospective, elle est née de la prise de conscience d'un avenir, à la fois domaine du déterminisme et de la liberté et à la fois subi et voulu.

I. LES ÉTAPES DE LA PRÉVISION

Nous distinguerons les étapes de la prévision contingente, nécessaire et insuffisante.

1.1. *La prévision : une notion contingente*

La notion d'avenir et par conséquent la prévision n'ont pas toujours existé puisque c'est dans les langues indo-européennes que sont apparues les formes verbales du futur ; la prévision est une notion contingente qui dépend des époques et des sociétés.

Jusqu'à la révolution industrielle, la prévision n'est pas nécessaire, d'ailleurs le mot « avenir » ne figure pas dans *L'Encyclopédie* de Diderot¹.

La prévision se confond avec la prédiction et la prophétie, c'est-à-dire qu'elle se résume à une révélation : « La prévision : terme de théologie ; il se dit de Dieu et signifie connaissance de ce qui adviendra » (*Dictionnaire de Richelet*, 1739, cf. [24]², p. 28).

L'avenir est conçu comme quelque chose qui serait au présent ce que le présent est au passé. De là, à imaginer qu'il n'y a qu'un avenir unique, prédéterminé, de la même manière qu'il n'y a qu'un seul passé, le pas est franchi d'autant plus aisément que tout est écrit de la main de Dieu.

Cette prévision-prédiction ne permet pas d'agir puisqu'elle révèle la fatalité. Face à cet avenir inévitable l'homme adopte une attitude passive, il subit son destin. En effet, à quoi bon réfléchir à l'avenir ? A quoi bon encombrer le présent des malheurs futurs ? Demain sera demain et il n'y a rien à y changer. La prévision, lorsqu'elle existe, est d'autant moins nécessaire que le monde change lentement et que demain ressemblera à aujourd'hui, comme aujourd'hui à hier. Cette attitude passive face à l'avenir et la contingence de la prévision persistent encore dans la plupart des sociétés

1. Plus significatif encore, le mot prévision ne figure pas une seule fois dans l'index des concepts de *l'Histoire de la pensée économique* d'Henri DENIS (cf. [14]).

Dans le même ordre d'idée le mot prospective n'est pas même évoqué dans le chapitre consacré à la prévision du *Dictionnaire des sciences économiques* publié en 1958 (cf. [15]).

2. Les chiffres entre crochets renvoient aux numéros de la bibliographie, *infra*, p. 185.

traditionnelles. En revanche, dans nos pays industrialisés, le déclin de la religion a permis une nouvelle attitude face à l'avenir en même temps que la prévision devenait nécessaire.

1.2. *La prévision nécessaire*

L'accélération du changement et l'action de l'homme sont à nos yeux les deux facteurs essentiels qui rendent la prévision nécessaire.

1.2.1. *L'accélération du changement.* — Le changement s'accélère et devient perceptible à tel point que l'on peut dire que le plus grand des changements serait la fin du changement.

Ce mouvement est appelé à s'amplifier, car « la résolution de tout problème en pose de nouveaux et en révèle qu'on ne soupçonnerait pas avant d'avoir résolu les premiers » (L'Allemand, cf. [6], p. 237).

Par conséquent, plus on résout de problèmes plus il y en a à résoudre, la bonne réponse est celle qui pose les bonnes questions ; ainsi, et pour les mêmes raisons, le changement appelle le changement.

S'il n'y avait pas de changements, demain serait comme aujourd'hui. Mais, au fur et à mesure que l'évolution du monde s'accélère, la prévision de celle-ci s'impose de plus en plus.

En effet, ne pas réfléchir à l'avenir c'est, qu'on le veuille ou non, une façon de l'engager, alors que dans le même temps ceux qui ont conscience les premiers des changements sont les mieux placés pour en tirer profit. Il faut « voir avant » pour mieux saisir les occasions.

Face à l'accélération du changement on peut adopter deux attitudes, l'une adaptative et subie, l'autre active et volontaire.

Dans l'attitude adaptative, l'homme cherche à tirer le meilleur parti du changement imposé, à « prévoir l'avenir pour mieux s'y adapter » (Pierre Massé).

À ce titre, la prévision est devenue à un tel point nécessaire qu'elle s'érige en discipline autonome, c'est l'ère de la prévision parcellaire.

Le succès de la prévision technologique illustre bien ce phénomène, l'évolution des sciences et techniques est considérée comme « la cause des causes » ; pourtant, la science n'est qu'un produit de la société, la partie ne peut expliquer le tout.

Dans l'attitude active, l'homme reconnaît que la conscience du changement peut accélérer et orienter ce changement et que, par conséquent, celui-ci n'est pas imposé. Toutefois, cette contribution de l'action humaine à l'explication de l'avenir reste le plus souvent marginale car, dans le même temps, la prévision s'attache à rechercher dans le prolongement du passé un avenir unique et prédéterminé¹. Il y a donc une contradiction relevée par la plupart des auteurs entre l'action qui suppose la liberté et la prévision déterministe.

Si l'action humaine est la cause du changement, elle est aussi largement conditionnée par celui-ci, c'est en ce sens que l'action humaine rend la prévision nécessaire.

1.2.2. *Action et prévision.* — « La prévision est faite pour l'action, savoir pour prévoir afin de pourvoir » (G. Berger, cf. [7], p. 230).

Plus les changements seront rapides, moins il faudra tarder pour les comprendre et infléchir les orientations prises antérieurement. Comme le fait remarquer Gaston Berger, plus une automobile roule vite plus les phares doivent porter loin.

Les décisions à prendre et les actions à engager rendent la prévision nécessaire, d'une part parce que les conséquences de nos actes se produiront dans un monde profondément différent de celui où nous les aurons préparés, d'autre part

1. L'incertitude qui pèse sur les résultats de la prévision ne résulte pas du fait que plusieurs avènements sont possibles mais porte sur la plus ou moins bonne précision avec laquelle on a repéré l'avenir unique recherché.

parce que, le plus souvent, le long terme commande le court terme¹, le projet explique l'action. Enfin, remarquons que si l'action rend la prévision nécessaire, à son tour, la prévision n'est pas neutre mais commande l'action². Ainsi, le plan que l'on peut définir comme un choix d'objectifs appuyé sur un ensemble cohérent de moyens n'a de réalité que par ses objectifs et n'existe pas sans prévision. Planifier oblige à prévoir, mais l'établissement de prévisions conduit dans une certaine mesure à planifier et, comme c'est par exemple le cas en matière démographique, à engager des actions correctives.

1.3. *La prévision insuffisante*

On peut mesurer l'insuffisance de la prévision aux erreurs répétées³ et conséquentes, comme par exemple l'absence de prévision des crises économiques qui rendent souvent les prévisions plus trompeuses qu'utiles et qui expliquent en grande partie ce que l'on peut appeler la « crise de la prévision ».

Les causes de ces erreurs méritent une analyse détaillée, nous la ferons ultérieurement ; on peut déjà remarquer que les données du passé et du présent n'ont un sens qu'à la lumière de la théorie avec laquelle on les considère ; il y a

1. En Recherche-Développement il faut en moyenne dix années pour qu'un produit vraiment nouveau voie le jour, il faut par conséquent l'envisager en fonction de son futur marché (R. SAINT-PAUL et P. F. TENIÈRE-BUCHOT, cf. [56]).

Si l'on veut construire un troisième aéroport dans la région parisienne d'ici 1990, après Roissy, c'est maintenant que la décision doit être prise, compte tenu de ce que l'on pense de l'évolution du transport aérien.

« S'il s'agit de biens durables, les prévisions à court terme des producteurs sont fondées sur les prévisions à long terme des investisseurs » (KEYNES, cf. [25], p. 72).

2. « Un simple changement de prévision est capable, en produisant ses effets, de provoquer une oscillation semblable dans sa forme à un mouvement cyclique » (KEYNES, cf. [25], p. 70).

3. « Depuis Malthus les économistes professionnels paraissent avoir été insensibles au désaccord entre les conclusions de leur théorie et les faits d'observation » (KEYNES, cf. [25], p. 56).

donc autant d'interprétations possibles que de théories différentes.

Malheureusement, la prévision ne retient le plus souvent qu'un seul ensemble d'hypothèses, n'utilise qu'un seul modèle. De plus, non seulement au départ les données dont on dispose sont incomplètes, mais à l'arrivée le modèle a fait oublier les hypothèses et la prévision s'impose d'autant mieux qu'elle est chiffrée.

Ainsi, le plus souvent, les modèles s'appuyant sur des données du passé quantitatives, incomplètes et entachées d'erreurs sont impuissants à prévoir un avenir qui ne se situe pas dans le prolongement du passé et qualitativement différent du présent.

La confusion qui règne le plus souvent entre prévision et planification nous semble particulièrement révélatrice du fait que le terme de prévision reste imprégné « du parfum de son sens classique et fort » de prédiction (B. de Jouvenel, cf. [24], p. 24), cherchant à révéler un avenir prédéterminé et unique comme le passé.

En effet, dans le plan indicatif français par exemple, les prévisions deviennent des objectifs ; en l'absence de projet de société, ce que l'on pense devenir se transforme le plus souvent en ce que l'on affiche vouloir être. En revanche, dans le plan volontariste algérien, les objectifs sont fréquemment considérés comme des prévisions.

Dans les deux cas il faudrait mieux distinguer le souhaitable du réalisable, ne pas confondre prévision et objectif et ne pas affirmer, comme dans le plan français, que tel objectif non tenu n'était qu'une prévision et ne pas assimiler, comme dans le plan algérien, tel objectif non atteint à une erreur de prévision ; car les objectifs résultent d'un choix, et tant qu'ils ne sont révisés ils sont certains alors que la prévision est nécessairement multiple et incertaine.

1. « Depuis près de vingt ans, nombre d'animateurs du plan ont eu une tendance fâcheuse à déclarer inéluctables les orientations qu'ils soutiennent et techniquement irréalisables celles qu'ils réprouvent » (D. VILLEY et C. NÊME, cf. [37], p. 357).

En effet, il n'y a pas de sens unique dans l'évolution de l'histoire. De la même manière qu'une situation donnée peut résulter de plusieurs évolutions différentes, elle peut aussi être l'origine de plusieurs autres.

Néanmoins, il ne suffit pas de constater l'insuffisance de la prévision, il faut aussi l'expliquer.

Assez paradoxalement c'est l'action qui, comme nous l'avons souligné, rend la prévision nécessaire et c'est aussi l'action qui rend la prévision insuffisante.

Comme l'écrit R. Boudon, « le fait que l'homme soit capable de désir, d'anticipation, de calcul est incompatible avec une explication par les causes »¹ (cf. [8], p. 26). Ainsi, « l'incertitude est liée aux actions humaines » (Y. Barel, cf. [4], p. 56) et la pluralité de l'avenir s'explique par les degrés de liberté de l'action humaine. Dès lors, c'est l'homme qui forge son avenir ; la reconnaissance de ce phénomène est à l'origine de la prospective.

2. LA PROSPECTIVE, UNE CRÉATION DE L'AVENIR

La prospective est née de cette prise de conscience d'un avenir à la fois domaine de déterminisme et de la liberté ; elle correspond à une attitude créative face à un avenir à la fois subi et voulu.

Le mot prospective dont G. Berger est le père s'est rapidement imposé pour traduire cette nouvelle attitude face à l'avenir. En effet, le mot prévision reste trop imprégné de son sens classique de prédiction et signifie surtout prévision chiffrée².

1. N'est-ce pas ce que signifiait KEYNES lorsqu'il écrivait : « La spéculation l'emporte souvent sur l'entreprise » ; « Spéculation : activité qui consiste à prévoir la psychologie du marché » ; « Entreprise : activité qui consiste à prévoir le rendement escompté des capitaux pendant leur existence entière » (cf. [25]).

2. Alors que « toutes les décisions économiques ont pour caractéristique qu'infiniment de variables quantitatives et non quantitatives doivent être combinées en un seul acte de décision » (O. MORGENSTERN, cf. [33], p. 3).

Pour se situer par rapport à l'avenir, il faut d'abord le faire par rapport au passé, or ce que nous regrettons dans le passé c'est l'avenir qu'il avait devant lui¹. Ainsi, le passé n'est qu'un avenir mort, un projet éteint, les données ne sont que des actions cristallisées.

Le seul déterminisme que nous reconnaissons au passé, ce sont les degrés de liberté en plus ou en moins dont l'homme dispose de par son action passée pour agir dans le présent en vue de ses projets d'avenir.

Ce qui est subi dans l'avenir résulte des actions passées, ce qui est voulu explique les actions présentes. Or, il n'y a pas de volonté sans objet et l'objet de la volonté c'est précisément que le désir se réalise.

Le projet entraîné par le désir est le moteur de l'action, le passé est révolu et le présent sans cesse passé, seul l'avenir compte², « l'avenir est la raison d'être du présent » (N. Grimaldi, cf. [22], p. 18).

Le projet est entretenu par l'existence de manques réels et virtuels, c'est-à-dire d'écarts entre la réalité présente ou anticipée et les aspirations.

C'est parce qu'il y a une transformation permanente des « besoins aspirations en besoins obligations » (P.-H. Chombart de Lauwe, cf. [12]) que « les besoins sont sans bornes et extensibles » (K. Marx, cf. [31]).

Ainsi, avec Henri Lefebvre nous réhabilitons « le désir comme force productive » (cf. [27]); d'ailleurs, n'est-ce pas la même chose que signifiait le jeune Marx lorsqu'il parlait de « forces productives matérielles et spirituelles »

1. « Ils ne désirent pas revivre leur amour passé mais vivre présentement cet amour comme ils le vécurent alors, ayant devant soi ce grand avenir aujourd'hui éboulé derrière eux. Ce qu'ils ont perdu et ce qu'ils pleurent dans le passé, ce n'est donc pas le passé mais l'avenir » (N. GRIMALDI, cf. [22], p. 82).

2. « Nous jouons avec nos souvenirs mais nous orientons notre action présente en imaginant ce que, dans un laps de temps donné, nous penserons de nous-mêmes, tels que nous sommes aujourd'hui » (J. BOURBON-BUSSET, cf. [7], p. 93).

(cf. [31]) et C. Fourier de « production désirante »¹.

Reconnaître le désir comme force productive d'avenir c'est par la même occasion réhabiliter le subjectivisme et l'utopie² et réconcilier l'imagination poétique avec le raisonnement scientifique ; c'est finalement comprendre pourquoi la structure des rapports sociaux éclate dès lors qu'un certain ordre de contrainte entre en contradiction avec le désir et devient intolérable.

Dès lors, l'objet de la prospective c'est d'effacer la coupure entre le possible et le réel, de combattre « l'absurde, ce divorce entre l'esprit qui désire et le monde qui déçoit » (A. Camus, cf. [11]).

L'objet de la prospective est d'engager l'action présente en fonction du projet animé par le désir, de manière à préparer l'avenir souhaitable ; d'où son caractère nécessairement subjectif puisqu'il y a autant de souhaitables que de systèmes de valeurs différents : le fait est un, sa lecture est multiple.

La prospective est encore plus nécessaire que la prévision, car l'action humaine qui rend la prévision insuffisante trouve dans la prospective un sens en même temps qu'elle lui en donne un.

Par ailleurs, il faut remarquer qu'il n'y a pas d'avenir unique inscrit dans le prolongement du passé, mais une pluralité d'avenirs possibles, les futuribles, dont le cheminement est construit du futur vers le présent par rétroaction et non par projection.

Par conséquent, la prospective ne se limite pas à une simple pré-vision, exploration de l'avenir, mais comprend

1. Cf. L'utopie retrouvée, *Le Monde*, 2 juin 1972 ; cf. Pour une philosophie du désir, *Le Monde*, 23 avril 1975.

2. Le mot utopie est trop souvent assimilé à tort à impossible. En effet, u-topie signifie littéralement sans lieu, c'est-à-dire qui n'existe pas, ce qui n'exclut pas l'éventualité d'une existence future.

Nous réfutons en particulier la thèse selon laquelle « l'utopie est le chemin que l'on prend lorsque l'action est dépourvue de sens » (Y. BAREL, cf. [4]) ; bien au contraire, l'utopie en tant qu'objet virtuel du désir est la source où l'action puise son sens.

surtout une « rétro-vision » consistant à remonter les chemins qui convergent sur la norme d'avenir que l'on s'est fixé de manière à repérer ceux qui partent du présent.

La prévision construit un avenir à l'image du passé, la prospective se tourne vers un avenir résolument différent du passé car les problèmes changent plus vite qu'ils ne se résolvent et prévoir ces changements est plus important que de trouver des solutions qui s'appliqueraient à des problèmes passés.

C'est l'action de l'homme qui accélère et oriente le changement, mais l'homme subit aussi ce changement en tant que contrecoup des actions passées dans lesquelles il a engagé son avenir¹. Ce n'est pas tant le poids des actions passées qu'il supporte que l'affluence des actions présentes qui viennent bousculer son présent et hypothéquer son avenir. Ainsi, « nous avons tendance à surengager l'avenir, de sorte que, lorsque l'avenir devient le présent, nous semblons toujours éprouver un manque aigu » (I. Illitch, cf. [23], p. 365).

Il y a certainement une contradiction à engager de plus en plus l'avenir alors que celui-ci est de plus en plus changeant et incertain².

La prospective doit donc guider nos actions présentes de telle façon que notre avenir ne soit pas compromis de manière irréversible.

La prospective doit contribuer à conserver le maximum de degrés de liberté, puisque ce qui est subi ce sont les degrés de libertés épuisés à tort, ce qui est voulu, ce sont les degrés de liberté que l'on sème pour en récolter d'autres.

1. « Une vitesse accrue consomme une plus grande part de budget temps et augmente en même temps le sentiment de harcèlement » (I. ILLITCH, cf. [23], p. 365).

2. La généralisation de l'endettement à long terme pour l'achat d'un appartement illustre bien ce phénomène.

Notons au passage qu'il conviendrait de s'interroger sur la signification de cette perpétuelle fuite en avant d'autant que « quand je ne suis pas encombré je m'ennuie... Il n'y a que les creux qui sont encombrants » (L'homme encombré, *Prospective*, n° 15, PUF).

Si l'on admet avec G. Berger que « la vieillesse c'est le rétrécissement du champ des possibilités » (cf. [6]), on peut penser que ce qui n'est plus possible dans l'avenir est le fruit de notre action passée, et que ce qui reste et restera possible est conditionné par notre action présente.

La prospective, produit d'une nouvelle attitude de l'homme face à l'avenir, nécessite un nouveau comportement vis-à-vis de la connaissance.

L'opposition « utopie/science ou encore raison/rêve ou folie s'abolit dès que l'on se place du point de vue d'une vérité révolutionnaire guidée par le désir » (L'utopie retrouvée, *Le Monde*, 2 juin 1972).

Nous rejoignons aussi André Breton (cf. [9]) lorsqu'il écrivait : « Il est absolument insuffisant selon moi de préconiser l'usage d'une manette à l'exclusion de toutes les autres. »

Celui qui ne se sert que d'une seule manette pour mener sa recherche mutile sa pensée. Cette infirmité se présente sous deux aspects : il peut tout aussi bien s'agir d'un manque de raisonnement (vouloir privilégier l'émotionnel, l'intuitionnel, par rapport à la raison serait tout aussi absurde que l'inverse, ce serait franchir un obstacle pour buter sur son symétrique) que de l'inverse contre lequel nous nous insurgons ici, qui est peut-être ce que Fourier qualifiait d'« égarement de la raison », expression disant tout aussi bien que la raison a été égarée et qu'il faut la redresser ou qu'elle est en elle-même égarée et qu'elle doit laisser place à l'attraction passionnelle (le cœur a des raisons que la raison ne connaît pas).

Ce qui caractérise cette pensée mutilée, c'est son impuissance à créer, à imaginer l'avenir ; la création lui échappe exactement comme un point de convergence qui reculerait.

« Le rationalisme absolu qui reste de mode ne permet de considérer que des faits relevant étroitement de notre expérience ; inutile d'ajouter que l'expérience même s'est vu assigner des limites ; elle tourne dans une cage d'où il est de plus en plus difficile de la faire sortir... Sous couleur de civilisation, sous prétexte de progrès, on est parvenu à proscrire tout mode de recherche de la vérité qui n'est pas conforme à l'usage » (A. Breton, cf. [9]).

Aux lieu et place de cette pensée mutilée, nous substituons une pensée totale. En face de cet homme mutilé, à la fois produit et géniteur d'une société répressive, mutilante, où l'homme est à lui-même son propre terroriste, ce que nous proposons c'est un homme libéré, pour qui aucune voie n'est *a priori* exclue et dont les désirs sont la principale force productive d'avenir.

Notre horizon n'est pas figé ; cet homme maître de lui-même est d'abord maître de son développement, c'est-à-dire aussi de celui des forces productives ; il n'est plus déchiré par les contradictions, mais il trouve dans ces contradictions l'occasion d'une remise en cause perpétuelle au cours de laquelle il se redéfinit, se libère, se recrée sans cesse... Il n'y a plus divorce entre l'homme et sa vie, entre le désir et ce qui est. Il y a maîtrise de l'existence.

L'utopie d'hier est la réalité d'aujourd'hui, une autre utopie se dessine ; le changement ne signifie plus inadap-tation, mais équilibre pour un homme qui se sent dans son milieu comme un poisson dans l'eau. L'homme et la société ne sont plus séparés, ils sont portés par le même processus de structuration, unis dans une même dialectique. Le but de la prospective est atteint : l'utopie d'aujourd'hui se transforme en réalité de demain.

Nous sommes partis d'une histoire sans prévision — la prévision contingente — pour aboutir à une tentative de prévision de l'histoire — la prévision nécessaire —, mais celle-ci nous semble vouée à un échec — prévision insuffisante — dans la mesure où « la cause des causes » du changement, c'est-à-dire l'action de l'homme, suppose la liberté et est par conséquent imprévisible.

La prévision au sens classique du terme n'est possible que lorsque l'homme, par ses actions passées, a surengagé son avenir à un point tel que seules une ou deux issues lui restent possibles.

La prospective correspond à une attitude créative face

à l'avenir, radicalement différente des attitudes adoptées classiquement en prévision, elle reconnaît le désir comme force productive d'avenir, elle réhabilite le subjectivisme et l'utopie.

C'est donc à partir d'une critique de ce que nous appellerons par commodité la prévision classique que nous pourrions caractériser la prospective en tant que nouvelle démarche de prévision globale, qualitative et multiple en avenir incertain ; c'est l'objet de la première partie de cette étude.

L'esprit critique n'a de sens que s'il est constructif. En conséquence, pour remplacer les vieux édifices méthodologiques minés par les erreurs de prévisions nous proposons une nouvelle approche prospective, c'est l'objet de la deuxième partie.

Enfin, nous n'oublions pas que la pratique des études prospectives est à la fois l'origine et le champ de validation de notre théorie, aussi nous présentons dans une troisième partie quelques cas concrets de prospective.

PREMIÈRE PARTIE

Pour une prévision globale qualitative et multiple en avenir incertain : la prospective

CHAPITRE PREMIER

Critique de la prévision classique

1.1. *La prévision et ses erreurs*

L'histoire économique de la société industrielle est marquée par de constantes erreurs de prévisions (N. Macrae, cf. [29]). Ce qui est grave ce n'est pas tant l'existence d'erreurs que l'oubli systématique des erreurs passées lorsque la prévision est établie, plus ses échecs sont retentissants plus la prévision a tendance à se montrer triomphante. L'erreur est tellement fréquente qu'elle pourrait bien finir par apparaître comme étant une des principales caractéristiques de la prévision.

Des erreurs répétées et conséquentes comme, par exemple, l'absence de prévision des crises économiques expliquent en grande partie ce que l'on peut appeler « la crise de la prévision ».

« La grande crise de 1929 n'avait été prévue ni dans son

moment, ni dans son ampleur. La pénurie annoncée se résout en surabondance d'énergie » (P. Massé, cf. [6], p. 99). A cette époque on envisage déjà sérieusement la gazéification du charbon et l'exploitation des schistes.

La découverte du pétrole du Moyen-Orient dans les années qui suivirent explique cette erreur mais ne la justifie pas, la cause de cette erreur se trouve dans l'absence d'imagination et de réflexion face à l'avenir ; en effet, « au lieu d'imaginer l'avenir à partir du présent, comme on fait d'habitude, il convenait de juger le présent en se plaçant dans l'avenir » (J. de Bourbon-Busset, cf. [6], p. 246).

On peut citer aussi les erreurs commises en 1943 par les démographes de Princeton qui ont annoncé pour la France une population de 39 millions d'habitants en 1951, 38,1 en 1960 et 36,9 en 1970 (cf. [24], p. 212). Remarquons au passage que l'énormité de l'erreur commise montre la ridicule précision avec laquelle les prévisions sont présentées.

En 1972, avant ce qu'il est convenu d'appeler « la crise de l'énergie », les prévisions de consommations énergétiques tablaient sur une poursuite de la tendance à la baisse des prix relatifs du pétrole jusqu'en 1980-1985. La crise économique actuelle montre, si besoin est, que les erreurs peuvent rendre les prévisions plus trompeuses qu'utiles.

La prévision chiffrée pose des questions et participe aux réponses, l'erreur fondamentale consiste à considérer ces réponses comme la solution au problème posé, d'autant plus qu'une erreur de raisonnement peut très bien se cacher dans une prévision exacte. « Même des théories fausses sont capables de prévisions exactes : témoin la théorie ptoléméenne d'après laquelle nous pouvons calculer la date exacte de la prochaine éclipse de la lune, tout en sachant parfaitement que la théorie est fausse. Ainsi, une prévision correcte ne prouve ni l'exactitude des prévisions qui l'ont précédée, ni la justesse de l'interprétation qu'on en a faite » (Morgenstern, cf. [34]).

Les causes d'erreurs de prévision sont multiples ; il est possible, sans pour autant prétendre à un recensement

exhaustif, de les regrouper pour l'essentiel en deux grandes catégories :

- d'une part, les causes d'erreurs valables pour toute prévision, qui résultent de la difficulté croissante de la prévision en même temps qu'elles l'expliquent ;
- d'autre part, les causes d'erreurs spécifiques à la prévision classique puisqu'elles résultent de ses caractéristiques propres.

1.2. *Les causes d'erreurs valables pour toute prévision*

L'insuffisance de la prévision se mesure au nombre croissant des erreurs qui sont commises dans ce domaine. Néanmoins, certaines de ces erreurs sont difficiles à éviter et cela tient à la nature de leurs causes ; celles-ci ont, certes, partiellement leur origine dans la difficulté croissante de la prévision due à *l'accélération du changement*, mais la cause des causes nous semble être liée à l'homme, c'est-à-dire, d'une part, à ses réactions face à la prévision et, d'autre part, à son comportement face à la connaissance.

A ce titre nous relevons :

- l'effet d'annonce ;
- l'inexactitude des données ;
- les simplifications arbitraires ;
- l'erreur d'interprétation ;
- les obstacles épistémologiques.

1.2.1. *L'accélération du changement.* — L'accélération du changement est à la fois cause de la nécessité et de l'insuffisance de la prévision. En effet, elle se traduit notamment par « l'irruption du structurel dans le conjoncturel ». Ce faisant, elle fait perdre à la notion de terme le rôle privilégié qui lui revenait encore il y a dix ans.

Les modèles de prévisions à court et moyen terme n'intégrant respectivement que les variables conjoncturelles et tendanciennes se révèlent impuissants à prévoir une évolution qui dépend de plus en plus de l'action des variables struc-

turelles. La notion de terme et des variables qui lui étaient associées ne résistent pas au changement.

Si l'on s'accorde avec C. Goux (cf. [19]) pour dire que le long terme se définit comme l'horizon où l'action des variables structurelles est prépondérante, on est amené à conclure à un rapprochement du long terme aux dépens du moyen terme.

Ainsi, l'accélération du changement se traduit par un rétrécissement du moyen terme et le condamne à disparaître, comme en témoigne l'extension des domaines où l'étude de ce qui se passera après deux ou quatre ans est considérée comme étant de la prévision à long terme.

1.2.2. *L'effet d'annonce.* — La publication d'une évolution à laquelle on s'attend peut, par sa diffusion même, provoquer des réactions qui viennent influencer cette évolution, c'est l'effet d'annonce.

A ce titre on peut distinguer, d'une part, les prévisions « autoréalisatrices », c'est-à-dire qui se réalisent par l'intermédiaire d'« effets ricochets », par exemple prévoir un taux d'inflation élevé contribue à alimenter psychologiquement cette inflation et, d'autre part, les prévisions « autodestructrices », c'est-à-dire qui ne se réalisent pas à cause des réactions (effets boomerangs) qu'elles entraînent. Ce dernier type d'erreur est parfois souhaitable et par conséquent recherché.

En effet, « prévoir une catastrophe est conditionnel, c'est prévoir ce qui arriverait si nous ne faisons rien pour l'empêcher » (P. Massé, cf. [6], p. 108). La prévision démographique est l'exemple même des erreurs recherchées dans la mesure où les avertissements qu'elle nous donne conduisent à engager des actions immédiates en vue de corriger l'évolution non souhaitée.

Cependant, les réactions collectives face à la prévision restent le plus souvent incontrôlées. Au moment de la guerre de Corée, on prévoyait un manque durable d'acier ; cette perspective a relancé l'activité de cette branche à un point

tel que, deux ans après, une production excessive avait remplacé la pénurie. « Un simple changement de prévision est donc capable par ses effets de provoquer une oscillation semblable dans sa forme à un mouvement cyclique » (Keynes, cf. [25], p. 70).

Ainsi, ce sont les phases successives d'optimisme et de pessimisme, les cycles du comportement qui expliquent les cycles économiques et non l'inverse.

D'autres causes d'erreurs de prévisions sont liées au comportement de l'homme face à la connaissance, il s'agit : de l'inexactitude des données, de l'erreur d'interprétation, des simplifications arbitraires, des obstacles épistémologiques.

1.2.3. *L'inexactitude des données.* — Nous définirons l'inexactitude par le triplet erreur, incertitude et imprécision (cf. C. Ponsard, [35]).

Non seulement les données dont on dispose ne sont pas suffisamment précises mais de plus elles sont incomplètes et entachées d'erreurs. « Le revenu national et le pouvoir d'achat des consommateurs ne peuvent probablement pas être connus sans une erreur entre ± 10 et $\pm 15 \%$ » (O. Morgenstern, cf. [33], p. 8), aussi nous serons d'accord avec cet auteur pour dire que « les statistiques ne sont qu'une forme plus élaborée du mensonge » et pour regretter que les chiffres statistiques soient publiés sans indication de l'erreur d'observation ou d'estimation qui a pu être commise.

Finalement, une grande incertitude pèse sur la fiabilité à accorder aux statistiques existantes et aux résultats que l'on en tire. « Si l'on fait l'observation simple que tous les taux d'évolution sont nécessairement affectés d'erreurs, même si elles sont très faibles, disons 2 ou 3 %, sur les quantités pour lesquelles on calcule des taux d'évolution, ces taux sont spectaculairement différents — avec même fréquemment des changements de signes — de ceux calculés en considérant qu'il n'y avait aucune erreur d'observation » (O. Morgenstern, cf. [33], p. 62).

Sans connaissance des erreurs, l'introduction de données

économiques dans les calculateurs à grande vitesse est « une opération dénuée de signification ». Le même auteur propose l'exemple suivant de deux systèmes presque identiques :

$$1 \begin{cases} x - y = 1 \\ x - 1,00001 y = 0 \end{cases} \quad 2 \begin{cases} x - y = 1 \\ x - 0,9999 y = 0 \end{cases}$$

dont les solutions sont radicalement différentes.

Le premier donne $x = 100001$ et $y = 100\ 000$.

Le second donne $x = -99999$ et $y = -100\ 000$.

Par ailleurs, les données dont on dispose sont à la fois incomplètes et surabondantes, les systèmes d'équations sont le plus souvent en même temps indéterminés et surdéterminés, c'est-à-dire qu'il y a plus d'équations que d'inconnues et plus d'inconnues que d'équations indépendantes. « Il semble même que ces deux derniers cas doivent être la loi dans un monde des phénomènes où il est rare d'obtenir l'information en quantité appropriée. Souvent trop ou trop peu » (A. Korganoff et Pavel Parvu, cf. [26]).

Ainsi, par exemple, les matrices carrées régulières constituent une exception dans la catégorie des matrices ; en général les matrices, même si elles sont carrées, sont de rang non maximum et singulières ; la résolution exacte ou approchée des systèmes correspondants demande alors que l'on impose des conditions supplémentaires telles qu'en donnant précisément les approximations et le lissage. Une grande incertitude pèse sur les conséquences de ces conditions et donc sur la validité des résultats.

Une condition particulière consiste à introduire des simplifications arbitraires et c'est une autre source d'erreurs de prévision.

1.2.4. *Les simplifications arbitraires.* — Comme nous l'avons souligné précédemment, l'information dont on dispose est à la fois incomplète et surabondante, les systèmes d'équations sont en même temps indéterminés et surdéterminés et les matrices correspondant à ces systèmes ne sont pas régulières.

Dire par exemple qu'une matrice n'est pas régulière, c'est dire aussi qu'elle n'admet pas d'inverse ; par conséquent, le système d'équations correspondant n'a pas une solution unique mais plutôt une infinité de solutions parmi lesquelles il y a une solution particulière fournie par la « pseudo-inverse » (cf. [26]).

Le mathématicien est fortement tenté de simplifier arbitrairement la matrice, de manière à la rendre inversible et à substituer, de la sorte, une solution unique et simple à l'absence ou à l'infinité de solutions.

Néanmoins, comme le montre un exemple disponible à la SEMA, les résultats obtenus à partir d'une simplification arbitraire n'ont aucun sens même si les calculs sont justes. Le modèle s'est substitué à la réalité en la déformant, ce faisant, les résultats sont faux, l'erreur de prévision est certaine.

Dans l'exemple proposé, l'erreur de prévision est d'autant moins décelable qu'une variation de plus ou moins 5 % du coefficient modifié ne change pas le résultat final. En apparence, la sensibilité des résultats à la simplification introduite arbitrairement est nulle ; ce qui donne à ce résultat un crédit et une fiabilité qu'il ne mérite pas. En effet, le résultat obtenu après simplification ne représente même pas une solution particulière parmi l'infinité des solutions possibles du système lorsque aucune simplification n'est opérée.

En apparence, la simplification est mineure mais en réalité elle est majeure si l'on considère ses conséquences sur le résultat.

1.2.5. *L'erreur d'interprétation.* — La prévision procède en général d'une lecture unique, alors que le fait est un et sa lecture multiple ; l'erreur d'interprétation qui en découle est à l'origine d'un grand nombre d'erreurs de prévision.

Comme le souligne B. de Jouvenel, c'est « parce que Marx regarde l'histoire comme une lutte de classes que la révolution de 1848 n'est à ses yeux qu'une parodie de la première révolution française... mais d'autres voient dans cette

révolution une prise de conscience des nationalités qui va se répandre sur toute l'Europe » (cf. [24], p. 313). Ainsi, il n'y a pas de réalité indépendante de la perception et la perception des faits dépend de la théorie avec laquelle nous les considérons.

Les faits objectifs ne sont rien ; ils n'existent qu'au travers de notre perception subjective. « Les données ne deviennent information scientifique que par le lien de la théorie » (O. Morgenstern, cf. [33]).

L'erreur d'interprétation est d'autant plus difficile à relever qu'une théorie fausse peut donner des prévisions exactes. Inversement, une théorie exacte pourra ne jamais être vérifiée ou tarder à l'être, témoin : la théorie de la relativité d'Einstein.

L'erreur d'interprétation est acceptable dans la mesure où interpréter c'est parier non seulement que la lecture que l'on a des phénomènes est la bonne, mais aussi qu'elle sera vérifiée.

Le pari est nécessaire dans la mesure où il n'y a pas de vérités absolues mais seulement des vérités relatives. Toute proposition est vraie et son contraire aussi, la seule chose qui compte c'est de savoir dans quelle proportion elle est vraie et dans quelle proportion elle ne l'est pas.

Comme le souligne Pavel Apostol (cf. [2], p. 203), un même couple dialectique thèse-antithèse peut conduire à plusieurs synthèses différentes toutes aussi valables les unes que les autres. Ce qui, remarquons-le au passage, ne signifie pas toutes aussi probables.

Mais l'esprit humain n'admet pas facilement cette pluralité car reconnaître que plusieurs interprétations sont possibles c'est relativiser et donc diminuer l'importance de chacune d'entre elles.

L'arbre cache la forêt, trouver une solution conduit d'une certaine manière à ne plus chercher les autres solutions et même à les refuser lorsqu'on les rencontre. On peut comprendre cette attitude au travers de la théorie des « obstacles épistémologiques » développée par G. Bachelard (cf. [3]).

1.2.6. *Les obstacles épistémologiques.* — Un certain nombre d'erreurs de prévision s'expliquent par le fait que nous ne regardons que la face éclairée des problèmes et cette lumière nous aveugle, elle nous cache ce qui est hors de son champ.

Nous pensons avec G. Bachelard que « c'est en termes d'obstacles qu'il faut poser le problème de la connaissance scientifique... D'une manière générale, les obstacles à la culture scientifique se présentent toujours par paires, c'est au point que l'on pourrait parler d'une loi psychologique de la bipolarité des erreurs ; dès qu'une difficulté se révèle trop importante on peut être sûr que, en la tournant, on butera sur un obstacle opposé » (cf. [3]).

Ainsi par exemple, dans sa démarche scientifique, l'homme a dû franchir l'obstacle du subjectivisme, mais en le tournant il est tombé sur celui de l'objectivisme ; la connaissance rationnelle (science) étouffe la connaissance sensible (poésie), c'est « la régularité dialectique des erreurs ».

Pourtant, le dialogue permanent entre la théorie et la pratique, fondement du principe de la connaissance, est nécessairement subjectif et objectif puisque le chercheur fait lui-même partie de la société qu'il se propose d'étudier. Ce dialogue ne doit pas seulement s'appuyer sur l'élément intellectuel mais aussi sur l'élément émotionnel ; c'est la réhabilitation du subjectivisme¹ et du désir comme force productive d'avenir (cf. notre introduction).

Finalement, les erreurs et par conséquent l'insuffisance de la prévision s'expliquent non seulement, comme nous l'avons souligné en introduction, par l'attitude de l'homme face à l'avenir, mais aussi par son attitude vis-à-vis de la connaissance, c'est-à-dire par ce que C. Fourier appelait « l'égarement de sa raison » attesté par les obstacles épistémologiques qu'il se refuse à franchir.

1. *Subjectivisme* : « en effet, nous n'admettons pas la scission entre la connaissance et la pensée, pas plus qu'entre la science et l'action, entre l'abstrait et le concret. Nous n'admettons pas la séparation entre ce qui doit être uni dans une seule et même dialectique » (H. LEFEBVRE, cf. [27], p. 146).

L'accélération du changement, l'inexactitude des données, les simplifications arbitraires, les erreurs d'interprétation et les obstacles épistémologiques sont autant de causes d'erreurs de prévision que l'on ne pourra sans doute jamais totalement effacer, ce qui n'exclut pas, bien au contraire, les efforts, et par conséquent les progrès dans ce sens.

En revanche, une autre catégorie d'erreurs plus spécifiques à la prévision classique nous semble pouvoir être supprimée rapidement.

1.3. *Les causes d'erreurs spécifiques à la prévision classique*

Toute démarche de prévision peut être caractérisée par une grille de lecture à plusieurs composantes :

1. La vision adoptée ;
2. Les variables étudiées ;
3. Les relations envisagées ;
4. L'explication retenue ;
5. L'avenir recherché ;
6. La méthode utilisée.

Le plus souvent, la prévision classique adopte une vision parcellaire, étudie des variables quantitatives, envisage des relations statiques, retient le passé comme clef d'explication d'un avenir unique, recherche et utilise des modèles déterministes comme méthode de prévision.

Ces caractéristiques spécifiques à la prévision classique sont les causes de nombreuses erreurs de prévision.

1.3.1. *Vision parcellaire.* — La prévision parcellaire ne retient que quelques variables explicatives et raisonne pour le reste comme si toutes choses étaient égales par ailleurs. Ainsi, par exemple, les prévisions de consommation d'énergie établies en 1972 pour la décennie 70-80 s'appuyaient sur l'hypothèse de la poursuite de la baisse des prix relatifs du pétrole, sans vérifier si cette hypothèse était confirmée ou

non par les perspectives de l'évolution des rapports de force mondiaux. On mesure aujourd'hui les conséquences d'une telle erreur de prévision.

Cette imprévision résulte notamment du fait que « les phénomènes économiques se caractérisent en tout premier lieu par l'apparition à l'intérieur de la vie sociale globale d'un secteur autonome qui agit de plus en plus intensément et efficacement sur les autres tout en subissant de moins en moins leur influence » (L. Goldman, cf. [18], p. 22).

L'économie s'érige en secteur autonome, la prévision économique est coupée de la prévision sociale et politique et elle est elle-même morcelée en prévision technologique, démographique, énergétique... en autant de branches qui font comme si elles n'appartenaient pas au même arbre.

Chaque discipline devient autonome et se considère elle-même comme la « cause des causes » et l'on assiste à une juxtaposition de prévisions isolées, incompatibles entre elles. Pourtant, au fur et à mesure que l'évolution s'accélère, tout est de plus en plus interdépendant, tout agit sur tout, tout change, « rien n'est plus égal par ailleurs » et une prévision globale s'impose.

1.3.2. *Variables quantitatives, objectives et connues.* —

La prévision se voulant essentiellement chiffrée, seules les variables quantitatives sont intégrées dans les modèles de prévision.

En ne retenant que les variables quantitatives, les modèles se révèlent incapables de prévoir les changements provoqués par l'évolution des variables qualitatives par « l'irruption du structurel dans le conjoncturel ».

Par ailleurs, comme nous l'avons déjà souligné, si les faits sont objectifs, leur perception, et par conséquent leur interprétation, est nécessairement subjective ; pourtant, toutes les variables retenues en prévision sont le plus souvent considérées comme objectives.

Les partisans de la prévision se refusent à remettre en cause l'objectivité de leurs variables et à intégrer des variables

non quantifiables puisque leurs modèles ne sont pas faits pour cela ; ils attribuent les erreurs de prévision et « l'imperfection des modèles économétriques aux variables cachées »¹ (O. Morgenstern, cf. [33], p. 84).

Remarquons au passage que nommer les choses c'est, d'une certaine manière, supprimer l'interrogation. Entourer ces variables de mystère en les qualifiant de « cachées » conduit, qu'elles existent ou non, à ne pas les chercher et à ne retenir que les variables connues et permet, par la même occasion, de ne pas s'interroger sur la validité du modèle de prévision.

1.3.3. *Relations statiques.* — Les méthodes de prévision classique (extrapolation de tendance, modèles mathématiques et économétriques) supposent l'existence de relations stables entre les variables qu'elles intègrent et font comme si les structures étaient constantes, ce qui serait tout à fait satisfaisant dans un univers à évolution lente, mais ce qui s'avère illusoire dans un monde où tout change de plus en plus rapidement.

On peut citer l'exemple de la corrélation classique entre énergie et PNB : le niveau de consommation d'énergie par habitant en l'an 2000 est déduit à partir du PNB prévu pour cette même année et en tenant compte du coefficient de corrélation constaté dans le passé entre ces deux variables.

Remarquons que la variable considérée comme « explicative » (le PNB) fait elle-même l'objet d'une prévision qui, elle-même, peut résulter d'une autre prévision, mais à un moment ou un autre on s'aperçoit que c'est finalement le temps qui est retenu comme variable « explicative ».

Certes, « il est parfois plus aisé de prévoir la consommation future d'un produit par sa consommation passée que

1. « Les variables cachées sont une invention, elles ne peuvent être observées. Si on ne peut les observer, admettons qu'elles n'ont pas de réalité et qu'il se peut très bien qu'elles n'existent que dans l'imagination de leurs auteurs » (L. BRILLOUIN, *Science and Information Theory*, 2^e éd., New York, 1962, p. 315).

d'en trouver la variable explicative » (C. Goux, cf. [19], p. 201) ; cependant, le temps n'est qu'une variable « pseudo explicative ».

De nombreuses erreurs de prévision résultent de cette confusion entre colinéarité et causalité¹, le temps n'explique rien ; une variable ne s'explique pas par elle-même, mais par l'évolution des relations qu'elle entretient avec d'autres variables elles-mêmes en mouvement ; les relations ne sont pas statiques, elles sont dynamiques.

1.3.4. *Le passé explique l'avenir.* — De nombreuses erreurs de prévision résultent du fait que l'on recherche l'explication du futur dans le passé. Les modèles économétriques, par exemple, s'appuient sur les séries observées dans le passé pour prévoir l'avenir et, même si les variables évoluent, elles le font en conservant des relations statiques. Ainsi, non seulement en prévision classique le futur s'explique par le passé, mais il est aussi à son image. Cette hypothèse n'est pas fondée et chaque jour en apporte la preuve puisque, notamment à cause de l'accélération du changement, l'avenir ressemble de moins en moins au passé : « L'avenir est comme le reste, il n'est plus ce qu'il était » (P. Valéry).

Par conséquent le déterminisme, c'est-à-dire « la possibilité de prévoir exactement les phénomènes à partir des données extraites des observations passées ou présentes »², n'est plus possible.

On peut se demander si cet indéterminisme apparent couvre un déterminisme caché, qui permettrait de comprendre ce que de Maria appelle les phénomènes entéléchiens, c'est-à-dire « le surgissement de faits nouveaux dont

1. « Il est clair qu'un modèle qui permet de prédire l'évolution de la consommation d'une denrée est socialement utile, mais il ne fournit pas une explication de cette évolution... Les modèles économétriques privilégient trop souvent la prédiction par rapport à l'explication » (R. BOUDON, cf. [8], p. 252).

2. L. BROGLIE, *Réflexions sur l'indéterminisme en physique quantique*, travaux du IX^e Congrès international de Philosophie, Hermann, 1937.

la détermination *a priori* est tout à fait impossible » (cf. [37], p. 353).

Nous pensons que si ces faits entéléchiens ne peuvent s'expliquer par les faits qui les ont précédés, c'est peut-être parce que la clef d'explication se trouve ailleurs que dans le passé, par exemple dans l'avenir ; c'est « l'avenir, clef d'explication du présent » (C. Goux) de la même manière que « le présent explique l'histoire et non l'inverse » (G. Berger).

Nous ne rejetons pas pour autant le principe de causalité selon lequel il n'y a pas d'effet sans cause, mais nous pensons que les effets peuvent se produire avant la cause et même si la cause ne voit jamais le jour, car il suffit à l'homme d'anticiper, de croire qu'elle se produira pour agir comme si elle s'était déjà produite. La cause est psychologique.

La théorie du revenu permanent de M. Friedman illustre parfaitement cette explication du présent par l'avenir ; en effet, selon cette théorie, la consommation d'un individu, à un moment donné, ne dépend pas uniquement de ses revenus antérieurs, mais dépend aussi de ses revenus futurs qu'il anticipe (cf. [16]).

1.3.5. *Avenir unique et certain.* — L'avenir d'aujourd'hui sera le passé de demain ; l'esprit humain procède par analogie, il constate que le passé est unique et que les faits passés sont certains, il sait qu'il n'y aura qu'un seul avenir et que les faits d'avenir au fur et à mesure qu'ils se produiront deviendront certains.

L'erreur de prévision commise fréquemment consiste à se laisser emporter par l'analogie et à conclure que, puisqu'un seul avenir se produira effectivement, cet avenir est inéluctable, et qu'il n'y en a pas d'autres possibles. On retrouve la prévision-prédiction dont l'objet est de révéler un avenir prédéterminé et par conséquent unique.

L'incertitude qui pèse sur les résultats de la prévision classique ne résulte pas du fait que plusieurs avènements sont possibles mais concerne seulement la plus ou moins bonne précision avec laquelle on a estimé cet avenir unique. On

retrouve ceci dans les modèles économétriques, où l'hypothèse de distribution normale des résidus conduit à fournir pour C_t la consommation de l'année t (expliquée par les revenus antérieurs), une fourchette d'estimation dans laquelle par exemple il y a 80 ou 90 chances sur 100 que C_t se trouve.

Cette notion de ligne d'avenir unique et certain (l'incertitude ne pesant que sur l'erreur d'estimation) est à l'origine d'un grand nombre d'erreurs de prévision, car l'avenir est multiple et cette pluralité le rend incertain.

Il faut reconnaître que prévoir plusieurs avènements est difficile, car c'est relativiser la validité de chaque raisonnement menant à chaque avenir ; malheureusement, le pourcentage d'erreurs de prévision est exactement égal à la somme des probabilités des futurs possibles que l'on a ignorés.

1.3.6. *Modèles déterministes et quantitatifs.* — Un modèle est un schéma simplifié de la réalité. Les modèles utilisés en prévision classique (mathématiques et économétriques) sont quantitatifs et déterministes.

Tout modèle peut être considéré comme une « boîte noire » dans laquelle rentrent des données et de laquelle sortent des résultats. Les modèles sont quantitatifs dans la mesure où les données d'entrée sont des variables quantitatives et où le résultat recherché est la prévision chiffrée.

L'erreur de prévision résulte du fait que l'on finit par considérer comme « certain » le résultat obtenu et par oublier que, d'une part, les données d'entrée sont incomplètes et entachées d'erreurs et que, d'autre part, le choix du modèle n'est pas neutre, il conditionne les résultats. La boîte noire renferme une théorie, une lecture des faits qui ne vaut que ce qu'elle vaut car le fait est un et sa lecture est multiple.

Les modèles de prévision sont déterministes, c'est-à-dire qu'« ils décrivent les états successifs du système considéré, une fois précisées les conditions initiales et les lois du changement » (R. Boudon, cf. [8]).

Ainsi, en prévision classique, non seulement le passé

explique l'avenir, mais il le fait selon des lois scientifiques comme dans les sciences exactes. Or, « la loi scientifique ignore l'histoire et ne conclut que du passé à l'avenir, elle est proprement intemporelle » (G. Berger, cf. [6], p. 18).

Parler de lois économiques c'est oublier que le temps est chargé du sens de l'histoire, de telle manière que les mêmes causes ne produisent jamais les mêmes effets et qu'un effet n'a jamais les mêmes causes ; « les séquences temporelles qui ont précédé la venue d'un événement ne précèdent pas nécessairement, en économie, un événement identique si elles se reproduisent. Les faits économiques d'aujourd'hui ne sont jamais entièrement déterminés par les faits et les conditions qui les ont immédiatement précédés » (H. Bartoli, cf. [5], p. 77).

Les modèles sont déterministes alors que la réalité passée, présente et à venir dépend pour une large part d'actions humaines qui sont du domaine de la liberté et est par conséquent incertaine. De plus, les modèles de prévision classique ne sont pas seulement déterministes, ils sont aussi quantitatifs et c'est une autre source d'erreurs de prévision puisque les causes de changements ne sont pas toutes quantifiables.

Les modèles quantitatifs rassurent, les mathématiques par exemple sont de plus en plus sophistiquées et en regardant fonctionner cette mécanique bien huilée on finit par oublier que les hypothèses et le choix du modèle conditionnent les résultats. « L'utilisation des mathématiques ne résout pas en lui-même le problème, même si elle permet de le poser de manière plus rigoureuse... Un système de concepts faux reste un système de concepts faux quand bien même on en déduirait un corps de théorèmes de manière rigoureuse... et la mise en équation ne lui octroie par elle-même aucune qualité scientifique » (S. Amin, cf. [1]).

Ainsi, à force de simplifier¹ la réalité pour le plaisir d'utiliser les mathématiques, on a fini par transformer les modèles en schémas déformants de la réalité.

1. Il convient de méditer cette phrase de P. VALÉRY : « Tout ce qui est simple est faux, tout ce qui est complexe est inutilisable. »

Conclusion

La vision parcellaire, les variables quantitatives, les relations statiques, l'explication de l'avenir par le passé, la recherche d'un avenir unique et prédéterminé à l'aide de modèles déterministes sont autant de causes d'erreurs spécifiques à la prévision classique qui relèvent d'une attitude passive ou adaptative face à l'avenir, où l'action et la liberté, c'est-à-dire finalement ce qui ne peut être mis en équation, n'ont pas leur place.

Pour que la prospective participe à la création de l'avenir par l'homme, il faut la doter de caractéristiques radicalement différentes de celles de la prévision classique afin d'éviter les erreurs qui peuvent l'être.

De nombreuses erreurs de prévision, et, par conséquent, la crise de la prévision qui en résulte, peuvent être évitées si l'on fait appel à la prospective, c'est-à-dire une démarche ayant de nouvelles caractéristiques mieux adaptées à la nature des problèmes que l'on a à résoudre ; c'est en ce sens que la crise de prévision contribue à l'essor de prospective.

CHAPITRE II

La prospective des systèmes : une prévision globale qualitative et multiple¹

2.1. *Les caractéristiques de la prospective*

Pour que la prospective participe à la création de l'avenir par l'homme il faut la doter de caractéristiques radicalement différentes de celles de la prévision classique afin notamment d'éviter les erreurs qui peuvent l'être.

C'est pourquoi la prospective adopte une vision globale, étudie des variables qualitatives, quantifiables ou non, envisage des relations dynamiques, retient l'avenir multiple comme clef d'explication du présent, utilise l'analyse intentionnelle (analyse structurelle, impacts croisés, scénarios) comme méthode de prévision.

Notons que c'est parce que l'avenir est multiple qu'il est incertain (probabilisable ou non), qu'il explique le présent et que son étude nécessite de faire appel à l'analyse intentionnelle. Ainsi, à la prévision classique parcellaire quantitative et unique nous opposons la prospective : une prévision globale qualitative et multiple.

2.1.1. *Vision globale.* — Les phénomènes que l'on est appelé à étudier apparaissent comme des ensembles de plus

1. Naturellement, il ne s'agit pas ici d'une définition de la prospective ; nous repérons seulement certaines des caractéristiques de la prospective visibles sous l'angle de la prévision.

en plus complexes où tout est de plus en plus interdépendant¹ et dont le tout, bien distinct de la somme des parties, est dans chaque partie.

Les parties sont interdépendantes, par conséquent un raisonnement s'appuyant sur une cascade de « toutes choses égales par ailleurs » est inapte à expliquer l'évolution d'un tel ensemble où tout bouge à la fois. Tout agit sur tout, « rien n'est plus égal par ailleurs » et une vision globale s'impose.

Ainsi, on ne peut faire de prospective sans replacer le sujet étudié dans le système économique et social auquel il appartient ; ce système économique et social est appréhendé sous forme d'une structure complexe, composée de plusieurs sous-structures liées, et l'explication du devenir de chaque sous-structure englobée passe par la compréhension de la structure englobante.

2.1.2. Variables

— Qualitatives, quantifiables ou non. — Nous partons de l'idée simple selon laquelle les éléments non mesurables risquent d'être déterminants. Notre ambition vise donc à prendre en compte, dans la mesure du possible, le qualitatif, en plus du quantifiable ; ce que l'on perd en formules, on le gagne en serrant de plus près la réalité.

— Subjectives. — En face du futur, le jugement personnel est souvent le seul élément d'information accessible pour la détermination des facteurs susceptibles d'agir sur le cours des événements.

Les variables que nous retenons ne sont pas objectives,

1. Les matrices de Leontief mettent bien en lumière l'interdépendance structurelle des branches industrielles.

L'évolution en hausse depuis 1945 de ratio $\frac{\text{Commerce extérieur}}{\text{Produit national brut}}$ pour la plupart des pays du monde illustre bien ce phénomène d'interdépendance croissante entre les économies.

La prévision économique d'un pays donné passe de plus en plus par une analyse de l'évolution économique internationale.

mais ce sont des jugements sur l'apparition ou non d'événements et sur leurs influences réciproques. En effet, dans une certaine mesure, toutes les variables sont subjectives puisque le chercheur fait lui-même partie de la société qu'il se propose d'étudier.

— Connues ou cachées. — On peut distinguer deux types de problèmes, les uns qui sont plutôt de nature logique et que l'on peut rattacher à une catégorie de notre expérience, pour lesquels une démarche rationnelle classique convient mieux *a priori*, et les autres, qui échappent à toute logique connue : les solutions dernières des problèmes sont peut-être rationnelles, mais la façon d'y parvenir ne l'est pas forcément.

A. Gordon [21] propose la synectique pour sortir l'imagination du champ limité de notre expérience. Il s'agit d'une attitude de recherche qui consiste à essayer de résoudre un problème avec des éléments pris en dehors du sujet, de mettre en dedans ce qui est en dehors et réciproquement. Selon lui, il faut « rendre l'insolite familier et le familier insolite ».

A notre sens, le mérite de cette lecture synectique qui permet d'obtenir des résultats contre-intuitifs revient aux surréalistes. En effet, A. Breton, dès 1933, ne présentait rien d'autre lorsqu'il écrivait : « Comparer deux objets aussi éloignés que possible l'un de l'autre et communiquer à chacun d'eux, quel qu'il soit, une vigueur qui lui manquait tant qu'il était pris isolément... plus l'élément de dissemblance immédiate paraît fort, plus il doit être surmonté et nié » (cf. [9]).

C'est cette méthode que nous proposons pour découvrir les variables cachées, mais peut-être essentielles pour l'évolution du système étudié.

2.1.3. *Relations dynamiques.* — Dans un univers où toutes les variables évoluent de plus en plus rapidement, on ne voit pas pourquoi leurs relations échapperaient à ce mouvement et resteraient immuables. Les relations ne sont

pas figées, elles changent, elles ne sont pas statiques, elles sont dynamiques.

Ainsi par exemple, dans l'étude du devenir de la consommation énergétique, ce qui importe ce n'est pas de projeter chacune des variables « explicatives » (PNB, comportement, etc.) à l'horizon considéré et d'opérer ensuite par simple homothétie, mais de déterminer la transformation globale des variables et des relations, car toutes les variables sont interdépendantes, elles s'expliquent les unes les autres.

2.1.4. *Avenir multiple et incertain.* — Le passé et le présent sont irréversibles, ils sont uniques et certains mais la connaissance que l'on en a est incomplète et si les faits du passé sont certains, ils ne sont qu'un chiffre du nombre inconnu de la réalité. Par conséquent, l'histoire n'est qu'un pari sur une interprétation parmi d'autres possibles car le fait est un et sa lecture est multiple¹ et de la même manière qu'il y a plusieurs avènements, il y a aussi plusieurs passés² mais pour des raisons bien différentes.

En effet, c'est l'incertitude qui pèse sur l'erreur d'interprétation que l'on peut commettre sur le passé qui nous conduit à parler de plusieurs passés (plusieurs nombres sont compatibles avec le chiffre que l'on connaît). En revanche, en ce qui concerne l'avenir c'est surtout sa multiplicité réelle qui le rend incertain plus que l'inverse.

L'avenir est à faire, plusieurs éventualités sont possibles, l'avenir est multiple et l'incertitude (probabilisable ou non) qui pèse sur lui est double : d'une part, l'avenir qui se réali-

1. Cf. 1.2.5, notre paragraphe consacré à l'erreur d'interprétation.

2. A ce titre, le développement suivant mérite d'être cité : « L'idée qu'il n'y a qu'un seul passé et plusieurs avènements est en partie une illusion d'optique. Elle repose sur la convention implicite que le passé est considéré comme une réalité et l'avenir comme un ensemble d'hypothèses. Elle consiste, pour reprendre la distinction de Karel Kosik, à assimiler les faits historiques à la réalité historique au lieu d'admettre que les faits sont un chiffre de la réalité. Il y a, certes, plusieurs avènements mais aussi plusieurs passés. Sur le plan de la réalité il n'y a qu'un seul passé et qu'un seul avenir, l'illusion d'optique consiste donc ici à envisager le passé sous l'angle de la réalité et l'avenir sous l'angle des faits » (Y. BAREL, cf. [4]).

sera effectivement reste inconnu, d'autre part, une erreur, c'est-à-dire un écart à une vérité¹, peut être commise dans l'appréciation des éventualités et l'estimation de cette erreur fait l'objet d'incertitude comme pour l'interprétation du passé.

La pluralité de l'avenir explique et est expliquée par les degrés de liberté de l'action humaine. Parmi les multiples futurs possibles, la réalisation effective de l'un ou de l'autre dépendra de ce que l'homme aura fait ou n'aura pas fait. La volonté humaine joue le rôle moteur, nous retrouvons le désir comme force productive d'avenir (cf. notre introduction).

Cette vision non déterministe de l'avenir où l'action humaine est primordiale n'est pas en contradiction avec le principe de causalité selon lequel il n'y a pas d'effet sans cause dans la mesure où une même cause n'engendre pas toujours le même effet et a en germe un éventail d'effets possibles. La liberté humaine s'exprime alors au travers des actions visant à faire éclore telle ou telle potentialité, telle ou telle fin².

Finalement, c'est la pluralité de l'avenir qui le rend incertain et l'objet de la prévision est double ; il consiste, d'une part, à repérer les futurs possibles et, d'autre part, à estimer (lorsque c'est possible) leurs probabilités de réalisation compte tenu, le cas échéant, des actions qui peuvent être engagées dans tel ou tel sens.

2.1.5. *L'avenir, raison d'être du présent.* — La prospective se fonde sur une méthode de lecture de l'histoire. Nous rejetons, en particulier, l'explication causale selon laquelle l'explication d'un état présent ne saurait se trouver que dans le passé alors qu'il s'agit plutôt d'explorer le passé et de l'expliquer à partir du présent ; il faut donc envisager ce présent comme « un état dynamique et concret de tension

1. C. PONSARD, cf. [35].

2. Nous reviendrons sur ce point dans le paragraphe 2.2.3.4 consacré à l'évolution des systèmes.

entre les forces orientées vers l'avenir et leur blocage par des forces agissant en sens contraire qui tendent à empêcher son développement » (L. Goldman, cf. [18], p. 25).

Il faut envisager l'avenir relié au présent, de la même manière que le présent explique le passé. Ainsi s'éclaire la formule du Pr Goux : « L'avenir, clef d'explication du présent » (cf. [20]).

Nous connaissons assez bien les forces du passé, mais, pour expliquer le présent, il faut en plus s'interroger sur l'avenir ; on comprend mieux aujourd'hui ce qui s'est passé en 1960 ; pour comprendre ce qui se passe aujourd'hui, il faut donc se placer en 1985 ou au-delà.

Compte tenu du caractère essentiellement subjectif de la réflexion sur le futur, c'est surtout l'idée que l'on se fait de l'avenir qui explique le présent. Ainsi, par exemple, en faisant dépendre la consommation d'un individu, à un moment donné, de la conception qu'il se fait de ses revenus futurs (théorie du revenu permanent), Milton Friedman accorde beaucoup d'importance aux facteurs psychologiques.

Dire encore que la production d'une année donnée dépend du prix des années antérieures n'explique rien en soi, pour l'entrepreneur c'est seulement l'idée qu'il se fait du prix courant des années à venir, relativement ou non à celui des années passées, qui détermine sa production ; c'est l'image du futur qui s'imprime dans le présent.

2.1.6. *Analyse intentionnelle*. — Restituer à l'action humaine la place qui lui revient dans le processus de création de l'avenir (cf. notre introduction) c'est aussi reconnaître le rôle moteur joué par les intentions (le désir comme force productive) des différents acteurs impliqués dans les phénomènes étudiés. La prise en compte de ces stratégies nécessite que l'on considère l'analyse intentionnelle¹ comme méthode privilégiée de la prospective. Par analyse intentionnelle nous entendons toutes les méthodes qui traitent des

1. Le mot est de G. BERGER (cf. [6], p. 24).

variables d'opinions¹ (jugements, paris, probabilités subjectives...) comme l'analyse structurelle, Dephi, les méthodes d'impacts croisés, la méthode des scénarios, etc.

Finalement, il faut faire appel à de nouvelles méthodes n'enfermant pas l'esprit humain dans des schémas rigides mais permettant de guider au mieux la réflexion sans supprimer de degrés de liberté à l'imagination et en tirant le meilleur parti des informations que l'on peut recueillir. La deuxième partie de notre étude est précisément consacrée à l'exposé d'un certain nombre de méthodes que nous avons développées pour obtenir une vision globale qualitative et multiple de l'avenir.

2.1.7. *Conclusion.* — A la prévision classique parcellaire quantitative et unique nous opposons la prospective, en tant que prévision globale qualitative et multiple ; notons que cette dernière caractéristique renferme, en quelque sorte, les autres dans la mesure où c'est parce que l'avenir est multiple qu'il est incertain (probabilisable ou non), qu'il explique le présent et que son étude implique l'analyse intentionnelle.

L'interdépendance croissante des phénomènes impose une vision globale qui elle-même nous interdit de raisonner « toutes choses égales par ailleurs » et nous conduit à considérer des ensembles complexes d'éléments en relation, c'est-à-dire des systèmes. Ainsi, c'est au nom de cette vision globale que nous parlerons de prospective des systèmes.

2.2. *La prospective des systèmes*

Pour définir la prospective, il ne suffit pas d'opposer ses caractéristiques à celles de la prévision, il faut aussi préciser son objet, son but, ses limites et rappeler ses relations avec les autres formes de prévision.

1. Il n'y a pas à proprement parler de statistique de l'avenir, en face du futur, le jugement personnel est pratiquement la seule information disponible.

2.2.1. *L'objet de la prospective.* — L'objet de la prospective est double, il comprend d'une part une phase exploratoire de « prévision » et d'autre part une phase normative de « rétrovision ».

La phase de prévision se présente comme une démarche à trois niveaux :

1. L'exploration des futurs possibles, c'est-à-dire tout ce que l'imagination nous permet d'envisager.
2. La délimitation des futurs réalisables¹, c'est-à-dire tout ce qui est possible, compte tenu des contraintes matérielles, humaines, temporelles.
3. La spécification des futurs souhaitables relativement aux critères de celui ou de ceux qui s'interrogent sur l'avenir.

Cette phase de prévision doit être complétée par une rétro-vision normative permettant de repérer quels sont le ou les cheminements qui mènent à tel ou tel futur possible.

2.2.2. *Finalité et limites de la prospective.* — La prospective a pour but de préparer l'avenir retenu comme objectif (c'est-à-dire un souhaitable réalisable).

La prospective doit guider nos actions présentes de manière à élargir le champ des réalisables de demain ; en particulier, la prospective doit conduire à bien peser des décisions qui, par leurs effets irréversibles, pourraient compromettre l'avenir ou tout du moins l'amputer d'un certain nombre de degrés de liberté. Ainsi, le critère d'une décision prospective est moins la recherche du maximum d'avantages immédiats que le souci de minimiser le nombre de choses auxquelles on renonce nécessairement en opérant un choix.

La prospective possède une *limite* : toute démarche prospective fait appel à des choix au niveau des hypothèses de base et le résultat est imprégné par un système de valeur

1. D'aucuns diraient plausibles, mais nous préférons réalisables par analogie avec la programmation linéaire.

implicite ou explicite et ne vaut que dans la mesure où ce système est lui-même acceptable.

C'est précisément cette limite qui peut rendre la prospective antidémocratique dans la mesure où le système de valeur qui l'anime se cache dans le dédale des techniques.

De plus, la prospective par sa « fonction idéologique »¹ représente aussi un danger de mobilisation (ou de démobilisation) des masses, par exemple, pour mieux faire accepter les difficultés du moment au nom du projet futur ; c'est le thème des générations sacrifiées, il peut s'agir à l'extrême d'un véritable détournement idéologique, « comme si parler de l'avenir constituait un avenir »².

Enfin, la prospective représente la forme la plus englobante d'interrogation sur le futur, en particulier elle englobe :

- la prévision à long terme : démarche exploratoire qui s'appuie sur des extrapolations de tendances et considère le futur comme une image homothétique du présent ;
- la planification, c'est-à-dire le retour normatif de la prévision à long terme.

La corrélation classique entre consommation et PNB est un exemple type de cette boucle. On déduit le niveau de consommation par habitant en l'an 2000 à partir du PNB prévu pour cette même année ; la démarche normative vient boucler le raisonnement ; on part de ce résultat et l'on détermine le programme d'investissements productifs qui permettra de l'atteindre.

1. Ce rôle idéologique est d'ailleurs reconnu par MARX lorsqu'il écrit : « Quiconque compose un programme de société future est réactionnaire »³.

On peut faire deux interprétations de cette phrase, l'une condamne la prospective et l'autre non.

La première interprétation correspond aussi à la phrase suivante de BAKOUNINE : « Tout discours sur l'avenir est criminel car il entrave la destruction pure et simple et arrête le cours de la révolution » et condamne par conséquent la prospective.

La seconde interprétation condamne l'existence d'un programme en tant que schéma rigide qui risque de surengager l'avenir et de s'opposer aux changements non prévus et de museler ainsi l'action humaine, c'est-à-dire finalement d'être antiprospectif.

2. Y. BAREL, cf. [4].

— La prévision technologique, c'est-à-dire la prévision de l'évolution des sciences et des techniques. La science est un pur produit de la société et ne peut donc suffire à l'expliquer.

— L'évaluation technologique. Terme récent qui désigne une pratique déjà bien connue des économistes, la prise en compte et la comptabilisation des effets externes (retombées) engendrés par la réalisation de certains projets.

2.2.3. *Les systèmes.* — Nous ne prétendons pas ici dresser un panorama des différentes théories de système, d'autant que cette synthèse a déjà fait l'objet en France d'un certain nombre de travaux auxquels nous renvoyons le lecteur¹.

Notre propos est essentiellement de présenter une définition fonctionnelle des systèmes, c'est-à-dire comprenant toutes les caractéristiques utiles pour la compréhension de son évolution.

2.2.3.1. *Définition.* — Les définitions de système sont nombreuses, néanmoins il est possible de dégager une définition générale et minimale ; un système est :

- un ensemble d'éléments (de parties, de variables) ;
- un ensemble de relations appliquées à ces éléments.

En fait, un système n'existe pas hors de la perception que l'on en a² ; il faut considérer la transformation d'un ensemble d'éléments en interaction, en système, comme le produit de la volonté de l'observateur. « Un système n'est

1. Il faut au minimum mentionner les deux ouvrages ci-dessous :

1. *Systèmes, analyse et théorie*, cf. [36], G. RIBELL (assez formalisé) ;
2. *Systèmes, structure, fonction, évolution*, cf. [13], J. DELATTRE (plutôt littéraire).

2. Bien souvent, « un « système » ne peut être abstrait de son environnement sans s'en trouver mutilé ; il est bien connu qu'à l'échelle de la mécanique quantique toute observation trouble un phénomène au point qu'il devient pour le moins difficile de concevoir le phénomène en soi, indépendamment du processus d'observation » (R. FORTET, H. LE BOU-LANGER, *Eléments pour une synthèse sur les systèmes à auto-organisation, Metra, série spéciale, n° 22, 1967*).

pas le monde extérieur mais un moyen de le regarder » (R. Fortet, cf. [36], p. 5).

Les éléments peuvent être, selon les cas, des êtres matériels ou abstraits, des événements.

La définition d'un élément fait appel à un certain nombre de données que l'on peut classer en deux grandes catégories :

- données qualitatives (en particulier, existence ou non) ;
- données quantitatives.

Les relations. — L'existence des relations entre les éléments d'un système se traduit par deux types d'effets :

- modifications de certaines caractéristiques quantitatives ;
- apparition ou disparition de caractéristiques qualitatives.

On remarquera en particulier qu'un élément n'existe ou ne se définit que par les relations qu'il entretient avec les autres.

Naturellement, il n'y a pas de données quantitatives sans données qualitatives. On ne peut affirmer qu'une variable a telle ou telle mesure sans admettre auparavant l'existence de cette variable.

La définition d'un élément peut très bien ne pas être unique. Il y a autant de définitions possibles que de points de vue différents.

On distinguera avec Delattre (cf. [13]) une définition fonctionnelle qui contiendra toutes les caractéristiques qualitatives et quantitatives nécessaires pour rendre compte, avec une précision donnée, du rôle et du comportement de cet élément dans le système étudié et une définition exhaustive qui rendrait compte du rôle et du comportement de l'élément dans tous les systèmes possibles.

2.2.3.2. *Caractères d'un système.* — Tout d'abord, un système est quelque chose en évolution, le temps fait partie intégrante de l'idée de système, un système est dynamique. Ensuite, un système est global, c'est-à-dire qu'il constitue un tout non réduit à la somme de ses parties, tel que l'évolution des parties ne s'explique que par celle du tout. Cette

globalité confère au système une autonomie suffisante pour assurer son autoreproduction.

Enfin, un système est complexe : avec Jantsch, nous qualifierons de complexe un système à boucles multiples non linéaires et doté d'effets de rétroaction.

La complexité apparaît comme l'incapacité de décrire tout le système et de déduire son comportement à partir de la connaissance de ses éléments puisque, non seulement le tout est différent de la somme des éléments, mais aussi l'évolution de chaque élément dépend du comportement de l'ensemble.

Le tout est dans chaque partie (il y a une vie organique), par conséquent, un raisonnement s'appuyant sur une cascade de « toutes choses égales par ailleurs » est inapte à expliquer l'évolution d'un tel système, dans lequel tout bouge à la fois. Dans un système dynamique « rien n'est égal, par ailleurs ».

2.2.3.3. *Etats et structures d'un système.* — Par définition, un système est dynamique ; sa transformation au cours du temps s'explique par l'évolution des relations entre ses éléments constitutifs et par les effets de ces relations sur les éléments eux-mêmes.

Un état du système à un instant donné est donc la spécification :

- 1) des éléments caractérisant ce système éventuellement assortis d'une mesure ;
- 2) de la nature des relations entre ces éléments.

L'état d'un système est en perpétuelle évolution.

La structure d'un système pour une période donnée est la spécification.

- 1) des éléments caractérisant le système (sans mesure) ;
- 2) des relations existantes entre ces éléments sans préciser leur nature ni leur importance.

Ainsi, la structure d'un système est un arrangement relationnel entre les éléments du système sans préciser la nature

des relations, celle-ci peut changer (évolution d'état) et l'arrangement rester le même.

La structure d'un système est quelque chose de beaucoup plus permanent que l'état, et représente aussi la clef d'explication de l'évolution du système pour toute une période de temps.

2.2.3.4. *L'évolution des systèmes.* — Nous avons souligné¹ que la globalité du système lui conférerait une autonomie suffisante pour assurer son autoreproduction. Deux thèses d'évolution s'affrontent pour expliquer cette autoreproduction, l'une s'appuie sur le principe de causalité (point de vue ontologique) et l'autre sur le principe de finalité (point de vue téléologique) ; dans ce dernier cas on dit que l'on a affaire à des systèmes à buts².

Le point de vue ontologique correspond à un principe de causalité assez restrictif ; il n'y a pas d'effets sans causes et les mêmes causes produisent les mêmes effets, un effet une cause, une cause un seul effet possible. C'est ce que nous appellerons le principe de causalité univoque. Selon cette thèse, les changements s'autogénèrent, l'évolution du système à un moment donné ne s'explique que par son évolution antérieure ; le temps intervient comme une variable pseudo-explicative ; ce qu'il n' « explique » pas est dû au hasard ou déterminé par des variables cachées.

Le point de vue téléologique s'appuie sur le principe de finalité, il considère que le système poursuit des buts, a une finalité, en conséquence, les changements qui interviennent sont considérés comme une réponse à cette finalité.

A nos yeux, ces deux principes ne s'opposent pas mais s'éclairent mutuellement si l'on considère la finalité comme une causalité particulière.

Par ailleurs, il nous faut aussi introduire le concept de *causalité multiple*, selon lequel une même cause peut avoir

1. Cf. [22] de ce chapitre.

2. Cette distinction a été introduite en 1961 par MESAROVIC (cf. [32]).

plusieurs effets possibles, et celui de *finalité multiple* selon lequel plusieurs sens (fins) sont possibles à l'histoire. Ces concepts sont à rapprocher du point de vue de P. Apostol¹ : plusieurs synthèses différentes sont compatibles avec un même couple dialectique thèse-antithèse ; de la même manière une même cause peut engendrer des effets totalement différents qui correspondent à autant de futurs possibles.

Une évolution donnée des forces productives², même si elle nous est imposée, n'implique pas une transformation unique des rapports de production, mais ouvre un éventail de futurs possibles où l'action humaine peut exercer sa liberté en favorisant telle ou telle éventualité. Nous retrouvons ainsi le désir comme force productive d'avenir, comme force d'orientation et même de création des ruptures, dans la mesure où la structure sociale éclate dès lors qu'un certain ordre de contraintes entre en contradiction avec ce désir et devient intolérable.

Par ailleurs, il n'y a pas contradiction entre les principes de finalité et de causalité. Certes, la finalité est la cause essentielle du changement mais il s'agit d'une finalité et d'une causalité multiples.

Notons que c'est parce que la causalité est multiple, c'est-à-dire qu'elle peut avoir plusieurs effets (états réalisables), que précisément, plusieurs finalités (états souhaitables) sont réalisables.

Nous avons appelé cette thèse « systémique » car elle correspond à la définition que nous avons retenue d'un système³ : un moyen de regarder le monde dans lequel l'observateur est forcément impliqué. Dans cette optique systémique, il n'y a déterminisme que dans le sens où une évolution donnée des forces productives (matérielles et spirituelles), résultant des actions du passé, présente un certain éventail

1. Cf. [2] et [1.2.5], chap. I.

2. Les forces productives ne sont pas seulement matérielles mais aussi spirituelles (K. MARX, cf. [31]).

3. Cf. [2.2.3.1].

de futurs possibles et pas un autre (le déterminisme résulte des actions cristallisées). L'homme, dans la mesure où il n'a pas surengagé et hypothéqué son avenir (éventail presque fermé), conserve de nombreux degrés de liberté qu'il peut faire jouer pour atteindre le scénario-objectif (souhaitable-réalisable) qu'il s'est fixé.

Finalement, le sens de l'histoire n'est pas unique, plusieurs fins restent accessibles, plusieurs futurs sont possibles. Ce principe de causalité à effets multiples permet à l'action humaine d'exercer sa liberté, son désir de telle ou telle finalité, en favorisant ou en provoquant ou non tel ou tel effet¹.

2.2.3.5. *Lecture prospective des systèmes.* — Les sept caractéristiques de la prospective, telles qu'elles ont été définies par opposition à celle de la prévision classique², constituent la grille de lecture avec laquelle l'étude prospective des systèmes est abordée.

Nous distinguons trois niveaux de lecture :

1. L'appréhension ;
2. La compréhension ;
3. L'explication.

— L'appréhension consiste à délimiter les frontières du système dans lequel le sous-système étudié est impliqué, et inversement à le décomposer afin d'obtenir des sous-ensembles observables et d'une complexité abordable.

— La compréhension consiste à repérer la structure c'est-à-dire :

- a) Les variables caractérisant le système ;
- b) Les relations entre ces variables.

1. « A la situation présente ne correspond point un futur irrémédiable, mais au contraire une pluralité de descendants possibles susceptibles par nos actions actuelles d'être infirmées ou confirmées dans leur réalisation. On approche ici du déterminisme qui, par opposition absolue au fatum, affirme que tel effet est inévitable si telles et telles conditions se trouvent réunies... Or, il peut se faire que nous ayons pris sur telle condition du phénomène et de ce fait, pouvoir de l'infléchir » (Hugues de JOUVENEL, cf. *L'antifatalité*, Note disponible à *Futuribles*).

2. Cf. [21].

— L'explication consiste à identifier les éléments moteurs et dominés du système afin de saisir sa dynamique d'évolution.

Le lien entre 1 et 3 ne présente pas d'ambiguïté, il est clair qu'avant de comprendre un problème il faut appréhender les éléments qu'il met en cause.

Le passage de la compréhension à l'explication mérite plus d'attention. Nous nous référons à L. Goldman (cf. [17], p. 1009) :

« La description compréhensive de la genèse d'une structure globale a une fonction explicative pour l'étude du devenir des structures particulières qui en font partie ; compréhension et explication ne sont dans cette optique qu'un seul et même processus intellectuel rapporté à deux groupes de références différents : celui d'une structure englobante et celui d'une structure englobée. »

Puisque l'explication de la structure englobée passe par la compréhension de la structure englobante, nous sommes contraints pour faire la prospective d'un phénomène particulier de considérer le système plus large dans lequel il est impliqué.

2.3. *Conclusions*

Ce sont les constantes erreurs de prévision, et notamment l'absence de prévision des crises économiques, qui expliquent la crise de la prévision et contribuent à l'essor de la prospective, c'est-à-dire à la création de l'avenir par l'homme dont le désir est la principale force productive.

Nous opposons la prospective en tant que prévision globale et qualitative et multiple à la prévision classique selon sept caractéristiques présentées dans le tableau ci-après.

C'est l'action humaine qui forge l'histoire ; les actions cristallisées entraînent un certain déterminisme, les actions possibles laissent l'homme libre de choisir dans l'éventail des futuribles celui qui répond à son désir ; c'est le désir comme force productive d'avenir. Ainsi, l'apparente contradiction entre le déterminisme et l'action qui suppose la liberté est dépassée par la thèse systémique.

Tableau comparatif de la prévision classique et de la prospective

	<i>PRÉVISION CLASSIQUE</i>	<i>PROSPECTIVE</i>
Vision	Parcellaire « toutes choses égales par ailleurs »	Globale « rien n'est égal par ailleurs »
Variables	Quantitatives, objectives et connues	Qualitatives, quantifiables ou non subjectives, connues ou cachées
Relations	Statiques, structures constantes	Dynamiques, structures évolutives
Explication	Le passé explique l'avenir	L'avenir est la raison d'être du présent
Avenir	Unique et certain	Multiple et incertain
Méthode	Modèles déterministes et quantitatifs (économétriques) (mathématiques)	Analyse intentionnelle Modèles qualitatifs (analyse structurelle) et stochastiques (impacts croisés).
Attitude face à l'avenir	Passive ou adaptative (avenir subi)	Active et créative (avenir voulu)

DEUXIÈME PARTIE

Méthode des scénarios

Pour mettre en œuvre l'approche prospective que nous avons définie dans la première partie, il faut faire appel à de nouvelles méthodes, radicalement différentes de celles de la prévision classique, n'enfermant pas l'esprit humain dans un schéma rigide, mais permettant de guider au mieux la réflexion en laissant l'imagination s'exprimer librement.

La très grande diversité des méthodes développées pour répondre à ce besoin et couramment appliquées en prospective, n'exclut pas la constitution d'une véritable typologie comme certains auteurs l'ont montré avec beaucoup de talent¹ ; c'est précisément pourquoi nous renverrons le lecteur à ces ouvrages. En effet, notre objet n'est pas de fournir un répertoire de méthodes mais de proposer un fil directeur reliant, de façon opératoire pour une étude prospective, un certain nombre de méthodes qui ont au moins le mérite d'avoir fait leurs preuves.

Notons que la séquence méthodologique, qui fait l'objet de la deuxième partie de notre étude, ne représente pas une panacée, mais seulement un fil directeur parmi d'autres possibles, qu'il ne faut pas exclure *a priori* mais intégrer le cas échéant.

En outre, il s'agit d'une séquence type, c'est-à-dire que si elle est applicable à un grand nombre de problèmes de

1. JANTSCH, cf. [49] ; AYRES, cf. [38] ; R. SAINT-PAUL et P. F. TENIÈRE-
BUCHOT, cf. [56].

prospective, il faut néanmoins l'adapter à chaque problème particulier. Par ailleurs, il convient de signaler que la plupart des méthodes qui constituent cette séquence ne sont pas tirées des répertoires déjà classiques, mais sont le fruit d'un travail d'équipe, réalisé depuis 1972 pour mener à bien des études prospectives dans les domaines de l'énergie du transport aérien, de la chimie, des relations internationales, etc. Enfin, il faut remarquer que le mot « prospective » reste indissociable du mot « système » comme l'illustre, par exemple, le titre *Prospective et analyse de systèmes* choisi par Y. Barel pour publier en 1971 le remarquable travail qu'il a réalisé pour la DATAR (cf. [4]). Depuis, l'expression « analyse de systèmes » a fait fortune notamment dans le domaine des sciences sociales, précisons, néanmoins, qu'il ne s'agit pas d'une méthode particulière mais d'un esprit de travail, d'une attitude de recherche¹. Nous retiendrons donc la définition donnée par Y. Barel : « L'analyse de système, dans la plupart des cas, consiste à mettre en valeur le fait que l'objectif examiné doit être replacé dans un contexte plus large que son système originel, le terme d'analyse sert à souligner qu'il est utile de décomposer les problèmes complexes en éléments constitutants. »

1. Malheureusement cette expression est souvent dénaturée, l'analyse de système est devenue un fourre-tout à la mode où l'on range même des méthodes qui sont contraires à son esprit comme l'illustre un questionnaire de l'IIASA.

CHAPITRE PREMIER

L'analyse structurelle : une vision globale et qualitative

Rappelons qu'un système se présente sous la forme d'un ensemble d'éléments en relations. Le tissu relationnel entre les éléments, c'est-à-dire la structure de système, retient d'autant plus notre attention que, non seulement il constitue la clef de la dynamique du système, mais aussi il conserve une certaine permanence.

L'analyse structurelle a précisément pour objet de mettre en lumière la « structure » entre les variables qualitatives, quantifiables ou non, qui caractérisent le système. Cet exercice présente l'avantage d'enrichir la réflexion tout en permettant à l'analyse de parcourir les trois niveaux de lecture définis plus haut (cf. 2.2.3.5, première partie) à savoir :

- l'appréhension ;
- la compréhension ;
- l'explication.

1.1. *Appréhension du système*

L'appréhension consiste à repérer les frontières du système dans lesquelles le phénomène étudié, considéré comme un sous-système, est impliqué, c'est-à-dire à établir la liste des variables qui caractérisent ce sous-système et son environnement.

Afin d'identifier la liste la plus exhaustive des variables

caractérisant le système, aucune voie de recherche n'est *a priori* exclue, tous les moyens de créativité sont bons (brainstorming, synectique, analyse morphologique, etc.).

En général, il faut au moins constituer des dossiers, les dépouiller et organiser quelques séances de réflexion collective. Pour découvrir ces variables, il est utile d'adopter différents points de vue politique, économique, technologique, psychosociologique, etc.

Lorsqu'une variable vient à l'esprit, on se demande si elle est en relation même lointaine avec la liste déjà établie ; si oui, on la garde, autrement elle est rejetée ; on procède ainsi jusqu'à épuisement de l'imagination et des sources d'information. En fin de course, il faut reconsidérer toutes les variables rejetées en fonction de la liste, ce qui permet à certaines d'entre elles d'être repêchées. Par ailleurs, lorsque nous parlons de relation, il s'agit de relation purement qualitative, presque intuitive, sans même s'occuper de savoir si elle est directe ou indirecte, positive ou négative.

Finalement, la liste de variables à laquelle on arrive n'est jamais totalement exhaustive, elle reste limitée par notre imagination ; cependant, elle le serait encore plus si l'on n'avait pas recours à l'analyse structurelle.

1.2. Compréhension

La compréhension consiste, d'une part, à recenser définitivement les variables caractérisant le système et, d'autre part, à repérer leurs relations dans une matrice d'analyse structurelle.

1.2.1. *Recensement des variables.* — Le recensement des variables se fait à partir de la liste établie au niveau de l'appréhension en procédant à certaines agrégations et suppressions, de manière à obtenir une liste relativement homogène.

De plus, compte tenu évidemment de la nature du phénomène que l'on a à étudier, il est souvent très judicieux de

procéder à un regroupement *a priori*, en distinguant des variables internes et externes ; les variables internes étant celles qui caractérisent le sous-système faisant l'objet de l'étude et les variables externes étant celles qui constituent son environnement¹.

Enfin, on procède à l'explicitation détaillée des variables car elle est nécessaire au repérage des relations. En effet, cette explicitation permet de « garder en mémoire » tout ce qui est sous-entendu dans le libellé d'une variable ; sans la création de ce langage commun, la réflexion et le repérage des relations seraient impossibles ou n'auraient pas de sens. Les dossiers ainsi constitués sont ouverts, ils sont complétés au fur et à mesure, ils représentent ainsi une procédure de tri systématique de l'information.

1.2.2. *Le repérage des relations et la matrice d'analyse structurelle.* — Dans une vision structuraliste du monde, une variable n'existe que par ses relations ; c'est d'ailleurs la présence intuitive de certaines relations qui nous a permis de censurer, ou non, telle ou telle variable au cours de l'établissement de la liste des N variables caractérisant le système.

Les N variables écrites en lignes et en colonnes, d'un tableau à double entrée, forment ce que l'on appelle une matrice d'analyse structurelle qui n'est rien d'autre que la matrice des relations directes entre les variables.

Le remplissage de la matrice peut se faire de deux manières :

- soit en lignes, en notant l'influence de chaque variable sur toutes les autres ;
- soit en colonnes, en notant par quelles variables, chaque variable est influencée.

1. Aussi simple que puisse paraître cette idée, le souci de ne pas structurer *a priori* les données nous avait empêché de la voir. L'arbre cache la forêt. Ce n'est que récemment, à l'occasion d'une étude prospective entre un pays et son extérieur, que s'est imposé ce découpage qui est depuis presque systématiquement retenu pour les nouvelles études prospectives que nous entreprenons.

En théorie, il est utile d'utiliser les deux procédés et de comparer les résultats en superposant, par exemple, les deux remplissages de la matrice afin de repérer les différences et par conséquent les erreurs qui ont été commises.

Cependant, il faut souligner que bien souvent cette pratique s'avère un luxe fastidieux que peut rarement s'offrir l'homme d'étude. En effet, la plupart des analyses structurales réalisées jusqu'ici mettent en relations plusieurs dizaines de variables — en général autour d'une centaine — c'est-à-dire qu'il y a environ 10 000 questions à se poser, ce qui représente plusieurs semaines de travail assidu.

A cette occasion, il convient de noter que l'analyse structurale représente aussi une procédure d'interrogation systématique ; sans le support de cette matrice, parmi les 10 000 questions il y en a beaucoup que l'on ne se serait jamais posées.

De plus, le remplissage d'une telle matrice doit être fait par au moins deux ou trois personnes afin que différents points de vue soient confrontés et que rien ne soit laissé au hasard ; néanmoins, au-delà de quatre ou cinq, la discussion devient plus difficile que fructueuse.

En général, lorsque l'on traite une centaine de variables, le remplissage de la matrice consiste uniquement à repérer les relations directes entre variables, sans se demander si elles sont négatives ou positives. En effet, d'une part le signe d'une influence n'est pas toujours évident, et d'autre part, cela peut remettre en cause le choix de l'intitulé des variables, car, contrairement à ce que l'on pourrait penser, changer l'intitulé d'une variable en prenant son contraire, par exemple croissance et décroissance, ne revient pas à changer le signe de toutes les relations en lignes et en colonnes¹.

■ Néanmoins, pour des problèmes de taille plus restreinte,

1. On peut citer l'exemple de la consommation en fonction du revenu : lorsque le revenu croît, la consommation augmente ; lorsque le revenu décroît, la consommation ne diminue pas nécessairement à cause de l'effet cliquet.

il est possible et même parfois très fructueux de distinguer les influences positives et négatives, c'est d'ailleurs ce que nous avons fait à l'occasion d'une première expérience (cf. [62]) et cette information est susceptible d'une exploitation particulièrement intéressante : la mise en évidence de feed-backs positifs (amplificateurs) et négatifs (régulateurs).

Il est fait appel à l'intuition pour reconnaître l'existence des relations entre les variables du système. Si cette intuition permet parfois de saisir une corrélation entre deux variables données, elle ne permet cependant pas de répondre affirmativement à la question de l'existence de la relation directe.

L'appréhension intuitive d'une influence de la variable a sur b ne peut conduire à une décision en faveur de l'existence de la relation qu'après avoir posé les trois questions suivantes :

PREMIÈRE QUESTION : *la variable b influence-t-elle a ?* — L'intuition d'une corrélation entre deux variables a et b conduit parfois à mal appréhender le sens de l'influence. Inversement, la reconnaissance d'une influence de b sur a ne conduit pas obligatoirement à nier toute influence de a sur b .

DEUXIÈME QUESTION : *la variable a influence-t-elle b par l'intermédiaire d'une troisième variable c ?* — L'influence de la variable a sur la variable b peut fort bien se révéler indirecte ; un chemin de a vers b empruntant d'autres variables. Aussi faut-il réfléchir à la possibilité d'une influence de la variable a sur la variable b par l'intermédiaire d'une troisième variable c . L'existence d'une variable intermédiaire ne fait pas nécessairement obstacle à une relation d'influence directe entre les deux premières variables a et b .

TROISIÈME QUESTION : *les variables a et b sont-elles influencées par une même variable c ?* — Corrélation ne signifie pas causalité. Deux variables a et b corrélées peuvent n'être reliées par aucun lien de causalité quand ces variables sont

influencées toutes deux par une même variable c . Inversement, l'influence directe d'une variable c sur les deux variables a et b n'exclut pas tout lien entre les variables.

Finalement, une fois que l'on s'est posé ces questions pour tous les couples de variables du système, la matrice d'analyse structurelle se présente sous la forme d'un tableau carré à double entrée, où l'on retrouve les mêmes variables en ligne et en colonne. La présence ou l'absence de relation directe entre les variables étant renseignée par les chiffres « un » ou « zéro ».

1.3. *Explication*

C'est l'exploitation de la matrice d'analyse structurelle qui permet de mettre en évidence la structure du système et d'aborder ainsi le niveau d'explication par une « lecture de la matrice ».

Cette lecture comprend, d'une part, l'étude des effets directs et, d'autre part, l'étude des effets indirects ou *feed-backs*.

1.3.1. *Etude des effets directs.* — En comptant le nombre d'influences de chaque variable sur toutes les autres et le nombre de variables par lesquelles chaque variable est influencée, il est possible de distinguer des variables plutôt motrices et des variables plutôt dépendantes.

En effet, un fort total en ligne est le signe d'une variable dominant les autres ; un fort total en colonne révèle une variable dépendante, très sensible à l'action des autres.

La matrice n'étant pas symétrique, les deux hiérarchies ne sont pas réciproques et l'on peut, comme le suggère P. F. Tenière-Buchot (cf. [56], p. 174), les rapprocher sur un même graphique.

Cependant, l'étude des effets directs ne nous semble pas une grille de lecture suffisante pour l'explication du système. En effet, une variable peut très bien n'être ni dominante ni dépendante tout en représentant un élément essentiel de la

structure du système¹, compte tenu de l'importance de ses relations indirectes.

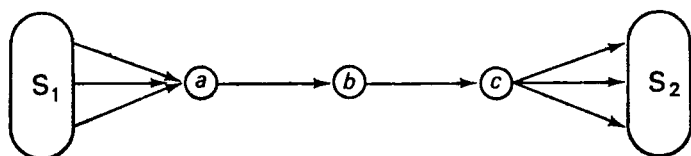
1.3.2. *Etude des effets indirects.* — En vue de déterminer les variables les plus importantes, une première idée s'impose : classer les variables en fonction du nombre de leurs effets directs.

Mais cette première idée, nous l'avons montré, s'avère insuffisante, car seules les interactions directes sont prises en compte. Par conséquent il faudrait considérer les effets directs ou indirects qu'une action sur l'une quelconque des variables peut avoir sur d'autres variables ou sur elle-même par l'intermédiaire de boucles de réactions ou feed-backs².

L'esprit humain est incapable de se représenter et d'interpréter en même temps la totalité du réseau infiniment diversifié des relations à étudier, heureusement il peut faire appel à l'informatique pour l'aider dans cette tâche.

C'est l'objet de la méthode MICMAC³ qui précisément

1. Considérons l'exemple suivant où le système de variables se décompose en deux sous-systèmes S_1 et S_2 qui seraient indépendants s'ils n'étaient liés par l'intermédiaire des variables a , b , c .



En termes d'effets directs :

- a est très dépendante du sous-système S_1 ;
- c domine le sous-système S_2 .

L'analyse en termes d'effets directs conduit à négliger la variable b qui pourtant représente un élément essentiel de la structure du système puisque c'est le point de passage relationnel entre les deux sous-systèmes S_1 et S_2 .

2. Un calcul simple montre que dans une matrice de ce type, il y a plusieurs millions de chaînes d'influences et de feed-backs.

3. MICMAC : matrices d'impacts croisés - multiplication appliquée à un classement. Nous avons mis cette méthode au point entre 1972 et 1974 avec J. C. Duperrin.

s'intéresse au nombre des relations indirectes qui relient les variables entre elles, c'est-à-dire aux chaînes d'influences et aux feed-backs¹.

Nous allons successivement exposer le principe sur lequel repose la méthode — l'élévation en puissance — et présenter deux variantes d'application de ce principe MICMAC standard et MICMAC par blocs.

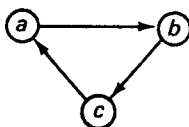
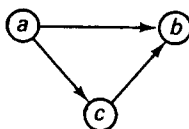
1.3.2.1. *Elévation en puissance de la matrice d'analyse structurelle.* — On part d'une matrice booléenne avec des 0 et des 1. On multiplie cette matrice par elle-même, les calculs sont faits en *algèbre ordinaire*. Soit $A(n, n)$ cette matrice d'incidence qui n'est autre que la matrice d'analyse structurelle.

Ordre 1 :

$$A = \{a_{ij}^1\}$$

avec $a_{ij}^1 = 1$, s'il y a une influence positive ou négative de la variable i sur la variable j , on dira alors qu'il existe un chemin d'influence de longueur 1 allant de i à j ; $a_{ij}^1 = 0$, lorsque la variable i est sans influence sur la variable j , il n'existe pas de chemin d'influence de longueur 1 allant de i à j .

1. Chaîne d'influence : soit 3 variables a, b, c , dans le schéma ci-contre : a a une relation directe avec b mais aussi une relation indirecte par l'intermédiaire de c ; Boucle ou feed-back a a un effet direct sur b , et b un effet indirect sur a par l'intermédiaire de c .



Ordre 2 :

$$A^2 = A \times A = \{a_{ij}^2\}$$

avec :

$$a_{ij}^2 = \sum_{k=1}^{k=n} a_{ik}^1 \cdot a_{kj}^1$$

en particulier :

$$a_{ij}^2 = 1,$$

il existe k, tq

$$a_{ij}^2 = a_{ik}^1 \cdot a_{kj}^1$$

c'est-à-dire qu'il existe une variable intermédiaire k , tel qu'il y ait une influence de la variable i sur la variable k et de la variable k sur la variable j .

$$i \rightarrow k \rightarrow j.$$

On dira qu'il y a un chemin de longueur 2 allant de i vers j .

$$a_{ij}^2 = 2$$

il existe $k_1, k_2 tq$.

$$a_{ij}^2 = a_{ik_1}^1 \cdot a_{k_1j}^1 + a_{ik_2}^1 \cdot a_{k_2j}^1$$

c'est-à-dire qu'il existe deux variables intermédiaires. On dira qu'il y a deux chemins d'influence de longueur 2 qui vont de i à j .

$$a_{ij}^2 = L;$$

il existe $k_1, k_2, \dots, k_L$.

Il y a L chemins d'influence de longueur 2 qui vont de i à j .

Ordre n :

$$a_{ij}^n = L$$

il existe L chemins d'influence de longueur n qui vont de i à j .

Cas particuliers : $i = j$

$a_{ij}^1 = 0$; par hypothèse une variable n'agit pas sur elle-même, en conséquence la première diagonale est nulle.

$a_{ij}^2 = L$; il existe L chemins de longueur 2 allant de i à i ; un tel chemin s'appelle un circuit — nous parlerons de L boucles d'influence passant par i .

$$a_{ii}^n = L$$

L boucles d'influence passent par la variable i .

la variable i est considérée comme un nœud entre

L boucles de longueur n .

L'élévation en puissance de la matrice d'analyse structurelle est le principe de base de la méthode MICMAC, nous allons présenter deux variantes de cette méthode.

1.3.2.2. *Méthode MICMAC standard.* — Lorsqu'on a affaire à un système complexe, il ne faut pas dissocier le choix des variables du choix des relations. En effet, une variable n'existe que par rapport aux autres et choisir des variables c'est aussi choisir des relations. Remarquons, par ailleurs, que les relations les plus intéressantes sont celles qui, en engendrant des feed-backs, assurent la dynamique du système. Par conséquent, il paraît normal de considérer les boucles ou circuits d'influence passant par chaque variable et de retenir, comme premier critère de classement, le nombre de boucles dans lesquelles chaque variable est impliquée ; c'est la méthode MICMAC standard.

Conformément à ce qui a été exposé dans le paragraphe précédent, à chaque élévation de puissance, le nombre sur la diagonale principale nous dit de combien de boucles la variable correspondante est le nœud. En pratique, les résultats précédents ne sont pas tout à fait exacts. En effet, au cours des élévations de puissances successives, des boucles plus petites se joignent pour en former de plus longues ; certains éléments sont donc comptés plusieurs fois dans la même boucle. En faisant ainsi, on privilégie les variables entrant dans les boucles d'influence courtes, ce qui n'est pas

choquant puisque les boucles longues sont moins significatives en termes de retombées sur le système (compte tenu du temps de latence).

D'une puissance à l'autre, c'est-à-dire d'une longueur de boucle à l'autre, on compare les classements obtenus par MICMAC. En pratique, il s'avère que ce classement devient rapidement stable¹.

L'ordre obtenu pour les boucles de longueur p étant stable, nous le choisissons comme classement final.

La hiérarchisation obtenue. — MICMAC donne un classement des variables que l'on peut comparer à celui obtenu en fonction du nombre de liaisons directes entre elles. En particulier, certaines variables qui, au niveau des impacts directs, pouvaient sembler secondaires, se révèlent très importantes lorsque les effets indirects sont pris en compte par l'intermédiaire du nombre de boucles dans lesquelles chaque variable est impliquée.

Ainsi, par exemple, l'application de MICMAC au modèle POPOLE (cf. [57]) montre que les variables de politique hydraulique s'avèrent toutes plus importantes en termes de retombées sur le système (effets indirects), qu'on le pensait *a priori* au seul vu des effets directs qui étaient si limités que certaines de ces variables ont été écartées des phases suivantes de l'analyse.

Un autre exemple mérite d'être évoqué pour illustrer la méthode ; il s'agit de l'étude prospective de l'énergie nucléaire entreprise au CEA en 1972 et poursuivie depuis en collaboration avec EDF (cf. [62] et [64]) qui à bien des égards est à l'origine des méthodes exposées ici même.

Le développement de l'énergie nucléaire est un phé-

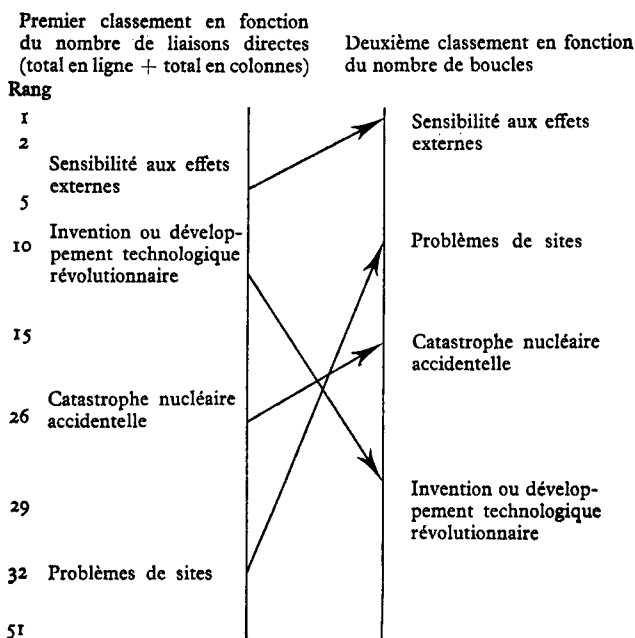
1. Cette stabilité est obtenue d'autant plus rapidement que la densité des relations dans la matrice est importante, dans l'application de MICMAC au modèle POPOLE la stabilité du classement est acquise dès la puissance 7 (cf. [57]).

La démonstration théorique de cette stabilité reste à faire, en pratique cependant au cours de la dizaine de fois où la méthode a été appliquée, la stabilité a été constatée.

nomène complexe, en relation avec des variables non seulement techniques et économiques (investissements, rendements, niveau d'indépendance énergétique, consommation d'énergie, prix de l'électricité...), mais aussi sociales (choix d'un type de croissance et de société, mode de vie...) et écologiques (sensibilisation aux problèmes de l'environnement, pollutions thermique, esthétique, par les déchets, etc.).

En adoptant différents points de vue, politique, économique, technologique, le groupe de réflexion constitué à l'occasion de l'étude prospective du développement de l'énergie nucléaire en France a retenu une liste de 51 variables qu'il convient de prendre en compte.

Le type de résultat obtenu se présente de la façon suivante :



La variable « sensibilité aux effets externes » passe du cinquième au premier rang. Ainsi, dès 1972, l'analyse structurelle nous a permis de pressentir l'importance de la psychologie collective et des réactions d'opinions pour le développement de l'énergie nucléaire.

Cette variable explique le débat sur le nucléaire entamé depuis plusieurs mois en France et dont les premiers effets sont un ralentissement du programme initialement prévu par EDF. De plus, il est remarquable de constater que la même variable libellée différemment¹ est aussi la mieux classée dans la hiérarchie obtenue par l'équipe EDF à propos du même problème (cf. [64]).

La variable « problèmes de sites pour l'implantation de centrales nucléaires » qui est 32^e dans le premier classement, devient 10^e dans le second ; la variable « catastrophe nucléaire accidentelle » passe entre le premier et le second classement du 26^e au 15^e rang. Ce qui signifie que les effets indirects et à long terme (notamment psychosociologiques) d'une catastrophe nucléaire accidentelle sont, toutes proportions gardées, plus importants et plus durables que les effets immédiats (milliers de morts, réaction de l'opinion...).

Ce changement de classement traduit un phénomène bien connu : « la peur de l'atome » si puissante aujourd'hui s'explique en grande partie par l'explosion atomique d'Hiroshima il y a trente ans.

En revanche, la variable « invention ou développement technologique révolutionnaire » passe du 10^e au 29^e rang entre le premier et le second classement, ce qui signifie que l'inertie du système est telle que les retombées de cette variable sont moins importantes qu'on ne le pense généralement à l'examen des effets directs.

Il convient de préciser que les résultats de la méthode MICMAC standard ne doivent pas être pris au pied de la lettre ; ils doivent uniquement servir à guider la réflexion,

1. La variable s'intitule « sensibilisation à l'environnement » au lieu de « sensibilité croissante aux effets externes ».

notamment en mettant en relief une nouvelle hiérarchie des variables qui, d'une part, vient confirmer l'intuition première en ce qui concerne l'importance de certaines variables mais qui, d'autre part, vient l'infirmier par certains résultats tout à fait « contre-intuitifs ».

MICMAC pose ainsi des questions qui ne seraient pas venues à l'esprit autrement. Notons, par ailleurs, que cette méthode est particulièrement utile lorsque l'on cherche à réduire la complexité du système en limitant le champ de l'étude aux variables considérées comme essentielles du point de vue de la dynamique du système.

Par ailleurs, remarquons qu'au lieu de sélectionner les variables en fonction des relations on peut tout aussi bien sélectionner les relations en fonction des variables.

Ce développement intéressant fait l'objet de la méthode MICMAC duale mise au point par J. F. Lefebvre (cf. [69]).

1.3.2.3. *Méthode MICMAC par blocs.* — Une seconde application de la méthode, beaucoup plus riche en enseignements que la première, est possible lorsque le système considéré permet de distinguer des variables internes spécifiques au phénomène étudié et des variables externes qui constituent son environnement. La matrice d'analyse structurale se présente alors par blocs de la manière suivante :

		Influence sur	
		Variables internes	Variables externes
Influence de	Variables internes	1	2
	Variables externes	3	4

Le bloc n° 1 : relations entre les variables internes.

Le bloc n° 2 : influence des variables internes sur l'environnement.

Le bloc n° 3 : influence de l'environnement sur le sous-système interne.

Le bloc n° 4 : relations entre les variables externes.

L'élévation en puissance de la matrice globale reste le principe de base de la méthode MICMAC par blocs. Mais cette fois, nous nous intéressons plus particulièrement à ce qui se passe dans chaque sous-bloc ; considérons, par exemple, le sous-bloc n° 3 ; il rassemble l'ensemble des actions de l'environnement (variables externes) sur le sous-système étudié (variables internes) ; la méthode donne deux types de résultats qu'il est particulièrement intéressant de connaître : d'une part, un classement des variables externes en fonction de leur impact sur le sous-système interne et, d'autre part, un classement des variables internes en fonction de leur sensibilité à l'environnement.

Classement des variables externes en fonction de leur impact sur les variables internes. — Les variables externes font l'objet de deux classements :

- un classement direct ;
- un classement MICMAC.

Le classement direct. — On associe à chaque variable externe le nombre de relations directes de cette variable sur les variables internes (identifié par la lecture d'une ligne du sous-bloc n° 3 externe-interne de la matrice d'analyse structurelle).

On établit ainsi un classement des variables externes en fonction de leur motricité directe.

Le classement MICMAC. — On associe à chaque variable externe le nombre de relations indirectes ou chemins de longueur donnée partant de la variable considérée et arrivant à toutes les variables internes (somme de la ligne correspondante du sous-bloc externe-interne de la matrice totale élevée en puissance).

A chaque puissance de la matrice, on classe les variables externes par ordre décroissant du nombre de chemins. Généralement, avant la puissance 10 le classement devient stable et le reste.

On obtient ainsi un *classement des variables externes en*

fonction de leur impact sur les variables internes (en terme d'effets indirects).

Il est utile de visualiser l'évolution de la hiérarchie entre les deux classements. En effet, celle-ci est riche d'enseignements surtout lorsque l'on s'intéresse aux évolutions par groupes de variables, comme on l'a fait pour une étude récente¹.

Des groupes de variables externes se révèlent avoir un impact beaucoup plus important que l'examen des seules influences directes ne le laissait penser. Il en est ainsi des groupes « énergie et technologie » et « modèles de société », le premier, passant de la cinquième à la seconde place et le second, de la dernière à la sixième place.

Cette interprétation des résultats MICMAC par groupe de variables doit être complétée par une étude de la hiérarchie entre variables à l'intérieur de chaque groupe.

Classement des variables internes en fonction de leur sensibilité aux variables externes. — Comme précédemment, les variables internes font l'objet d'un classement direct et d'un classement MICMAC, mais cette fois on s'intéresse aux sommes marginales en colonnes du sous-bloc externe-interne de la matrice globale ; c'est-à-dire que l'on associe à chaque variable interne le nombre de relations directes, puis indirectes, partant de toutes les variables externes et arrivant sur la variable interne considérée. La suite de l'interprétation est la même que celle qui a été exposée précédemment et donne une hiérarchie des variables internes (groupées ou non) en fonction de leur sensibilité à l'environnement.

En prenant l'image d'une carte routière à la frontière de deux pays nous avons trouvé par ces deux classements les points de sortie et les points d'entrée les plus importants. Il est utile de compléter l'interprétation par l'étude du trafic

1. Il s'agit d'une étude réalisée pour le compte d'un pays étranger ayant pour objet de faire une prospective de ses relations avec l'extérieur.

Compte tenu de son caractère confidentiel et actuel nous ne pourrions malheureusement pas présenter ce cas concret.

potentiel entre ces carrefours de passage, en d'autres termes, par une analyse des relations indirectes entre les variables externes et internes.

Analyse des relations indirectes entre les deux classes de variables. — Considérons le sous-bloc n° 3 (externe-interne) de la matrice produit. Un calcul informatique simple donne immédiatement le nombre de chemins indirects qui vont de toutes les variables externes à toutes les variables internes.

Ce nombre est égal à la somme de toutes les cases du sous-bloc $\sum_{ij} a_{ij}$ ainsi qu'à la somme des totaux marginaux en ligne et en colonnes.

En divisant toutes les cases du sous-bloc par $\sum_{ij} a_{ij}$ on obtient un *tableau de fréquence* avec $f_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{ij} a_{ij}}$.

La comparaison des fréquences entre elles donne une hiérarchisation des relations indirectes entre les deux classes de variables, ce qui revient en fait à classer des couples de variables.

De cette manière, on constate que telle ou telle variable externe a un impact important sur le sous-système interne à cause des relations indirectes spécifiques qu'elle entretient avec telle ou telle variable interne qui est justement très sensible à cette variable externe.

De plus, la lecture des fréquences marginales en lignes et en colonnes éclaire la hiérarchie entre groupes de variables externes motrices et internes sensibles d'une lumière « quantitative », en précisant la part relative de chaque groupe dans le nombre total de relations indirectes du sous-bloc externe-interne.

Ainsi par exemple, dans le cas évoqué plus haut, les deux premiers groupes de variables externes obtenus par MICMAC, « énergie et politique » et « énergie et technologie », rassemblent, à eux seuls, presque 60 % du total des effets indirects de l'environnement sur le sous-système interne étudié.

En outre, la hiérarchie des fréquences marginales (en lignes ou en colonnes) qui correspond au classement des variables externes et internes évoquées plus haut, se présente sous la forme d'une décroissance qui serait régulière si elle n'était marquée par certaines ruptures, notamment entre groupes qui révèlent sans doute l'existence de composantes fortement connexes, de sous-systèmes de variables.

A cette occasion, il convient de remarquer que la matrice d'analyse structurelle peut se prêter à d'autres traitements mathématiques parfois très utiles que nous citerons ici pêle-mêle.

La recherche de composantes fortement connexes, c'est-à-dire la recherche de sous-systèmes indépendants, et lorsque le signe des relations directes est connu l'analyse des feed-backs positifs et négatifs (programme MICROBE) (cf. l'exemple du nucléaire [62]). Il ne faudrait pas, non plus, omettre de citer l'analyse des données (analyse en composantes principales et analyse factorielle des correspondances) qui sont parfois très précieuses pour la recherche de certains facteurs explicatifs cachés (axes principaux) et finalement pour dégager la structure du système. Néanmoins, ces méthodes sont suffisamment connues pour que nous nous contentions de renvoyer à une bibliographie¹.

Enfin, il faut signaler que de nombreuses recherches sont actuellement poursuivies pour tirer tout le parti possible d'une matrice d'analyse structurelle mais, le plus souvent, elles font appel à des outils très sophistiqués qui n'ont plus rien à voir avec la réalité qu'ils prétendent saisir. *La quantification risque toujours de conduire à sous-estimer les facteurs qu'on ne peut quantifier d'une manière satisfaisante.* En effet, les relations ne sont pas toujours quantifiables et l'on connaît encore moins le temps de latence entre deux variables, la réalité est floue, et rien ne sert de construire un pied à coulisse pour mesurer une montagne. Néanmoins, ces

1. Cf. les travaux de BENZECRI (difficiles) et le livre plus facile de LEBART et FÉNELON.

recherches doivent être prises au sérieux et dans certains cas précis elles sont sans aucun doute intéressantes¹.

Conclusion. — L'analyse présentée ci-dessus peut sans difficulté être étendue à n'importe quel sous-bloc de la matrice structurelle ; néanmoins, c'est le plus souvent le sous-bloc externe-interne qui retient l'attention. En effet, la planification d'une entreprise, d'un secteur ou d'un pays passe généralement par une analyse globale des relations de dépendance de cette entité avec son environnement car l'identification des variables internes les plus sensibles à cet environnement et des variables externes les plus motrices, est une information précieuse pour l'étude prospective du système considéré.

En effet, ces variables sensibles et ces variables motrices peuvent, à juste titre, être considérées comme les variables essentielles sur lesquelles la réflexion prospective doit porter en priorité². Naturellement, il ne faut pas prendre les résultats de MICMAC au pied de la lettre, il ne faut pas s'enfermer dans un modèle mais tenir compte de ses enseignements pour finalement mieux choisir. En particulier, le classement MICMAC n'a rien à voir avec les probabilités de développement de chaque variable, il signifie seulement que si telle ou telle variable se développe, alors elle aura des retombées importantes sur tout le système. Ainsi, on peut être amené à supprimer telle ou telle variable très bien classée par MICMAC mais dont le développement est considéré *a priori* comme improbable à l'horizon de l'étude. La variable « changements climatiques » en est un bon exemple dans la mesure où l'on peut considérer le climat comme un invariant.

Néanmoins, comme nous l'avons déjà souligné, le principal mérite de la méthode MICMAC est de dégager une hié-

1. *Revue technique Thompson-CSF*, vol. 6, n° 3, septembre 1974.

2. Si l'on s'intéresse à la dynamique d'ensemble du système et s'il n'est pas décomposable par blocs, alors on retiendra les résultats de MICMAC standard (cf. 1.3.2.2).

rarchie de variables qui, non seulement vient confirmer certaines intuitions premières mais aussi, par ses aspects contre-intuitifs, pose des questions qui ne seraient pas venues à l'esprit autrement.

Finalement, c'est parmi les variables en tête du classement MICMAC que vont être définies les principales priorités de recherche¹ ; ce qui, par la même occasion, permet de réduire le champ de l'étude et la complexité du système aux variables essentielles.

L'explication du système, par la mise en évidence grâce à l'analyse structurelle, de sa structure, c'est-à-dire, essentiellement du tissu relationnel entre variables dominantes (motrices) et dominées (dépendantes, sensibles), introduit deux types de questions :

- d'une part, quelles sont les chances de développement des variables essentielles (dominantes et dominées) ?
- d'autre part, compte tenu de leurs chances de développement, comment vont jouer les relations entre ces variables ? Dans quel sens ? Avec quelle intensité et quelles conséquences ?

Il est clair que la réponse à ces questions est multiple, puisqu'il subsiste des degrés de liberté dans l'avenir (cf. notre première partie) et que la réalisation effective de tel ou tel futur possible à un horizon donné dépendra des actions humaines engagées d'ici là par les acteurs en présence dans le système.

C'est précisément pour décrire cet avenir multiple et répondre à ces questions qu'a été développée la méthode des scénarios.

1. Ce qui n'empêche pas d'en retenir d'autres, même si elles sont mal classées par MICMAC.

CHAPITRE II

Les scénarios : une vision multiple en avenir incertain

L'avenir est multiple, plusieurs futurs sont possibles (les futuribles) et le chemin qui mène à tel ou tel avenir n'est pas forcément unique. La description d'un futurible et du cheminement correspondant constitue un scénario¹.

En France, c'est l'équipe de l'OTAM qui — à l'occasion d'une étude de prospective géographique réalisée pour le compte de la DATAR — a mis en œuvre pour la première fois une méthode des scénarios². Depuis, cette méthode de prospective géographique a été adaptée à la prospective industrielle, notamment à l'occasion d'une étude de prospective « chimie-agriculture » réalisée par C. Kintz et G. Ribeill.

Dans le même temps, les chercheurs américains Gordon, Elmer, Dalkey, etc., développent plusieurs méthodes relativement formalisées de construction de scénarios, toutes fondées sur des entretiens d'experts : DELPHI, matrices d'impacts croisés, etc.³.

1. Le mot scénario a été introduit en prospective par H. KAHN, il y a quelques années, à l'occasion de son livre, *L'an 2000*, mais il s'agit surtout à cette époque d'un genre littéraire où l'imagination est mise au service d'une prédiction plus ou moins rose ou apocalyptique que bien des auteurs classiques ont essayé avant lui, Anatole FRANCE (*L'île des Pingouins*), George ORWELL (1984), Jules VERNE, etc.

2. Cf. [39] et [42].

3. Tous ces développements sont publiés régulièrement dans les revues *Futures* (Grande-Bretagne) et *Technological forecasting and social change* (Etats-Unis).

Les contacts entre ces deux approches, que nous baptiserons pour simplifier « littéraire » et « formalisée », ressemblent tout à fait à un dialogue de sourds. Les premiers rejettent avec force les modèles mathématiques et dénoncent leur sens idéologique caché — tout cela d'ailleurs le plus souvent au nom d'une autre idéologie. Les seconds, trouvant sans intérêt et verbeux ce qui n'est pas marqué du sceau de l'ordinateur.

En ce qui nous concerne, nous avons eu la chance d'être impliqués dans les deux approches. En effet, nous avons d'une part créé de nouvelles méthodes d'analyse structurale — MICMAC — et d'impacts croisés — SMIC¹ — et, d'autre part, nous avons pratiqué la méthode des scénarios (littéraire) à l'occasion d'une étude prospective du transport aérien à l'horizon 1990 réalisée sous la direction de C. Kintz pour le compte de l'Aéroport de Paris. A l'occasion de cette étude, le besoin s'est fait sentir de marier les deux approches, chacune devant servir de « garde-fou » à l'autre et la nourrir de ses résultats.

C'est précisément cette synthèse des méthodes et des approches² que nous nous proposons d'exposer.

Néanmoins, avant de présenter les approches « littéraire » et « formalisée », ainsi qu'une synthèse, il nous semble capital de préciser les concepts qui vont être utilisés.

2.1. *Définition des concepts*

Nous définirons successivement les concepts :

- d'invariant ;
- de tendance ;
- de germe ;
- d'acteur ;

1. A l'occasion d'une étude prospective de l'énergie nucléaire en France réalisée au CEA et à l'EDF (cf. [62] et [64]).

2. Naturellement cette synthèse est vivante, la pratique vient sans cesse la remettre en cause, la déformer, l'enrichir.

- de stratégie ;
- de conflits ;
- d'événements ;
- d'aléatoire, probabilités subjectives ;
- de scénarios de situation et d'évolution ;
- de scénarios tendanciel et contrasté.

Invariant : phénomène supposé permanent jusqu'à l'horizon étudié. Exemple : phénomènes climatiques.

Tendance lourde : mouvement affectant un phénomène de telle manière que l'on puisse prévoir son évolution dans le temps. Exemple : urbanisation.

Germes : facteurs de changements, à peine perceptibles aujourd'hui mais qui constitueront les tendances lourdes de demain.

En fait, une variable en germe n'est rien d'autre que ce que Pierre Massé qualifiait de fait porteur d'avenir : « Le signe infime par ses dimensions présentes mais immense par ses conséquences virtuelles. »

Acteurs : c'est-à-dire ceux qui jouent un rôle important dans le système par l'intermédiaire des variables qui caractérisent leurs projets et qu'ils contrôlent plus ou moins. Exemple : les pays consommateurs, les pays producteurs, les compagnies multinationales, etc., sont des acteurs du jeu de l'énergie.

Stratégie : ensemble de tactiques, c'est-à-dire de décisions conditionnelles déterminant pour chaque acteur les actes à accomplir dans chaque éventualité possible, relativement à son projet.

Conflits (le contraire d'une alliance objective) : un conflit peut résulter de la confrontation de stratégies antagonistes entre acteurs et se présenter sous la forme de l'éclatement d'une tension entre deux tendances (encombrement et besoin d'espace, temps contraint et temps libre...) ; c'est l'issue de ces conflits qui détermine l'évolution des rap-

ports de force entre acteurs ou renforce les poids de telle ou telle tendance.

Événement : la notion d'événement est définie par E. Borel (cf. [40]) de la manière suivante : « Un événement est un être abstrait dont la seule caractéristique est de se produire ou de ne pas se produire. » On peut considérer un événement comme une variable ne pouvant prendre que deux valeurs, en général « 1 » si l'événement se produit, « 0 » si l'événement ne se produit pas ; un tel événement sera appelé un événement isolé.

Aléatoire, probabilités subjectives : nous nous référons aux travaux déjà anciens mais toujours actuels du P^r Ville. On dit qu'un phénomène est aléatoire¹ lorsqu'il peut prendre un certain nombre de valeurs à chacune desquelles est attachée une probabilité subjective ; nous « pouvons considérer une évaluation de probabilité d'un événement isolé comme un jugement subjectif, en ce sens que l'on classe l'événement considéré dans une catégorie d'événements qui, subjectivement, ont un même degré de vraisemblance. C'est donc l'expert qui, en portant ses jugements, établit ses catégories » (cf. [59]), p. 139). Finalement, une probabilité subjective est un pari² qui est presque toujours perdu si l'on considère un événement qui en fait se produira (probabilité un) ou non (probabilité zéro), mais qui doit être considéré comme gagné si, parmi tous les événements auxquels on a attribué x chances sur 100 de se produire, il y en a effectivement x sur 100 qui se sont réalisés à l'horizon considéré³.

1. « Sera considéré comme aléatoire tout événement sur la réalisation passée ou future duquel on ne possède que des renseignements incomplets ne permettant pas d'affirmer que cet événement aura lieu ou a eu lieu. Attribuer une probabilité à un tel événement c'est traduire à l'aide d'un nombre la totalité ou une partie des renseignements que l'on a sur lui » (cf. [59], p. 6).

2. « Un jugement de probabilité doit pouvoir se traduire par un pari et le succès global d'un certain nombre de paris est le seul critère de la valeur du jugement » (E. BOREL, cf. [6], p. 105).

3. Quand une personne dit « j'estime à trois quarts la probabilité de tel événement » (isolé), nous nous accordons avec le P^r Ville pour comprendre

Scénario : « Ensemble formé par la description d'une situation future et du cheminement des événements qui permettent de passer de la situation origine à la situation future » (cf. [39]). Il faudrait ajouter que cet ensemble d'événements doit présenter une certaine cohérence.

En fait cette définition, très large nous semble-t-il, recouvre deux catégories bien différentes de scénarios ; d'une part, les *scénarios de situation*, c'est-à-dire la description des images futures et, d'autre part, les *scénarios d'évolution*, c'est-à-dire les différents cheminements qui y mènent.

En d'autres termes, un scénario d'évolution est un film continu de l'évolution du système ; un scénario de situation est « un arrêt sur l'image ».

Par ailleurs, la distinction entre scénario tendanciel et contrasté, pour classique qu'elle soit, n'est cependant pas la même pour tout le monde.

Le scénario tendanciel est celui qui correspond au cheminement le plus probable, à tous les instants où le choix s'impose, compte tenu des tendances inscrites dans une situation origine (cf. [39], p. 122).

Ainsi, le scénario tendanciel, contrairement à ce que son nom laisserait supposer, ne correspond pas nécessairement à une extrapolation pure et simple des tendances. *C'est le scénario le plus probable*. Certes, dans un passé récent, alors que le monde changeait moins rapidement qu'aujourd'hui, le tendanciel, c'est-à-dire le plus probable, était effectivement la poursuite des tendances. Pour l'avenir, le plus probable semble plutôt devoir correspondre à une rupture profonde des tendances actuelles.

L'extrapolation des tendances peut conduire à une situation très contrastée, comme l'a montré l'étude réalisée pour

ce jugement ainsi : « Si vous notez tous les événements auxquels j'aurai attribué une probabilité égale à trois quarts et que vous observiez pour un grand nombre de cas la fréquence de ceux où l'événement s'est effectivement produit, je prédis que cette fréquence sera voisine de trois quarts » (cf. [59], p. 17).

la DATAR publiée dans *Metra* sous le titre « Scénario tendanciel français » et par la Documentation française sous le titre *Scénario de l'inacceptable* (cf. [42] et [51]) ; dans ce cas le scénario tendanciel est celui de l'extrapolation des tendances et non pas le plus probable¹.

Depuis, compte tenu du retentissement de cette étude, une certaine confusion du langage s'est installée ; nous proposons, quant à nous, d'assimiler le scénario tendanciel au plus probable, puisque c'est la notion la plus couramment admise².

Le scénario contrasté est « l'exploration d'un thème volontairement extrême, détermination *a priori* d'une situation future » (cf. [39]).

Alors que le scénario tendanciel correspond à une démarche exploratoire d'un scénario d'évolution vers un scénario de situation, à l'inverse, le scénario contrasté correspond à une démarche normative ; on se fixe un scénario de situation future en général très contrastée par rapport au présent (la France côtière, la France de 100 millions d'habitants) et l'on s'interroge à rebours sur le cheminement, c'est-à-dire le scénario d'évolution, qui peut y conduire.

La pratique a fait naître une autre définition du scénario contrasté répondant, comme le scénario tendanciel, à une attitude exploratoire parcourant une évolution pour aboutir à une situation. Dans ce cas, de la même manière que le tendanciel est défini comme le cheminement le plus probable, le contrasté est défini comme un cheminement très peu probable, et c'est précisément sa nature, en général très contrastée, qui le rend peu probable. C'est la définition que nous retiendrons dorénavant.

1. « On appellerait « scénario tendanciel » l'ensemble formé par le cheminement jusqu'à l'horizon 2000 et l'image de la France à cet horizon, construits dans l'hypothèse où les tendances et les actions actuelles se poursuivraient » (souligné dans le texte) (cf. [51], p. 570).

2. Néanmoins, dans des études plus récentes, il nous a semblé préférable de parler de « scénario de référence ». Ce dernier étant compris comme une situation intermédiaire entre les deux contrastés.

Remarquons au passage que cela ne signifie pas que nous abandonnons le normatif pour l'exploratoire ; à nos yeux, cette distinction n'a qu'un intérêt opératoire. En effet, une fois l'évolution et la situation décrites, dans un sens ou dans l'autre, le cheminement correspondant est à la fois exploratoire et normatif.

Enfin, il convient de rappeler la distinction que nous avons déjà évoquée entre les *scénarios possibles*, c'est-à-dire tout ce que l'on peut imaginer, les *scénarios réalisables*, c'est-à-dire tout ce qui est possible compte tenu des contraintes.

C'est parmi ces scénarios, dont la probabilité est non nulle, que l'on trouve les contrastés (peu probables) et le cône de développement où se trouvent les scénarios les plus probables, et notamment le scénario tendanciel.

Les scénarios souhaitables, quant à eux, se trouvent quelque part dans le possible et ils ne sont pas tous nécessairement réalisables.

2.2. L'approche « littéraire »¹

La méthode des scénarios a été élaborée pour appréhender l'évolution à long terme des systèmes complexes que forment, avec leur environnement, une entreprise, un secteur, un pays.

Une étude conduite selon la méthode des scénarios comporte deux étapes principales : la construction de la base et l'élaboration de scénarios.

Pour exposer cette méthode nous nous appuierons essentiellement sur une étude réalisée récemment, qui visait à définir des stratégies de développement à long terme (quinze ans) pour une entreprise du secteur chimique. Prévoir les opportunités ou les menaces que pouvait représenter, pour cette entreprise, la perspective d'une agriculture

1. Rappelons que, par approche littéraire, nous entendons une méthode qui fait uniquement appel à la réflexion et au raisonnement, à l'exclusion de tout instrument mathématique ou informatique.

moderne, devait lui permettre d'anticiper les mutations de son environnement et de s'armer en conséquence. Nous ferons aussi référence à une étude prospective du transport aérien en région parisienne.

2.2.1. *La construction de la base.* — La première étape vise à construire la « base », c'est-à-dire une « image » de l'état actuel du système à partir de laquelle l'étude prospective pourra se développer.

Cette image doit être :

- détaillée et approfondie sur les plans quantitatif et qualitatif ;
- globale (économique, technologique, politique, sociologique...) ;
- dynamique, mettant en évidence les tendances passées et les faits porteurs d'avenir ;
- explicative (mécanismes d'évolutions, acteurs moteurs).

La construction de la base se déroule en trois phases : la délimitation du système étudié, l'étude de la situation actuelle, l'examen de l'évolution passée.

2.2.1.1. *La délimitation du système étudié.* — La délimitation du système constitue une phase très importante. En effet, il convient de ne pas exclure *a priori* du champ de l'étude les éléments techniques, économiques et politiques qui sont actuellement sans influence sur le phénomène étudié mais qui pourraient à long terme infléchir de façon accentuée l'évolution du système dans lequel celui-ci est impliqué : par exemple, pour étudier l'industrie alimentaire, il ne faut pas oublier les aliments de synthèse ; pour le transport aérien, il faut inclure l'aviation de troisième niveau. A l'inverse, on doit éviter de tomber dans l'écueil qui constituerait à faire, pour chaque étude, une prospective de l'ensemble de la société.

Le résultat de cette phase est de parvenir à une définition plus précise du système étudié. Ainsi, par exemple,

pour la prospective des industries alimentaires, le système étudié comprenait finalement :

- la consommation humaine : aspect quantitatif (population) et qualitatif (mode de vie) ;
- les industries alimentaires ;
- le système agricole décomposé en culture et élevage ;
- les industries chimiques ;
- l'aspect pollution qui concerne l'ensemble des autres éléments de système ;
- le pouvoir politique national ou international.

2.2.1.2. *L'étude de la situation actuelle.* — L'étude prospective ne prend pas en considération les seules informations quantifiées ou quantifiables, mais également toutes les données qualitatives : données économiques, facteurs sociologiques, facteurs politiques, qui constituent l'environnement du phénomène étudié. L'approche est donc globale et tente d'appréhender la structure du système en identifiant les éléments moteurs (tendances, germes, mécanismes). Cette analyse du système permet de repérer les différents acteurs en présence ainsi que les flux, les contraintes et les mécanismes qui les caractérisent et conditionnent leur stratégie. En faisant toujours référence au même exemple, on peut citer :

- les acteurs du système : le pouvoir politique (national et international), le consommateur (rural, urbain, en collectivité), les industriels, l'agriculteur... ;
- les flux : flux de matières entre les industries chimiques et l'agriculture, de produits agricoles, de produits élaborés... ; flux de personnes actives entre l'agriculture et le système économique (exode rural) ;
- les contraintes : contraintes biologiques (nutrition), contraintes économiques (revenus des agriculteurs, des industriels, pouvoir d'achat des consommateurs...), accessibilité des agriculteurs aux emplois de l'industrie ou du secteur tertiaire ;

- les contrôles : politique agricole commune au niveau de la CEE, politique industrielle d'intégration... ;
- les mécanismes : incidence du déplacement de la population sur la consommation alimentaire, incidence de l'urbanisation ; politique de soutien des prix qui rompt les mécanismes de régulation de la production...

Le dernier point de l'étude de la situation actuelle consiste à rassembler, dans un tableau à double entrée, les stratégies des différents acteurs présents dans le système. Ce type de présentation révèle les conflits potentiels qui peuvent éclater entre les acteurs, ainsi que les alliances possibles.

Par exemple, pour une étude de prospective du transport aérien, nous avons construit un tableau des stratégies comprenant les acteurs suivants : constructeurs, compagnies, Etat, aéroport, riverains... (cf. troisième partie, chap. I).

2.2.1.3. *L'examen de l'évolution passée.* — L'examen de l'évolution du système au cours des années passées permet, tout d'abord, d'éviter de privilégier exagérément la situation actuelle dont l'étude peut être biaisée par des facteurs conjoncturels. L'examen du passé vise également à mettre en évidence les variables structurelles du système, c'est-à-dire les invariants et les tendances lourdes dont on peut postuler la constance sur l'ensemble de la période d'étude.

Parmi les invariants, on peut citer pour notre exemple le système économique général, les besoins nutritionnels de l'homme, la composition du menu occidental, etc. Dans les tendances lourdes, on peut mentionner l'incidence de l'urbanisation croissante de la population sur sa consommation alimentaire, le développement des repas pris en collectivité et, corrélativement, le recours croissant à des produits élaborés, etc.

Enfin, il est utile, dans un ensemble aussi complexe, de parvenir à un découpage en sous-systèmes, aussi autonomes que possible, qui feront l'objet d'une étude prospective séparée, tout en tenant compte de leurs interrelations éven-

tuelles ; ces divers sous-systèmes sont représentés par des graphes qui synthétisent l'ensemble des résultats obtenus.

2.2.1.4. *Résultats de la construction de la base.* — Dès ce stade de l'étude des résultats importants sont déjà atteints :

- le système étudié est limité aux éléments pertinents ;
- le système est structuré et éventuellement découpé en sous-systèmes ;
- son évolution passée et son état actuel sont expliqués (interprétés) ;
- les facteurs d'évolution ou de stabilité du système sont mis en évidence ;
- les projets des acteurs sont repérés dans un tableau stratégique.

2.2.2. *L'élaboration de scénarios.* — La partie prospective proprement dite de l'étude se subdivise en deux phases : l'élaboration d'un scénario tendanciel et l'élaboration de scénarios contrastés et elle repose sur le découpage de la période d'étude en sous-périodes successives et, à l'intérieur de chaque sous-période, sur une étude diachronique et sur une étude synchronique.

2.2.2.1. *Le découpage de la période d'étude.* — Dans une étude prospective, il est très difficile de concevoir directement une image du système étudié à l'horizon choisi, à partir de la situation actuelle, car une telle démarche ne permet pas de prendre en considération les mutations qui affectent le système au cours de la période d'étude. Cette dernière est donc découpée en sous-périodes plus courtes, de quelques années, au cours desquelles on suppose une constance relative de la structure du système. Par exemple, deux sous-périodes de cinq ans (1973-1978 et 1978-1983) et une sous-période de sept ans (1983-1990) ont été retenues pour l'étude prospective du transport aérien, compte tenu des inerties propres à ce système.

L'étude diachronique. — Au cours de la première sous-période, la construction de la base a permis de dégager les

invariants, les tendances lourdes, les agents qui jouent un rôle, les facteurs d'évolution du système. A partir de ces éléments, en posant des hypothèses concernant l'évolution de l'environnement, il est possible de tracer l'évolution du système et des sous-systèmes au cours de la sous-période.

L'étude synchronique. — En fin de sous-période, il est utile de reconstituer la base en rassemblant les divers éléments de l'évolution décrite dans l'étude diachronique, de manière à s'assurer la cohérence des diverses évolutions et à mettre en évidence les mutations qui ont affecté le système.

On peut alors constater des changements de structure (par exemple, un agent a été absorbé par un autre agent), de mécanismes (on peut penser que la politique actuelle de soutien des prix agricoles ne pourra pas être maintenue parce qu'elle contribue fortement à la formation des excédents agricoles et qu'elle devra être remplacée par une autre politique) ou des modifications d'objectifs des agents (par exemple, parce qu'ils ont atteint leurs premiers objectifs).

Quand l'étude synchronique est achevée, une nouvelle base est reconstituée et une nouvelle étude diachronique peut se dérouler par itérations successives ; en alternant études diachroniques et études synchroniques, on parvient à dresser une image du système étudié à l'horizon choisi.

2.2.2.2. *L'élaboration d'un scénario tendanciel.* — Le scénario tendanciel fournit une image du système étudié à l'horizon choisi, telle qu'elle résulte de l'évolution la plus probable du système. Cela signifie qu'au cours de la construction de ce scénario c'est le cheminement le plus probable qui est retenu à chaque fois que des éventualités d'évolutions divergentes apparaissent.

2.2.2.3. *L'élaboration des scénarios contrastés* (fixant les limites à l'intérieur desquelles l'image du système peut varier).

Rappelons qu'un scénario est dit tendanciel si, devant plusieurs cheminements possibles, il prend le cheminement

le plus probable (par exemple, dans un scénario tendanciel, on admettra qu'à l'horizon 1985 les consommateurs préféreront encore les steaks de bœuf aux « steaks de pétrole »). En choisissant au contraire l'hypothèse inverse, on définit un scénario *contrasté*. On bâtit souvent des scénarios contrastés encadrant un scénario tendanciel, en faisant respectivement une hypothèse optimiste et une hypothèse pessimiste sur un paramètre important.

2.2.3. *Synthèse des scénarios et stratégie de développement.* — A l'issue de la construction du scénario tendanciel et des scénarios contrastés, il est utile de faire la synthèse de tous les scénarios de façon à distinguer ce qui est possible et ce qui est réalisable et à présenter aux responsables de la décision des conclusions qui permettront d'éclairer le choix d'une stratégie d'action et d'adaptation du plan de développement du pays, de l'entreprise aux différents schémas d'évolutions possibles de son environnement. Par exemple, si un scénario montre que la consommation d'engrais atteint un niveau de saturation à une certaine période, une stratégie pour un producteur d'engrais peut consister à se contenter de ce niveau de production, mais une autre peut aussi consister à relancer ce marché en offrant des services en plus du produit même.

L'utilité de l'étude prospective s'étend sur plusieurs années ; au fur et à mesure que le temps passe, la réalité est confrontée aux hypothèses qui sous-tendent chaque scénario. On peut ainsi repérer de quel cheminement théorique (scénario d'évolution) elle s'éloigne ou se rapproche.

Cette « actualisation permanente de l'avenir » facilite le suivi de la trajectoire initialement prévue et permet, le cas échéant, de procéder aux corrections nécessaires.

La connaissance de la trajectoire « vraie » d'évolution d'un phénomène est primordiale pour distinguer, dans la succession des faits, les oscillations conjoncturelles des changements structurels, par exemple : savoir s'il s'agit d'une mévente passagère ou d'une crise plus profonde du marché.

2.2.4. *Conclusion.* — Les différentes phases de l'approche littéraire s'articulent et se succèdent selon un déroulement logique qui s'impose d'autant plus qu'il a fait ses preuves à l'occasion de nombreuses études prospectives.

De la même manière que l'analyse structurelle a été développée pour appréhender et délimiter des systèmes de plus en plus complexes. Les méthodes d'impacts croisés servent à l'élaboration de scénarios : c'est l'approche « formalisée ».

2.3. *L'approche formalisée*¹

Les systèmes sociaux sont de plus en plus complexes et diversifiés, les phénomènes sont de plus en plus interdépendants, les événements de plus en plus liés. Par conséquent, la maîtrise du futur passe par une connaissance immédiate de ce que pourrait être l'avenir. De même qu'on peut résumer l'histoire passée par une série d'événements marquants, on peut repérer les futurs possibles par une liste d'événements qui, s'ils se produisent, sont considérés comme importants à un horizon donné : cet ensemble d'événements constitue un référentiel dans lequel il y a autant d'états possibles (de futuribles) que de combinaisons d'événements. C'est précisément pour déterminer les événements, et par conséquent les scénarios les plus probables, qu'ont été développées depuis 1968 des approches formalisées appelées matrices d'impacts croisés (de l'anglais *cross-impact matrix*).

2.3.1. *L'objet des méthodes d'impacts croisés.* — En face du futur, le jugement personnel est souvent le seul élément d'information accessible pour prendre en compte les événements qui pourraient survenir et influencer les phénomènes que l'on cherche à prévoir.

Certaines méthodes comme DELPHI² permettent assez

1. Par approche formalisée nous entendons une méthode qui fait surtout appel au support mathématique et informatique pour tirer parti de l'information disponible.

2. Le lecteur pourra se reporter à l'article de Roger DURAND [70].

bien de collecter les opinions et d'aboutir à un résultat convergent. Mais cette méthode présente le défaut de ne pas tenir compte des interactions entre événements. A l'inverse, la méthode des impacts croisés (MIC) présente l'avantage de prendre en compte à la fois les opinions exprimées et les interdépendances entre questions et offre, par conséquent, une grille de lecture plus cohérente.

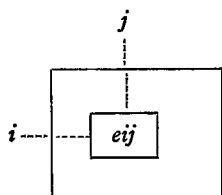
La méthode des impacts croisés est le terme générique d'une famille de techniques qui tente d'évaluer les changements dans les probabilités d'apparition d'un ensemble d'événements à la suite de l'apparition de l'un d'eux. Cette méthode se présente d'abord sous la forme d'une liste d'événements avec les probabilités de développement qui leur sont associées ; l'hypothèse de base de la méthode est que les probabilités élémentaires tiennent compte des interactions, mais incomplètement. La prise en compte de ces interdépendances entre événements permet de passer d'un système de probabilités brutes à un système de probabilités nettes, c'est-à-dire corrigées.

La suite de la méthode consiste d'une part à analyser la sensibilité du système d'événements et d'autre part à construire des scénarios.

— *L'analyse de sensibilité* permet de dégager des événements moteurs ou dominants et des événements dominés.

Le plus souvent il s'agit d'estimer la variation ΔP_j de la probabilité P_j de l'événement j à la suite d'une variation ΔP_i de la probabilité P_i de l'événement i .

Les résultats se présentent sous la forme d'une matrice d'élasticité :



$$e_{ij} = \frac{P(i) \cdot \Delta P(j)}{P(j) \cdot \Delta P(i)}$$

— *L'élaboration de scénarios* se fait le plus souvent par tirages du hasard (ce qui permet de générer la chaîne d'événements la plus probable) excepté pour deux méthodes développées récemment.

Pratiquement, si l'on considère un système de N événements ($e_1, e_2, \dots, e_N$) il y a 2^N états ou scénarios de situation possibles pour ce système.

Dire par exemple qu'à telle date se produisent $e_1, e_2, e_4, \dots, e_N$ non e_3 , est l'un de ces 2^N scénarios.

Nous verrons que seules deux méthodes donnent les probabilités de tous les scénarios de situation.

Si l'on tient compte de l'ordre dans lequel les événements se produisent, il y a $N! \cdot 2^N$ scénarios d'évolution.

2.3.2. *Bref historique sur les MIC.* — Plusieurs méthodes d'impacts croisés ont été proposées. Tout d'abord, avec Gordon en 1968 [47], l'évaluation des interactions s'est faite avec des coefficients d'impact compris entre $+10$ et -10 , le passage des probabilités brutes aux probabilités nettes faisant, le plus souvent, appel à des techniques assez sophistiquées : méthode de Monte-Carlo avec itérations successives.

Les travaux d'Howard et Johnson (1970 [48]) et de Julius Kane (méthode KSIM, 1972-1973 [50]) s'inscrivent dans le cadre méthodologique posé par Gordon et continuent à mélanger des coefficients d'impacts avec des probabilités dans les formules de passage des probabilités brutes aux probabilités nettes.

A la suite des travaux de Gordon, la méthode a fait l'objet d'autres approches ; on peut citer Norman Dalkey [41] qui s'appuie sur une matrice des probabilités conditionnelles entre tous les couples d'événements pour modifier le système de probabilité initial. Cette approche qui constitue un progrès par rapport à la MIC telle qu'elle est proposée par Gordon et améliorée par Dalkey reste très peu crédible. En effet, les résultats obtenus dépendent de la formule de passage adoptée pour le calcul des probabilités nettes. Plu-

sieurs formules ont été proposées, souvent constituées par un savant mélange entre formes quadratiques, espérances mathématiques et coefficients de pondérations subjectifs... En pratique, aucune ne s'impose et sur un même exemple, comme l'ont montré Florentin et Dognin [45], il y a autant de résultats que de formules testées.

En outre, rien ne justifie l'emploi dans ces formules de passage du produit $P_i(1 - P_i)$ qui est maximum pour P_i égal à 0,5 et minimum pour P_i égal à 0 ou 1 et, par conséquent, a tendance à limiter les corrections pour les probabilités brutes proches de 0,5 et à faciliter celles des probabilités extrêmes.

Le souci de proposer une formule de passage qui ait un sens, a conduit des auteurs comme Enzer à faire appel à la théorie de l'information. L'approche est séduisante mais l'obtention des résultats reste complexe et entachée de subjectivité (emploi de coefficients de pondérations individuels et collectifs).

De plus, l'objet de la méthode devrait consister à contrôler la cohérence des estimations relativement aux contraintes classiques sur les probabilités. En pratique, la plupart des méthodes, quel que soit leur degré de complexité, aboutissent à des probabilités nettes incohérentes, avec des résultats du type, par exemple: $P(i) < P(i/j) \cdot P(j)$, ce qui n'est pas compatible avec la relation $P(i) = P(i/j) P_j + P(i/\bar{j}) P_{\bar{j}}$, qui doit toujours être vérifiée. Les auteurs américains confondent convergence et cohérence : *ce n'est pas parce qu'un processus est convergent que les résultats obtenus sont cohérents*¹.

2.3.3. *Les développements récents.* — Il s'agit essentiellement des travaux de Duval, Fontela et Gabus à l'Institut Battelle de Genève [43 et 46] et du modèle markovien de J. EYMARD [44] (Aéroport de Paris) développé à la suite de l'application de la méthode ΣMIC 74 à l'étude prospective du transport aérien, méthode que nous avons mise au point avec J. C. Duperrin (cf. [63]).

1. Cette remarque est valable aussi pour la méthode DELPHI.

2.3.3.1. *La méthode de Battelle.* — La méthode de Battelle et la méthode SMIC ont pour point commun de travailler sur des données homogènes (uniquement des probabilités), de rechercher des résultats cohérents et d'élaborer des scénarios, mais la comparaison s'arrête là.

Il semble que depuis leurs travaux de 1972 les chercheurs de Battelle ont abandonné la solution qui consistait à minimiser une certaine fonction des probabilités individuelles et conditionnelles, sous les contraintes de type a , b , c^1 . En effet, la non-linéarité des contraintes posait des problèmes presque insolubles pour la recherche de l'optimum.

La solution actuelle ([46], p. 47, 48) consiste à ne demander aux experts que certaines probabilités ; il suffit par exemple de connaître $P(i/j)$ pour calculer ensuite $P(i/\bar{j})$ en tenant compte de c .

Si cette pratique a l'avantage d'obtenir une matrice cohérente par construction, relativement à des contraintes d'ailleurs insuffisantes, elle présente, cependant, le grave défaut de considérer l'estimation, par exemple, de $P(i/j)$ comme exacte et l'expert ou le groupe d'experts correspondant comme parfait.

Par ailleurs, la méthode Battelle détermine par le processus classique de tirage au hasard la chaîne d'événements la plus probable.

A ce titre, il convient de rappeler que pour un système de N événements il y a 2^N états possibles et que la somme des probabilités des scénarios est égale à 1, puisque ces scénarios de situation sont exclusifs entre eux et que forcément l'un d'entre eux se produit. Comme le montrent les exemples sur lesquels SMIC a été utilisé, non seulement le scénario le plus probable a le plus souvent une probabilité de l'ordre de 0,2 mais en outre, il y a, en général, d'autres scénarios totalement différents, qui ont une probabilité légèrement inférieure et qu'il faut considérer.

1. a) $0 \leq P(\quad) \leq 1$;
- b) $P(i, j) = P(i/j) P(j) = P(j/i) P(i)$;
- c) $P(i) = P(i/j) P(j) + P(i/\bar{j}) \cdot P(\bar{j})$ (avec $\bar{j} = \text{non } j$).

Ce phénomène a échappé jusqu'ici aux chercheurs de Battelle, comme d'ailleurs aux auteurs américains, puisque les méthodes qu'ils utilisent ne donnent pas la séquence hiérarchique des probabilités de tous les scénarios possibles, contrairement à SMIC et au modèle markovien de J. Eymard.

2.3.3.2. *Le modèle markovien de J. Eymard* (cf. [44]). — Comme son nom l'indique, cette méthode d'impacts croisés s'appuie sur une matrice de Markov, c'est-à-dire une matrice de probabilités de transition d'un état à un autre.

L'originalité essentielle de cette méthode par rapport aux autres est de fournir les probabilités de tous les scénarios d'évolution ; et par conséquent de situation. Ainsi, non seulement cette méthode donne les probabilités des scénarios de situation à un horizon donné, mais elle précise aussi l'ordre dans lequel les événements se sont produits¹.

Néanmoins, il faut prendre à Jacques pour donner à Pierre et si cette méthode est celle qui présente les résultats les plus complets sur les scénarios, elle souffre aussi trois critiques :

1. Elle ne se prête pas directement à une analyse de sensibilité.
2. Compte tenu du nombre de questions à poser aux experts, on ne peut guère prendre en compte plus de cinq événements.
3. *Last but not least*, il n'y a pas vérification de la cohérence statistique des probabilités de départ qui n'ont aucune raison d'être meilleures que dans les autres cas.

2.3.4. *Méthode SMIC* (systèmes et matrices d'impacts croisés)².

2.3.4.1. *Information disponible*. — Le principe de la méthode est extrêmement simple et est soumis à l'hypothèse

1. Rappelons que pour N événements il y a 2^N scénarios de situation correspondant à $N ! 2^N$ scénarios d'évolution possibles.

2. Pour un exposé plus détaillé de la méthode on pourra se reporter aux articles parus dans *Futures* et *Metra* (cf. [63] et [68]).

selon laquelle les experts peuvent fournir une information sur :

- la liste des N hypothèses¹ considérées comme fondamentales pour l'objet de l'étude :
 - $H = (H_1, H_2, \dots, H_N)$;
- les probabilités simples de réalisation à un horizon donné :
 - $P(i)$ probabilité de l'hypothèse H_i ;
- les probabilités conditionnelles des hypothèses prises deux à deux :
 - $P(i/j)$ probabilité de i si j est réalisée.
 - $P(i/\bar{j})$ probabilité de i si j n'est pas réalisée ;

En pratique, les opinions émises à la suite de certaines questions particulières portant sur des hypothèses non indépendantes sont incohérentes relativement aux contraintes classiques sur les probabilités.

Ces opinions brutes doivent être corrigées de telle manière que les résultats nets respectent les conditions ci-dessous :

- a) $0 \leq P(\quad) \leq 1$;
- b) $P(i/j) \cdot P(j) = P(j/i) \cdot P(i) = P(i, j)$;
- c) $P(i/j) \cdot P(j) + P(i/\bar{j}) \cdot P(\bar{j}) = P(i)$.

2.3.4.2. *L'objet et le principe de la méthode SMIC.* — L'objet de la méthode SMIC consiste à corriger les opinions brutes exprimées par les experts de manière à obtenir des résultats nets cohérents (c'est-à-dire satisfaisant aux contraintes classiques sur les probabilités), les plus proches possibles des estimations initiales.

La méthode tient compte du fait que les opinions émises à la suite de certaines questions particulières, portant sur des hypothèses non indépendantes, renferment une cer-

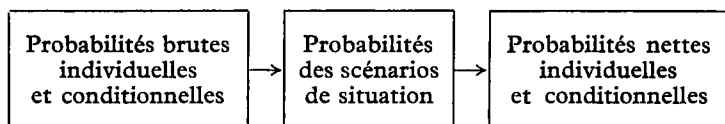
1. Dans certains cas on préférera parler d'événements plutôt que d'hypothèses.

taine part d'incohérence par rapport à l'opinion globale inexprimée, mais implicite, si l'on considère l'ensemble des réponses aux autres questions.

On pourrait penser à optimiser une certaine fonction des probabilités individuelles et conditionnelles sous les contraintes ci-dessus. Mais la non-linéarité des contraintes sur les probabilités des hypothèses isolées impose des conditions particulières à l'optimum, ceci nous conduit à nous intéresser aux probabilités des combinaisons d'hypothèses, c'est-à-dire de scénarios de situation.

Si l'on a caractérisé les possibilités d'évolution du phénomène étudié par la réalisation ou non de n hypothèses fondamentales, on obtient 2^n *images finales*¹ ou *scénarios de situation* possibles.

Le principe retenu est d'obtenir des probabilités nettes et cohérentes sur les hypothèses à partir des probabilités des jeux d'hypothèses, c'est-à-dire de l'opinion globale inexprimée mais implicite sur les scénarios.



2.3.4.3. *Fonction objectif*. — Les contraintes a, b, c sont vérifiées par les probabilités théoriques, mais non par les probabilités estimées ; en conséquence la fonction objectif que nous nous proposons d'optimiser consiste à minimiser la différence entre les produits $P(i/j) \cdot P(j)$ résultant des estimations fournies par les experts sur les N hypothèses et les produits théoriques $P^*(i/j) \cdot P^*(j)$ qui s'expriment en fonction des probabilités $\Pi_k(k = 1, 2, \dots, r)$ des $r = 2^N$ scénarios possibles.

1. Si $n = 2$, on a 2 hypothèses H_1 et H_2 , et 4 images finales possibles :

- H_1 et H_2 réalisées ;
- H_1 réalisée et H_2 non réalisée et *vice versa* ;
- H_1 et H_2 non réalisées.

Ce qui revient à chercher des probabilités ($\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_k, \dots, \Pi_r$) des scénarios possibles qui rendent minimum une fonction objectif, sous les contraintes :

$$\sum_{k=1}^r \Pi_k = 1$$

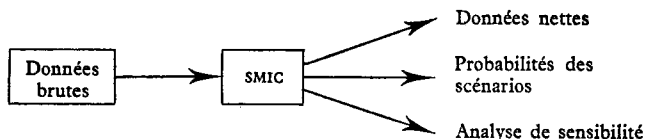
$$\Pi_k \geq 0 \quad \forall_k.$$

C'est un programme classique de minimisation d'une forme quadratique sous contraintes linéaires¹.

On remarque qu'il n'est pas nécessaire de tenir compte des contraintes a, b, c , définies précédemment. Les probabilités théoriques déduites des Π_r les vérifient par définition.

2.3.4.4. Résultats : une hiérarchie des scénarios et l'analyse de sensibilité. — La solution fournie par le programme SMIC donne les probabilités ($\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_r$) des r scénarios.

Nous obtenons ainsi une *classement cardinal des scénarios possibles*, ce qui permet de délimiter le *domaine des réalisables* en ne retenant que ceux ayant une probabilité non nulle.



A l'intérieur du domaine des réalisables, on peut distinguer des scénarios plus probables que d'autres, parmi lesquels on pourra choisir des situations de référence et contrastées.

Des probabilités des scénarios, on peut déduire des probabilités simples et conditionnelles cohérentes des hypothèses, c'est-à-dire satisfaisant à a, b, c .

La suite de la méthode consiste en une analyse de sensibilité et permet de déduire des variables motrices ou dominantes et des variables dominées.

1. Le programme informatique de résolution a été mis au point par M. LIEUTAUD de la CISI [52].

Les effets de l'action sur chaque hypothèse sont mesurés par les coefficients d'élasticités. Par conséquent, le décideur sait sur quelles variables il doit agir pour faire évoluer le phénomène étudié dans le sens souhaité.

2.3.4.5. *Conclusions.* — La méthode SMIC prend en compte systématiquement les opinions exprimées par les experts et les interdépendances entre les questions posées. Elle se prête bien à une analyse de sensibilité.

Non seulement SMIC corrige une information brute pour obtenir des *résultats cohérents* sur les probabilités d'hypothèse, mais elle donne aussi les *probabilités des scénarios* et permet de distinguer à l'intérieur du domaine des réalisables les *scénarios de situation les plus probables*.

2.3.5. *La méthode SMIC dans sa version 1976.* — On peut faire plusieurs reproches à la méthode SMIC, du moins telle qu'elle a été utilisée les premières fois, concernant :

- son application trop mécanique et limitée ;
- la fonction objectif et la multiplicité des solutions ;
- le problème de l'agrégation des réponses de plusieurs experts.

Chacun de ces trois points mérite qu'on s'y arrête.

2.3.5.1. *Application mécanique et limitée.* — Tout nouvel instrument nécessite une période d'apprentissage au cours de laquelle on est amené à l'utiliser un peu comme une fin en soi, pour le plaisir.

En ce qui concerne la méthode SMIC, cette période fut brève et c'est aujourd'hui avec une très grande prudence que nous utilisons la méthode dans le cadre de l'approche intégrée (cf. deuxième partie, chap. III).

Le nombre d'hypothèses ou d'événements que la méthode SMIC peut traiter est limité en général à six, moins pour des raisons mathématiques qu'en relation avec le nombre maximal de questions que l'on peut raisonnablement poser à un expert. (Pour 6 hypothèses, 66 questions, pour 7 il faudrait déjà en poser 91.)

2.3.5.2. *La fonction objectif et la multiplicité des solutions.*

— Tout d'abord, la fonction objectif est d'une certaine manière arbitraire. On pourrait en choisir une autre.

Néanmoins, celle que nous retenons présente l'avantage de se rattacher à la « philosophie » des moindres carrés.

En effet, comme dans la régression linéaire, nous avons un nuage de points (les réponses brutes) et nous cherchons l'information la plus proche possible qui respecte certaines contraintes (la droite pour la régression, les axiomes de probabilité dans notre cas).

Par ailleurs il est exact, comme l'ont montré Mitchell et Tydeman (cf. [66]) et comme nous l'avons nous-même fait il y a deux ans (cf. [67]), que l'optimum de cette fonction objectif n'est pas unique et qu'il y a même une infinité de solutions pour les probabilités de scénarios Π_k . Néanmoins, comme nous le montrons dans notre réponse (cf. [68]), la solution présentée par Mitchell et Tydeman est une impasse et nous proposons pour résoudre ce problème une version améliorée de la méthode SMIC.

Dans cette version 1976 de la méthode SMIC nous proposons d'introduire un critère de choix et de retenir comme solution optimale, parmi l'infinité des solutions, celle qui donne la valeur la plus élevée possible au scénario le plus probable. La solution répondant à ce critère, c'est-à-dire $\text{Max}_k [\text{Max } \Pi_k]$, peut facilement être obtenue par l'algorithme du simplexe. Ce critère présente l'avantage de lever en partie une contradiction que nous avons souvent notée entre les résultats de SMIC, donnant en général une probabilité assez faible au scénario le plus probable, et le point de vue initial de l'expert interrogé selon lequel un ou deux scénarios sont nettement plus probables que d'autres.

2.3.5.3. *Le problème de l'agrégation des réponses.* —

Compte tenu des coûts informatiques, il est exclu de faire autant de passages de la méthode SMIC qu'il y a d'experts interrogés ; d'ailleurs il y aurait autant de solutions que

d'experts et le problème du choix se poserait à un moment ou un autre.

La solution que nous proposons, illustrée par un exemple dans la troisième partie, chapitre II, est de construire une typologie des experts en fonction de leurs réponses et de retenir, finalement, les scénarios qui apparaissent les plus probables pour la plupart des experts considérés comme types. C'est-à-dire représentatifs d'une catégorie.

2.4. *Conclusion*

Le monde dans lequel nous vivons repose sur un réseau si complexe de relations interdépendantes, qu'il est difficile d'observer l'évolution d'un système sans envisager les influences qu'il subit ainsi que les impacts qu'il provoque. Il faut donc replacer tout système dans un contexte plus global prenant en compte les aspects sociopolitiques aussi bien que technologiques, pour obtenir une vision la plus juste possible à un horizon donné.

L'esprit humain n'a pas la capacité de saisir l'ensemble des relations entre des éléments non indépendants et se limite le plus souvent à des comparaisons binaires : « l'approche formalisée », par les méthodes d'impacts croisés, est un des outils prospectifs les mieux adaptés pour l'aider à intégrer les réseaux complexes d'interactions.

Pour comprendre la transformation d'un système, il ne suffit pas de repérer certains événements marquants, il faut aussi connaître les probabilités des scénarios correspondants. La méthode SMIC donne précisément une séquence des futurs possibles les plus probables.

Le principe de cette nouvelle méthode d'impacts croisés consiste à corriger les opinions brutes exprimées par des experts, en tenant compte des interdépendances entre les questions posées, et en construisant à partir des probabilités des couples d'hypothèses, un ensemble cohérent de probabilités de scénarios.

L'analyse de sensibilité montre que cette méthode est

Tableau comparatif des méthodes d'impacts croisés

<i>Méthodes</i>	<i>Caractéristiques</i>						
	<i>Homogénéité des données</i>	<i>Recherche de la cohérence probabiliste</i>	<i>Formule de passage des probabilités brutes aux probabilités nettes</i>	<i>Analyse de sensibilité</i>	<i>Elaboration de scénarios</i>	<i>Probabilités des scénarios de situation</i>	<i>Probabilités des scénarios d'évolution</i>
Gordon, 1968 [47]	NON	NON	OUI	OUI	NON	NON	NON
Howard-Johnson, 1970 [48]	NON	NON	OUI	OUI	OUI	NON	NON
Julius Kane, 1972 et 1973 [50]	NON	NON	OUI	OUI	NON	NON	NON
Dalkey [41]	OUI	NON	OUI	OUI	OUI	NON	NON
Battelle, 1972	OUI	OUI	OUI mais pas de solution	NON	NON	NON	NON
Battelle, 1974 [43]	OUI	Insuffisante	NON	NON	OUI : le scénario le plus probable	NON	NON
SMIC [63]	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI : tous les scénarios possibles	OUI	NON
J. Eymard <i>Modèle Markovien</i> [44]	NON	NON	NON	OUI (indirectement)	OUI : tous les scénarios possibles	OUI	OUI

aussi un instrument permettant d'évaluer les retombées d'une action sur une variable et d'aider par conséquent le décideur à choisir une stratégie parmi les politiques alternatives. Cette prise en compte des effets externes rejoint les préoccupations du *Technology Assessment*.

La méthode SMIC a fait l'objet de nombreuses applications prospectives dans des domaines aussi divers que l'énergie nucléaire, le transport aérien, l'hydrogène et les relations internationales.

Soulignons enfin le rôle de créativité joué par une telle méthode où, finalement, 80 à 90 % des résultats ont un sens que l'intuition peut saisir immédiatement mais où 10 % des résultats sont contre-intuitifs et posent des questions qui ne seraient pas venues à l'esprit autrement.

Cependant, pas plus qu'aucune autre méthodologie, cette nouvelle méthode d'impacts croisés ne constitue une panacée. Quel que soit le système étudié, le choix des variables et des relations dépend du système de valeurs des experts interrogés. Il convient donc d'être conscient du danger de manipulation de telles méthodes où les hypothèses de départ conditionnent fortement les résultats.

L'approche formalisée n'a de sens que si elle ne se substitue pas à l'esprit humain, mais vient au contraire guider la réflexion et enrichir l'analyse en servant par la même occasion de « garde-fou » à l'approche littéraire. C'est précisément une synthèse des méthodes et des approches que nous proposons en guise de conclusion générale à cette deuxième partie.

Enfin, le tableau comparatif de la page ci-contre résume les caractéristiques des différentes méthodes d'impacts croisés et permet de les situer les unes par rapport aux autres.

Si la méthode SMIC nous semble une des plus performantes, sa version actuelle (cf. [235]) n'est pas définitive et des critiques toujours saines viendront certainement susciter, dans l'avenir, de nouvelles améliorations.

CHAPITRE III

La méthode des scénarios : une approche intégrée

Les différentes méthodes que nous avons évoquées, analyse structurelle (MICMAC) et impacts croisés (SMIC), si elles peuvent être utilisées indépendamment l'une de l'autre, se prêtent néanmoins parfaitement à une utilisation séquentielle. Cette approche formalisée et synthétisée en un seul déroulement méthodologique donne le meilleur d'elle-même lorsqu'elle est développée en harmonie avec la séquence logique de l'approche littéraire. Cette synthèse des approches fait l'objet de ce chapitre qui présente la méthode des scénarios telle qu'elle est utilisée actuellement à la SEMA.

INTRODUCTION. — *Prévision et avenir incertain*

La plupart des méthodes de prévision s'appuient sur l'extrapolation de tendances, par un raisonnement « toutes choses égales par ailleurs », ce qui apparaît tout à fait illusoire dans un environnement qui change de plus en plus, et où les phénomènes à prendre en compte sont sans cesse plus complexes et interdépendants. L'incertitude face à l'avenir est alors traduite sous la forme d'écarts autour d'une tendance (fourchette haute et fourchette basse) (cf. fig. 1).

— Ainsi, les modèles économétriques s'avèrent impuissants à prévoir les changements structurels (les crises) et leurs utilisateurs attribuent ces erreurs de prévision aux fameuses variables « cachées ».

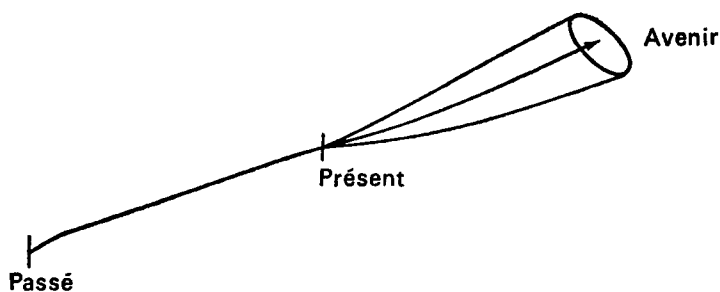


FIG. 1. — L'avenir est unique et certain

— La démarche prospective, par contre, admet qu'aujourd'hui l'avenir est multiple, et que c'est de la confrontation des différents acteurs en présence et de leurs projets que naîtra tel ou tel futur (cf. fig. 2). La construction de l'avenir s'explique autant par l'action humaine que par le jeu des déterminismes.

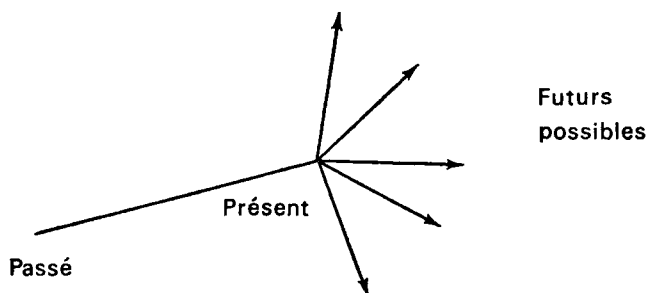


FIG. 2. — L'avenir prévisible est multiple et indéterminé

La méthode des scénarios s'efforce de concevoir ces futurs possibles et d'explorer les cheminements qui y conduisent. Mais les scénarios littéraires, s'ils représentent un exercice d'imagination stimulant pour l'esprit, souffrent nécessairement d'un manque de crédibilité, puisque rien ne permet de vérifier la validité et la plausibilité des hypothèses avancées.

— C'est pourquoi nous avons développé à la SEMA une approche intégrée de prospective montrant notamment :

- d'une part, que certaines variables ne sont cachées que pour les modèles ; en effet, l'emploi de l'analyse structurale permet de les révéler et de mettre en évidence le rôle qu'elles jouent ;
- d'autre part, que l'on peut, par une méthode d'impacts croisés, classer les scénarios en fonction de leur probabilité.

Les objectifs d'une telle méthode sont :

1. Déceler quels sont les points à étudier en priorité (variables clés), en mettant en relation, par une analyse explicative globale la plus exhaustive possible, les variables concernant le phénomène étudié avec les variables décrivant son environnement.
2. Déterminer, notamment à partir des variables clés, les acteurs fondamentaux, leurs stratégies, les moyens dont ils disposent pour faire aboutir leurs projets.
3. Décrire, sous la forme de scénarios¹, l'évolution du phénomène étudié, compte tenu des évolutions les plus probables des variables clés, et à partir de jeux d'hypothèses sur le comportement des acteurs.

On peut alors utiliser les techniques de la prévision classique dans le cadre défini par un scénario, pour traduire ce scénario en termes quantitatifs.

On peut également, compte tenu des différents scénarios, évaluer les conséquences des orientations déjà prises, et, à l'aide de méthodes multicritères, en déduire les actions stratégiques à engager en priorité pour tirer parti des changements attendus.

1. Ces scénarios développent :

- d'une part, la situation la plus probable du phénomène étudié et de son environnement à l'horizon fixé, ainsi que le cheminement qui y conduit (scénario de référence) ;
- d'autre part, les situations extrêmes à l'intérieur desquelles ce phénomène se situera (scénarios contrastés, pessimiste et optimiste).

L'approche intégrée. — La synthèse que nous proposons consiste à marier les deux approches formalisées et littéraires afin qu'il n'y ait plus de méthode sans raisonnement ni de raisonnement sans méthode. C'est l'approche intégrée qui unit les deux déroulements logique et méthodologique :

- l'approche « littéraire » s'attache à construire des scénarios par la réflexion et le raisonnement ;
- l'approche « formalisée » alimente la réflexion sur les scénarios et permet d'en vérifier la validité.

L'approche intégrée comprend deux phases : la construction de la base et, à partir de cette base, l'élaboration de scénarios.

Pour l'exposé de la méthode, on raisonnera sur l'exemple¹ de l'économie française, confrontée au monde extérieur.

3.1. *Construction de la base*

La construction de la base comprend trois étapes :

- la délimitation du système constitué par l'économie française et son environnement ;
- la détermination des variables essentielles ;
- l'analyse explicative du rôle joué par ces variables.

1) *Délimitation du système.* — On commence par délimiter le système constitué par l'économie française et le monde environnant. On utilise pour cela les techniques de l'analyse structurelle et on définit un certain nombre de variables qui caractérisent le système et que l'on répartit en deux classes : les variables nationales et les variables extérieures.

Ces variables sont aussi bien d'ordre géopolitique qu'économique, technologique ou social. Exemple : la politique suivie par les pays producteurs de pétrole ou l'évolution du marché mondial des céréales sont des variables

1. On pourrait tout aussi bien prendre une entreprise, un secteur, face à un certain environnement.

extérieures qui ont sûrement une action directe sur des variables nationales comme la part de l'industrie dans le produit national brut ou le revenu des populations rurales.

Toutes les relations directes entre variables extérieures et variables nationales sont repérées dans une matrice qui représente en quelque sorte la structure du système.

2) *Détermination des variables essentielles.* — Outre les relations directes, il existe aussi des relations indirectes entre variables par des chaînes d'influence et des boucles de réaction (feed-backs). Une matrice courante comportant plusieurs dizaines de variables peut renfermer plusieurs millions d'interactions sous forme de chaînes et de boucles. Il est impossible à l'esprit humain de se représenter et d'interpréter un tel réseau de relations.

Une exploitation plus poussée de la matrice d'analyse structurelle, en particulier par la méthode MICMAC¹, permet de dégager les relations indirectes et les effets de feed-backs entre variables et fournit deux types de résultats :

- d'une part, les variables extérieures qui ont le plus d'impact sur l'économie nationale ;
- d'autre part, les variables économiques nationales qui sont les plus sensibles à l'action de l'extérieur.

MICMAC va donc dégager une hiérarchie des variables : certaines de ces variables vont confirmer des intuitions premières, d'autres seront plus surprenantes et amèneront à se poser des questions que l'on ne se serait pas posé autrement.

3) *Analyse explicative du rôle joué par ces variables.* — L'analyse explicative porte sur les groupes de variables essentielles tels qu'ils ont été dégagés par le traitement MICMAC ; elle comprend une rétrospective et une analyse de la situation actuelle.

1. MICMAC : Matrice d'impacts croisés - Multiplication appliquée à un classement (cf. 1.3.2, deuxième partie).

— L'étude rétrospective évite de privilégier exagérément la situation actuelle dont l'étude peut être biaisée par des facteurs conjoncturels.

Elle a pour objet de dégager les mécanismes et les acteurs déterminants de l'évolution extérieure et nationale.

Elle vise également à mettre en évidence les invariants du système et ses tendances lourdes.

— L'analyse de la situation actuelle permet de repérer les germes de changements dans l'évolution de l'économie française face au monde extérieur ainsi que les stratégies des acteurs qui sont à l'origine de cette évolution. A ce titre, cette analyse ne prend pas en considération les seules informations quantifiées ou quantifiables, mais également toutes les données qualitatives : données économiques, facteurs sociologiques, facteurs politiques...

Cette analyse aboutit à la fin de la base à la construction du tableau *stratégie des acteurs*. En effet, c'est la confrontation des projets des acteurs et l'évolution des rapports de force qui en résultera qui détermineront l'avenir.

3.2. *Elaboration des scénarios*

Compte tenu des facteurs moteurs, des stratégies des acteurs et des germes de changement dégagés dans les phases précédentes, on met en œuvre la méthode des scénarios en faisant jouer les mécanismes d'évolution et en confrontant les stratégies des acteurs (alliances et conflits possibles).

Ainsi, le jeu des rapports de force entre acteurs permet la construction de scénarios. Mais, comme certains domaines déterminants pour l'avenir sont incertains, les variables géopolitiques par exemple, il faudra faire des hypothèses à leur propos. Compte tenu de leur incertitude, ces hypothèses sont probabilisées en se basant sur l'opinion d'experts, puis traitées par la méthode SMIC.

A chaque jeu d'hypothèses correspond un scénario que l'on peut construire et dont la réalisation est plus ou moins probable. Les résultats de la méthode SMIC se présentent

sous la forme de probabilités des scénarios de situation (combinaison d'hypothèses). Ils peuvent se prêter à deux utilisations différentes.

D'une part, ils peuvent servir à éclairer le choix des jeux d'hypothèses auquel il faut forcément procéder à un moment ou un autre du déroulement logique de l'approche littéraire. Par exemple : si le SMIC porte sur des variables géopolitiques on pourra retenir les jeux d'hypothèses les plus probables (Europe unie, solidarité OPEC, etc.) pour le scénario tendanciel de l'économie française.

D'autre part, ils peuvent être confrontés aux résultats de l'élaboration de scénarios obtenus de façon logique par l'approche littéraire. Chaque approche sert ainsi de « garde-fou » à l'autre en mettant ou non à jour un certain nombre de contradictions qu'il faut résoudre et qui n'auraient même peut-être pas été repérées autrement. C'est précisément cette utilisation qui a été retenue à l'occasion de l'étude prospective du transport aérien en région parisienne (cf. notre troisième partie).

Remarquons que dans le premier cas la méthode d'impacts croisés doit être mise en œuvre au début de l'élaboration des scénarios (pour le choix des jeux d'hypothèses) alors que dans le second cas les deux approches se développent parallèlement. Nous appellerons le premier cas un *SMIC d'orientation* et le second un *SMIC garde-fou*.

Finalement, le résultat de la méthode des scénarios se présente sous la forme :

- d'une part, d'un scénario de référence qui correspond au jeu d'hypothèses le plus probable sur les changements qui peuvent intervenir dans l'environnement de l'économie française au cours de la période étudiée ;
- d'autre part, des scénarios contrastés fixent les limites à l'intérieur desquelles la situation de cet environnement peut varier. En principe, il s'agit d'un scénario optimiste et d'un scénario pessimiste, correspondant à des jeux cohérents mais assez peu probables d'hypothèses

politiques, économiques, technologiques, respectivement très favorables et très défavorables à l'économie nationale.

On peut résumer l'exposé précédent par le schéma page suivante où les approches littéraire et formalisée sont intimement mêlées dans une seule approche intégrée.

3.3. *Aide à la décision*

Les résultats des phases précédentes se présentent sous la forme de scénarios d'évolution du phénomène étudié (l'économie nationale ou une entreprise).

Cette phase exploratoire est à compléter par une phase normative au cours de laquelle sont étudiées les conséquences de ces scénarios pour les responsables concernés.

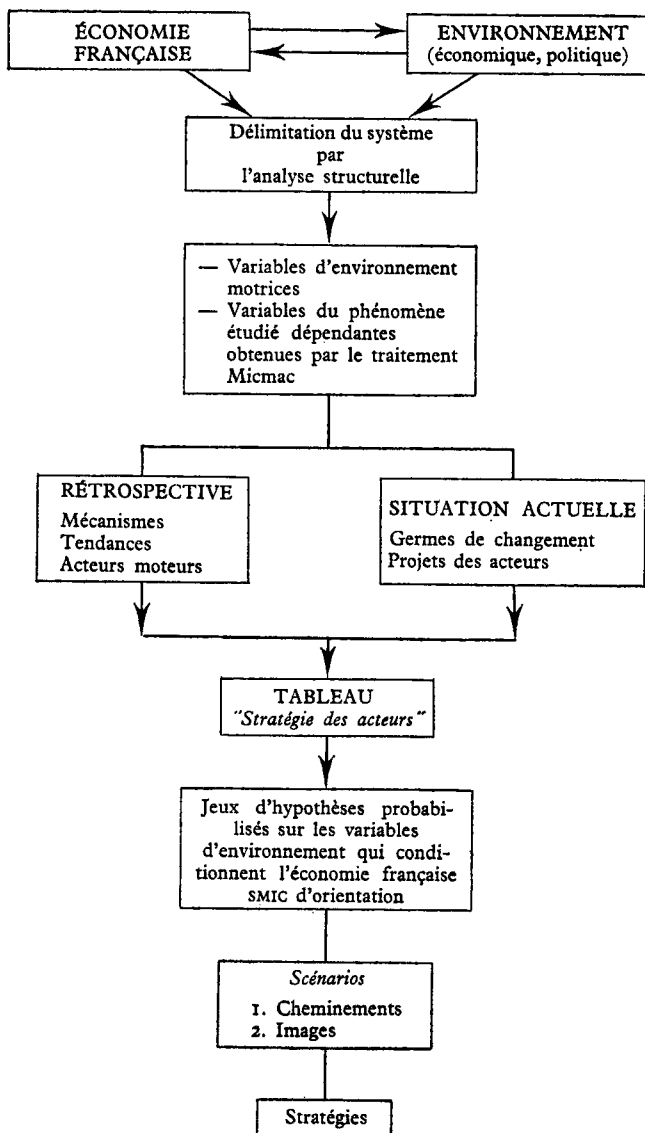
L'étape suivante consiste à définir une *stratégie de développement*, c'est-à-dire l'élaboration prévisionnelle des moyens à mettre en œuvre, des actions à engager pour atteindre les objectifs que l'on se sera fixés.

Une stratégie se construit à partir d'un ensemble d'actions telles que :

- leurs conséquences à court, moyen et long terme n'aillent pas à l'encontre des objectifs visés, mais bien au contraire concourent à les atteindre ;
- elles soient cohérentes entre elles ;
- à tout instant, la batterie d'actions à entreprendre ou à poursuivre soit pertinente vis-à-vis de l'évolution de l'environnement.

Ce dernier point est fondamental. En effet, s'il est relativement aisé de définir une stratégie qui, aujourd'hui, semble bien adaptée à la situation actuelle, on peut sans doute être amené à l'infléchir pour tenir compte des modifications du contexte externe et même interne. Il se peut que ces modifications soient légères et que le changement de cap s'effectue moyennant quelques réglages de voiles

MÉTHODE DES SCÉNARIOS



(actions conjoncturelles). Mais il se peut aussi que ces modifications obligent à remettre en cause les décisions prises jusqu'alors, et que l'on soit contraint de faire table rase moyennant une nouvelle batterie d'actions (actions structurales) pour s'adapter efficacement.

Pour une entreprise, par exemple, ces actions doivent viser :

- à œuvrer, si cela est possible, pour favoriser la réalisation effective des scénarios les plus favorables aux objectifs de l'entreprise ;
- à limiter les conséquences néfastes d'une évolution proche du scénario pessimiste ;
- à faciliter l'insertion de l'activité future de l'entreprise dans un environnement en constante évolution.

La multiplicité des actions possibles pose le problème du choix de celles qui sont les plus judicieuses, compte tenu des objectifs visés par l'entreprise et des contraintes qu'elle subit.

La SEMA a développé des méthodes de choix en avenir incertain en présence de critères multiples¹.

Ces méthodes permettent :

- d'évaluer les conséquences de chacune des actions possibles, dans les différents contextes décrits par les scénarios ;
- de juger chaque action selon les critères que l'entreprise doit prendre en considération (critères financiers, techniques, stratégiques, commerciaux, etc.) ;
- de mettre en avant le groupe d'actions à entreprendre en priorité, compte tenu des probabilités d'apparition des différents scénarios.

1. Cf. les travaux de B. ROY et notamment les nombreux articles parus à ce propos dans la revue *Metra*.

Conclusion

Pour qu'une étude prospective, quel que soit le phénomène étudié, soit vraiment utile à la prise de décisions, il faut :

- 1) qu'elle englobe le phénomène étudié et son environnement : l'analyse structurelle aide à acquérir cette vision globale ;
- 2) qu'elle appréhende la dynamique du système considéré : la méthode MICMAC aide à mieux saisir cette dynamique ;
- 3) enfin, qu'elle donne une vision multiple d'un avenir de toute façon incertain : la méthode des scénarios complétée par la méthode SMIC aide à cerner ces avenir possibles.

Il ne faut pas attendre d'une méthode prospective, si sophistiquée soit-elle, ce qu'elle ne peut donner : décrire ce que sera l'avenir. Nul ne peut le faire, car l'avenir est fait par le jeu des déterminismes mais aussi par la liberté des hommes.

Mais la méthode des scénarios peut puissamment aider à une réflexion constructive sur l'avenir. Elle peut, et c'est déjà d'un fort grand intérêt, aider à choisir, en mettant le maximum d'atouts de son côté, la stratégie qui, au milieu des contraintes de toutes sortes, sera la plus à même de réaliser le projet que l'on s'est fixé.

TROISIÈME PARTIE

Cas concrets de prospective

Dans cette troisième partie nous allons présenter deux cas d'études prospectives, le premier concernant le transport aérien et le second l'énergie.

L'utilisation de la méthode SMIC, à l'occasion de l'étude prospective du transport aérien en région parisienne à l'horizon 1990, réalisée pour le compte de Aéroport de Paris, est très proche de celle qui est proposée dans l'approche intégrée¹ puisqu'on a réalisé, d'une part, un SMIC d'orientation à partir du tableau « stratégie des acteurs » de manière à faire des hypothèses sur l'évolution du rapport de forces entre les acteurs du transport aérien à l'horizon 1983, et d'autre part, un SMIC « garde-fou » sur les scénarios proprement dits du transport aérien à l'horizon 1990, afin de confronter les résultats correspondant à ceux obtenus selon le déroulement logique classique.

Néanmoins, cette étude est trop récente pour que nous puissions présenter toute l'approche et tous les résultats, aussi nous limiterons notre exposé à la présentation des résultats du SMIC d'orientation². Notons que cette étude n'avait pas fait appel à l'analyse structurelle pour la délimitation du système et la recherche des variables essentielles ; il a fallu attendre l'étude de prospective mondiale (réalisée pour le compte d'un pays étranger) et l'étude de prospective

1. Cf. chap. III, deuxième partie.

2. Les scénarios du transport aérien à l'horizon 1990 ont déjà en partie fait l'objet d'une publication. Cf. [65]. Le lecteur pourra donc s'y reporter.

du pétrole *off-shore* pour mettre sur pied en vraie grandeur l'approche intégrée que nous proposons. Ces études achevées en 1976 sont encore plus stratégiques que la précédente et les règles habituelles de confidentialité nous conduisent à ne livrer que quelques résultats, illustrant ce qu'est une rétrospective et comment la méthode SMIC permet de choisir les scénarios de référence et contrastés à explorer. C'est l'objet du deuxième chapitre où nous proposons une lecture de la crise énergétique.

CHAPITRE PREMIER

Les scénarios du transport aérien en région parisienne

Cette étude a été réalisée en 1974 pour le compte de Aéroport de Paris, nous proposons de présenter quelques-uns de ses résultats¹ :

Tout d'abord, les scénarios contrastés, optimiste et pessimiste, du transport aérien ; à ce titre, il faut souligner que le scénario tendanciel, c'est-à-dire le plus probable, est plus proche du contrasté pessimiste que du contrasté optimiste.

Ensuite, un SMIC d'orientation sur l'évolution des rapports de force entre acteurs du transport aérien, qui nous a en partie aidé à choisir les jeux d'hypothèses qu'il fallait faire dans ce domaine pour l'élaboration des scénarios tendanciel et contrastés.

1.1. *Les scénarios contrastés*

Le scénario tendanciel a donné une image moyenne de ce que pourrait être la situation du transport à l'horizon 1990. Il nous semble utile de cadrer cette image par deux scénarios, l'un optimiste, l'autre pessimiste, donnant des résultats plus contrastés.

1. Uniquement leur aspect qualitatif, les prévisions chiffrées correspondantes sont disponibles à l'aéroport de Paris.

I.I.I. *Scénario pessimiste.* — Ce scénario s'inscrit dans le cadre d'hypothèses d'environnement compatibles entre elles qui présentent la caractéristique de ne pas être favorables au transport aérien.

I.I.I.I. *Décor géopolitique.* — Le monde se partage en deux zones d'influence contrôlées par les Etats-Unis et l'URSS aussi bien dans la première phase 1974-1980 que dans la deuxième, ce qui, sur ce dernier point, le distingue du scénario tendanciel. Ce décor géopolitique signifie :

- qu'il n'y a pas d'émergence politique de l'Europe à partir des années 1980, celle-ci reste une zone de libre-échange élargie ;
- qu'il n'y a pas de conflit majeur ; à la différence de la guerre froide des années 1950-1960, les Etats-Unis et l'URSS maintiennent un équilibre d'entente, ce qui n'exclut pas le développement des conflits locaux, notamment au Moyen-Orient, en Asie du Sud-Est, en Afrique, où l'enjeu est surtout le contrôle des ressources naturelles ;
- un renchérissement des coûts de l'énergie fossile ;
- une implantation renforcée des firmes multinationales américaines dans le monde entier ; ces investissements massifs à l'étranger se traduisent par un déficit croissant de la balance de paiement américaine ;
- le système monétaire international reflète la position de domination américaine sur le monde occidental ; la reproduction de l'étalon international est contrôlée par les Etats-Unis qui financent par ce biais le déficit de leur balance des paiements ; les mouvements des capitaux flottants qui en résultent alimentent une forte inflation ;
- pas de politique de transport définie à l'échelle de l'Europe mais possibilité d'une Europe des modes de transports terrestres économiques en matière d'énergie fossile.

1.1.1.2. *Décor économique national*

— Taux de croissance moyen du PNB inférieur à 4 % sur toute la période.

— Aggravation de l'inégalité des revenus ; la « stagflation » profite aux riches.

— Urbanisation croissante et concentrée.

— Maintien de la durée hebdomadaire de travail.

— Dégradation des conditions de vie (transport, logement, famille) ; le temps libre est un temps de récupération.

— L'absence de projet politique d'envergure (Europe), l'effritement du système des valeurs traditionnelles, la dégradation des conditions de vie expliquent en partie ce que l'on peut appeler une crise de civilisation ; les luttes entre les groupes sociaux sont de plus en plus vives et tendues.

— Développement des groupes marginaux.

1.1.1.3. *Conséquences pour le transport aérien*

1. *La construction aéronautique.* — On voit se généraliser l'américanisation et la multinationalisation des constructeurs européens qui jouent dans le meilleur des cas le rôle de filiales.

L'absence de concurrence permet aux Américains d'exploiter à fond les gammes d'avions existants sans qu'il soit nécessaire de lancer avant la fin des années 80 une nouvelle génération d'avions géants (1 000 places), qui du reste seraient mal adaptés à un marché à faible croissance. Les « petits » avions type B 707 sont normalisés et maintenus en service après 1978. On constate une certaine homogénéisation des projets vers le haut de la gamme actuelle (mini 747, maxi Airbus).

2. *Les compagnies.* — L'harmonisation des projets des constructeurs facilite l'homogénéisation des flottes des compagnies, ce qui répond à leur souci de rentabilité financière. Les compagnies européennes et américaines s'enten-

dent pour ne plus transporter 7 millions de sièges vides au-dessus de l'Atlantique-Nord.

L'absence d'unité politique de l'Europe empêche la création d'une compagnie européenne.

Dans un contexte de faible croissance du marché, les compagnies nationales se concurrencent fortement, et cherchent à développer leurs activités dans de nouveaux créneaux. Air Inter et les compagnies de troisième niveau ouvrent des lignes internationales, Air France s'attaque au marché intérieur, l'aéroport de Paris perd en partie son rôle de plaque de transit.

3. *Le trafic passager.* — Un marché touristique en stagnation, une clientèle d'affaire traditionnelle.

L'analyse du contexte national d'ici 1990 montre que le transport aérien évolue dans un marché qui lui est défavorable ; plusieurs facteurs amènent à cette constatation dont notamment :

- l'aggravation de l'inégalité des revenus, dans un contexte de faible croissance économique, n'augmente pas la clientèle potentielle du transport aérien ;
- les contraintes qui pèsent sur les modes de vie (temps obligé) jouent dans le même sens ;
- croissance du trafic touristique irrégulière due aux soubresauts de l'inflation ;
- la réception des touristes américains est freinée par l'accueil des Européens qui font un complexe de colonisés.

Tous ces facteurs permettent de brosser le portrait type du client qui échappe au transport aérien :

C'est un jeune cadre de 25 à 35 ans ; le prix de sa réussite sociale et le maintien de son niveau de vie passent par un rythme de travail élevé. Il consacre ses temps libres à sa femme et à ses enfants pour essayer de reconstituer une vie de famille normale ; en particulier les week-ends prolongés et les congés annuels se passent en famille. Même si le couple souhaite faire un voyage par avion à l'étranger, il doit surmonter la contrainte des enfants ; ces contraintes sont

d'autant plus ressenties que les couples se marient plus tôt et que les grands-parents, encore en activité, sont peu disponibles. Dans son travail le développement des moyens de télécommunications limitent les occasions de déplacement.

Le transport aérien reste cher et réservé à une clientèle de privilégiés, ceux qui font des voyages de tourisme ainsi que ceux qui voyagent pour affaires, c'est-à-dire les cadres supérieurs et, en tous les cas, moins de 5 % de la population.

Face à cette situation de faible croissance du marché touristique, les organisateurs de voyages sont amenés à se restructurer. Et l'on assiste à une concentration au niveau des tours opérateurs, qui peuvent mieux imposer leurs vues aux compagnies, d'autant plus qu'il n'existe pas de compagnie européenne. Cette concentration au niveau des tours opérateurs doit s'accompagner d'une diversification des services pour répondre aux besoins d'une clientèle exigeante et sensible aux avantages éventuels des autres modes de transports (Europe des modes de transports terrestres).

Le transport étant surtout menacé sur le court et moyen courrier, les tours opérateurs développent leurs activités sur le long courrier.

— Prévisions de trafic

Evolution en structure et prévisions 1990

	1960 %	1972 %	1990 %	Total passagers 1990 (en millions)
Métropole	9	28	20	13
Europe moins Londres	38	36	24	15
Londres	21	12	6	4
AFN	15	6	11	7
Autre Afrique	5	4	6	4
AMN	9	10	17	11
AMS	1	1	3	2
Orient	2	4	13	8

Les résultats du scénario tendanciel donnent 79 millions de passagers à l'horizon 1990 avec une prépondérance de la clientèle touristique : 60 % dont 35 % environ de cadres moyens (soit 20 % environ du trafic total).

Dans le scénario pessimiste, les cadres moyens constituent la clientèle type qui échappe au transport aérien ; en effectuant un abattement de 20 % sur les résultats du scénario tendanciel on peut dire que, *grosso modo*, le trafic passager à l'horizon 1990 est de l'ordre de 64 millions dans l'hypothèse pessimiste, ce qui correspond à un taux de croissance moyen de 8 % entre 1972 et 1990.

— *Trafic fret*. — La structure des échanges extérieurs est fortement marquée par le poids technologique et économique des Etats-Unis.

Il s'agit plus d'échanges entre firmes multinationales qu'entre pays en particulier, les pays détenteurs de ressources ne peuvent réussir leur projet d'industrialisation que sous la dépendance américaine.

Par rapport au scénario tendanciel le développement des échanges entre l'Europe et les nouveaux riches est limité, d'autant plus que s'estompent les relations privilégiées d'Etats à Etats, en même temps que la puissance et le prestige de l'Europe dans le Tiers Monde.

La croissance du fret est moins forte que prévue. De plus, la généralisation des avions mixtes gros porteurs offre une capacité d'export bon marché qui concurrence vivement le développement des avions cargos.

La chance des avions cargos serait l'Atlantique-Nord s'il n'y avait pas de navires porte-containers.

Contrairement au scénario tendanciel, le rapport $\frac{\text{import}}{\text{export}}$ par air continue à se dégrader.

5. *La situation pour l'aéroport de Paris*. — Dans une situation de moindre croissance du trafic, l'aéroport de Paris ne rencontre pas de difficultés avec les compagnies européennes qui n'ont pas réussi à se structurer au niveau européen.

Dans la mesure où l'aéroport de Paris s'est associé à la concentration des tours opérateurs, il peut même peser sur l'orientation de la politique des compagnies en favorisant par exemple le développement des charters afin d'éviter le détournement d'une partie du trafic potentiel, et en participant à l'amélioration de la qualité du service.

Cependant, l'aéroport de Paris risque de rencontrer certaines difficultés pour le fret, dans la mesure où celui-ci serait essentiellement l'affaire des avions mixtes et déchargé sur des plates-formes passagers, non construites à cet effet. Il se pose donc le problème de la sous-utilisation de la zone de fret.

L'urbanisation croissante autour des aéroports et le fait que le transport aérien ne concerne qu'une minorité facilitent le développement de mouvements de protestations de la part des riverains qui réclament notamment des avions moins bruyants et la fermeture des aéroports la nuit.

I.1.2 Scénario optimiste. — Ce scénario s'inscrit dans le cadre d'hypothèses d'environnement compatibles entre elles et qui présentent les caractéristiques d'être favorables au transport aérien.

I.1.2.1. Décor géopolitique. — Ce scénario correspond au monde à cinq blocs, à savoir : les Etats-Unis, l'URSS, l'Asie du Sud-Est (Japon, Chine), l'Europe et le reste du Tiers Monde (Afrique, Moyen-Orient...). Il voit se confirmer un déclin relatif, rapide, des Etats-Unis et la réussite des projets européens, japonais, et le rôle clef joué par les pays détenteurs de matières premières.

Ce scénario diffère radicalement du schéma tendanciel, dans la mesure où, dès la première phase 1974-1980, la perte d'influence américaine fait place à une émergence des autres blocs ; ce qui signifie :

— une Europe politique et une politique de l'Europe au niveau des transports, de la construction aéronautique, de l'industrialisation, de l'aménagement du territoire et du social ;

- un développement rapide des échanges intrablocs et entre blocs proches, dans un contexte international de vive concurrence où l'exportation représente une nécessité pour les pays dépourvus de ressources naturelles ;
- une persistance de conflits locaux, entretenus par les rivalités entre blocs, mais l'enjeu essentiel devient la conquête du nouvel Eldorado que sont les océans ;
- l'approvisionnement en énergie fossile n'est pas une contrainte ;
- les firmes multinationales sont rarement des firmes multiblocs ;
- le système monétaire international s'oriente vers l'existence de plusieurs zones monétaires : zone yen, zone écu, zone dollar. Ces grandes monnaies s'échangent à des taux flottants ;
- l'existence de blocs homogènes rend possible une politique efficace de lutte contre l'inflation.

1.1.2.2. *Décor économique de la France dans le contexte d'une Europe unie*

— L'émergence de l'Europe en tant que bloc politique nécessite une forte croissance économique (supérieure à 6 % par an), accompagnée d'une automatisation de l'industrie ; la tendance sociale est à l'alignement sur la situation la plus avantageuse ; c'est l'effet de démonstration qui se traduit par :

- une diminution de l'inégalité des revenus, là où elle était la plus forte d'Europe, c'est-à-dire en France ;
- une diminution de la durée hebdomadaire du travail pour la France et la généralisation des vacances courtes (semaine d'hiver, semaine de quatre jours, voire de trois jours pour une minorité).

— Décentralisation régionale à l'échelle européenne. La France apparaît du point de vue densité comme le désert de l'Europe et l'immigration des Européens y est importante, mais l'urbanisation est planifiée, c'est une civilisation agro-urbaine.

— Amélioration des conditions de vie (transports rapides, logements, temps libre, travail plus créatif, abaissement de l'âge de la retraite).

— Le projet européen mobilise l'opinion, un nouveau système de valeurs s'installe ; le revenu n'est plus le seul indicateur de la réussite sociale, d'autres facteurs apparaissent tels que le temps libre, le mode de vie.

A côté de l'argent, l'information joue un rôle clef, la formation permanente devient une nécessité, celle-ci est facilitée par les progrès réalisés dans les domaines des télécommunications.

— La moindre inégalité des revenus s'accompagne de différences de plus en plus marquées dans le mode de vie. Le prestige des cadres supérieurs ne résulte plus de leur revenu mais s'explique par la liberté et le temps libre dont ils disposent dans leur travail (travail chez soi).

1.1.2.3. *Conséquences pour le transport aérien*

1. *Construction aéronautique.* — Les constructeurs européens s'associent, ce qui leur permet de contrôler mieux le marché européen que dans le passé.

Les Européens et les Américains se concurrencent vivement pour la vente d'appareils aux autres blocs, notamment pour la vente d'appareils militaires.

L'harmonisation des projets européens s'accompagne d'une diversification des projets.

Dans un contexte de forte croissance du trafic, les constructeurs cherchent à conserver leur avance technologique. Ils se lancent en particulier dans la construction d'avions géants (800 places, 747 double pont).

La tendance à la spécialisation du trafic (tourisme, affaire, moyen courrier, long courrier) amène les constructeurs à diversifier leurs gammes.

Cette concurrence n'exclut pas la coopération pour certains projets comme la construction de nouveaux moteurs, la mise au point d'un super concorde.

Le rapport de force est suffisamment favorable aux Euro-

péens pour que l'Airbus pénètre le marché américain. D'autant plus que les avions hors normes sont mis au rebut dès 1978.

2. *Les compagnies aériennes.* — La politique européenne de transport se concrétise par la création de deux pools de compagnies européennes, l'un pour l'exploitation du marché intérieur européen et l'autre pour les relations interblochs.

Le marché intérieur européen présente les mêmes caractéristiques que le marché intérieur américain à savoir :

- trafic très dense ;
- tarifs peu élevés pour faire face à la concurrence des autres modes de transports.

Compagnies spécialisées : Air Inter et les compagnies de troisième niveau représentent la France dans ce pool intérieur.

Le marché interbloc, pour lequel Air France s'est spécialisé en collaboration avec les autres compagnies européennes, voit la généralisation sur les lignes long courrier du phénomène Atlantique-Nord, ce qui s'explique par la vive concurrence entre les pools de compagnies des différents blocs.

Le déficit d'exploitation rencontré sur les lignes long courrier est compensé par la forte croissance du trafic moyen courrier qui, lui, est plus rentable.

3. *Le trafic passager.* — L'analyse du contexte national d'ici 1990 montre que le transport aérien évolue dans un marché qui lui est très favorable, plusieurs facteurs amènent à cette constatation :

- la réduction de l'inégalité des revenus ;
- la forte croissance économique ;
- l'augmentation du temps libre et l'organisation plus libre du travail (travail chez soi) pour une partie non négligeable de la population ;
- l'intensité des mouvements migratoires ;
- la baisse des tarifs ;
- l'abaissement de l'âge de la retraite.

Tous ces facteurs permettent de brosser deux portraits types de clients qui accèdent au transport aérien.

Le premier, c'est un jeune employé de 25-30 ans. Il n'est pas encore cadre, mais en a déjà le mode de vie, c'est possible dans la mesure où sa femme travaille. La diminution de la durée hebdomadaire de travail lui a permis de retrouver une vie familiale régulière auprès de sa femme et de ses deux enfants.

Le couple effectue un ou deux voyages annuels par avion charter, avec ou sans les enfants, ce qui est possible dans la mesure où les grands-parents sont disponibles (retraités plus jeunes) et où les tours opérateurs se chargent de façon séparée du transport et des vacances des enfants.

L'accession de cette clientèle, qui représente environ 15 % de la population active, fait du transport aérien un transport de masse.

Le second, c'est un cadre supérieur, dont l'activité hebdomadaire présente deux volets :

- une partie de déplacements intenses ;
- une partie fixe : il travaille chez lui.

La durée hebdomadaire de travail est réduite à trois ou quatre jours, il en passe le plus souvent un au moins chez lui pour rédiger, s'informer, etc. Les moyens de télécommunication lui permettent de rester en contact avec son entreprise.

Sa résidence secondaire est devenue sa résidence principale. Des abonnements annuels bon marché lui permettent d'emprunter l'avion pour se rendre à son lieu de travail qui, dès lors, peut se trouver à plus de 500 km de chez lui ; c'est la généralisation du phénomène « pilote de ligne » dont un bon nombre travaille à Paris et habite la Côte d'Azur.

Malgré les progrès réalisés dans les communications, il est amené à se déplacer fréquemment à l'étranger pour des motifs professionnels. Les aéroports offrent des Burotels qui lui permettent de tenir des réunions sur place et de repartir le plus vite possible.

1.2. Le jeu des acteurs à l'horizon 1983 : SMIC d'orientation

Action sur →
de
↓

STRATÉGIE DES ACTEURS

	CONSTRUCTEURS	COMPAGNIES	ÉTAT
CONSTRUCTEURS	<i>But :</i> Vivre et éviter la crise. <i>Problèmes :</i> Nouveaux projets d'avions plus performants/normes de bruit et de consommation spécifique. Association entre constructeurs. Commandes militaires. Diversification des activités.	Pressions sur les compagnies pour l'achat d'avions neufs. Diversification des besoins et des avions. Homogénéisation de la flotte pour chaque constructeur. Offrir toute la gamme par de progrès technologiques importants.	Font un chantage à l'emploi. Réclament le financement de nouveaux projets.
COMPAGNIES	Réclament des avions plus conformes à leurs besoins. Critère essentiel : le coût du passager au kilomètre ou tonne <i>effectivement</i> transporté. Réticence à l'emploi de gros avions.	<i>But :</i> Maintenir leur part de marché. <i>Problèmes :</i> Financiers. Investissements et salaires. Maintenir une fréquence et un remplissage élevés. <i>Moyens :</i> Concertation entre compagnies (Atlas). Filiation des activités. Homogénéisation et souplesse d'utilisation de la flotte. Développement du fret. Concentration 3^e niveau.	Cherchent à être protégées de la concurrence par le biais des droits de trafic sur le long courrier.
ÉTAT	Sauvegarder l'industrie aéronautique nationale. Commandes militaires et civiles. Financement de nouveaux projets. Crédit à l'exportation. Démarchage auprès des gouvernements étrangers. Appel au financement privé.	Protectionnisme. Pressions sur les compagnies nationales pour l'achat de Mercure Airbus... assorties d'aides financières. L'Etat protège les compagnies à condition qu'elles se développent et améliorent leur section.	<i>But :</i> Prestige et présence française dans le monde. <i>Problème :</i> Chômage. Inflation. <i>Moyens :</i> Croissance soutenue.

Le jeu des acteurs peut être abordé par l'intermédiaire d'un tableau stratégique dont on trouvera ci-contre une partie incomplète.

1.2.1. *Stratégie des acteurs.* — A la lecture du tableau résumant la stratégie des acteurs du système du transport aérien, on peut mettre en relief un certain nombre de conflits et d'alliances prévisibles.

PREMIER CONFLIT. — Une convergence d'intérêt pourrait réunir Aéroport de Paris et les compagnies qui seraient amenées à exercer des pressions sur les constructeurs, afin que les nouveaux projets d'avions soient plus conformes aux besoins et aux contraintes du trafic.

C'est le conflit *offre-demande*, ce qui traduit une certaine rupture de tendance puisque jusqu'ici l'offre a dominé la demande. A l'avenir, les compagnies sont appelées à être de plus en plus associées à la conception et à la finition de nouveaux projets.

DEUXIÈME CONFLIT. — Aéroport de Paris, soutenu cette fois par les constructeurs, pourrait être amené à faire pression sur les compagnies pour l'achat d'avions neufs, considérés comme plus performants relativement à certaines normes de pollution (bruit). Cette action pourrait se caractériser par l'instauration de taxes différenciées et l'interdiction des vols de nuit pour certains types d'avions.

TROISIÈME CONFLIT. — La politique de diversification pratiquée par l'Aéroport pourrait être freinée par les compagnies nationales dans la mesure où cette dynamique de croissance entrerait en opposition avec un de leurs objectifs principaux : ne pas voir leur part de marché diminuer trop rapidement.

QUATRIÈME CONFLIT. — Il s'agit du conflit entre les riverains et l'Aéroport de Paris. Les premiers veulent préserver leur environnement et le second a besoin d'espace pour vivre et se développer.

L'Aéroport pratique déjà une politique volontariste dans ce domaine (indemnisations, taxes, pressions sur les constructeurs et sur les compagnies ; cf. premier et deuxième conflit).

Mais si la pression des riverains persiste et s'amplifie, d'autres concessions devront être faites. Les riverains posent en effet un certain nombre de questions auxquelles il faudra bien répondre.

Sans aller forcément jusqu'à réclamer l'interdiction des vols de nuit, ils se demandent par exemple pourquoi les avions cargos ne sont pas assujettis à la taxe sur le bruit alors que, précisément, nombre d'entre eux volent la nuit ?

Situation 1983. — Nous nous intéressons à la situation des acteurs du transport aérien en 1983. Un certain nombre de conflits potentiels ont pu être dégagés du tableau de stratégie des acteurs.

Ces conflits traduisent un certain nombre d'alliances que l'on a pu caractériser par cinq événements. De plus, il nous a paru nécessaire de prendre en compte un événement externe au système du transport aérien traduisant l'évolution des rapports de forces mondiaux.

1.2.2. *Liste des événements caractérisant la situation en 1983*

e₁ : « Evolution des rapports de force vers le monde à cinq blocs ». — Cet « événement-tendance » est majeur pour l'évolution du transport aérien ; c'est un des points clefs qui permettent de dessiner les scénarios tendanciels et contrastés.

e₂ : « Création d'une compagnie aérienne européenne ». — Il pourrait s'agir d'un renforcement des liens existant déjà entre les compagnies au sein du groupe atlas.

e₃ : « L'Airbus pénètre le marché intérieur américain ». — La réalisation de cet événement signifie que le rapport de force est suffisamment favorable aux constructeurs européens pour qu'ils pénètrent le marché américain, et que l'accent est mis sur les avions économiques et peu bruyants.

e₄ : « Avions hors normes 707-DC8 interdits de vol en

Europe ou rééquipés dès 1978 ». — L'action des riverains a été suffisamment importante pour obliger les compagnies à réviser leur flotte et permettre aux constructeurs de lancer de nouveaux avions plus conformes aux normes de bruit.

e_5 : Événement « X ». — De nature confidentielle.

e_6 : Un équivalent « Neckerman », français ou non, impose ses vues aux compagnies. — Si un tour opérateur arrive à contrôler une part suffisamment importante du marché, il pourra imposer ses conditions aux compagnies et infléchir leur politique de fréquence et de flotte.

1.2.3. *Les données brutes*. — Événements caractérisant la situation 1983 :

e_1 : évolution des rapports de force vers le monde à cinq blocs.

e_2 : création d'une compagnie aérienne européenne.

e_3 : l'Airbus pénètre le marché intérieur américain.

e_4 : avions hors normes 707-DC8 interdits de vol en Europe ou rééquipés dès 1978.

e_5 : événement « X ».

e_6 : un équivalent « Neckerman » français ou non impose ses vues aux compagnies.

Tout d'abord, le groupe d'experts constitué à cet effet a répondu de manière indépendante à chaque probabilité conditionnelle, sans tenir compte des réponses aux questions antérieures. Ceci permet d'éviter d'introduire un biais forcément fonction du point d'entrée dans le tableau, c'est-à-dire de l'ordre où les questions sont posées.

Ensuite, le groupe a répondu aux probabilités individuelles ; deux hypothèses ont été retenues, H_1 et H_2 ; elles diffèrent essentiellement sur la probabilité de e_1 :

— H_1 correspond à $P_1 = 0,6$;

— H_2 correspond à $P_1 = 0,2$.

Dans l'hypothèse H_1 , on est relativement proche du monde à cinq blocs ; dans l'hypothèse H_2 , le monde reste à deux blocs.

H_1	H_2	e_1	e_2	e_3	e_4	e_5	e_6
0,6	0,2		0,6 0,3	0,6 0,4	id. id.	0,5 id.	id. id.
0,7	0,7	0,8 0,2		0,6 id.	0,7 0,4	0,8 0,3	0,3 0,6
0,4	0,6	0,7 0,2	0,7 0,4		0,6 0,1	id. id.	id. id.
0,6	0,7	0,6 id.	0,8 0,3	0,8 0,2		id. id.	0,3 0,6
0,4	0,3	0,7 0,2	0,9 0,2	id. id.	id. id.		0,3 0,5
0,3	0,4	0,8 id.	0,3 0,6	id. id.	id. 0,7	0,2 0,6	

j	$P(i/j)$
i	$P(i/\bar{j})$

Idem, en abrégé *id.*, signifie que la probabilité conditionnelle en cause est égale à la probabilité individuelle de la ligne correspondante. Il s'agit d'événements indépendants.

Cette information brute est incohérente en ce sens que les axiomes classiques sur les probabilités ne sont pas vérifiés.

La méthode SMIC nous permet non seulement d'obtenir des résultats nets, c'est-à-dire corrigés et cohérents, mais nous donne aussi les probabilités des scénarios.

1.2.4. *Les résultats.* — Pour la commodité de l'exposé, nous allons d'abord présenter et commenter certains des résultats corrigés sur les probabilités individuelles et conditionnelles, selon les deux hypothèses H_1 et H_2 , nous commen-

terons ensuite les probabilités des scénarios qui ont permis de modifier l'information de départ.

1.2.5. Commentaires

— *Probabilités individuelles.* — Dans les deux cas H_1 et H_2 , la probabilité individuelle de e_1 remonte. Ce mouvement est particulièrement net pour H_2 , $P(e_1)$ passe de 0,20 à 0,32, ce qui signifie que la probabilité pour que l'on se rapproche d'un monde à cinq blocs est plus importante qu'on ne le pensait initialement.

On peut relever le phénomène inverse pour e_2 ; $P(e_2)$ passe de 0,7 sous H_1 et H_2 à respectivement 0,64 et 0,60; la probabilité d'avoir une compagnie aérienne européenne à l'horizon 1983 est moins importante que prévue.

Par ailleurs, la lecture des résultats montre qu'il y a une chance sur deux pour que l'Airbus pénètre le marché intérieur américain.

Enfin, la probabilité d'avoir un tour operator puissant reste voisine de 0,4.

— *Probabilités conditionnelles.* — Les changements sur les probabilités conditionnelles sont beaucoup plus importants surtout pour l'hypothèse H_2 ; ce qui s'explique par le fait qu'elle est relativement contrastée vis-à-vis du tableau des probabilités conditionnelles. En effet, dans le groupe d'experts qui a rempli le tableau, une majorité s'est prononcée pour l'hypothèse H_1 ; en conséquence, nous porterons plus particulièrement notre attention sur cette hypothèse.

Par ailleurs, certains changements sont très intéressants dans la mesure où les probabilités concernées deviennent nulles ou au contraire égales à 1.

Selon H_1 et H_2 : $P(2/5)$ passe de 0,8 à 1.

Si l'événement « X » se produit d'ici 1983, il est certain qu'il y aura aussi une compagnie aérienne européenne à cet horizon.

Selon H_1 : $P(5/2)$ passe de 0,2 à 0.

Dans le contexte d'un monde à cinq blocs, s'il n'y a pas de compagnie aérienne européenne, on est certain de ne pas voir se produire l'événement « X ».

Par contre, selon H_2 , $P((5/2))$ passe de 0,2 à 0,38. Dans le contexte d'un monde à deux blocs, même si l'on n'a pas de compagnie aérienne européenne, la probabilité d'avoir « X » n'est pas négligeable.

Comme changements importants, on peut citer par exemple : $P(6/1)$ qui passe de 0,8 à 0,45 à la fois dans H_1 et H_2 .

Le groupe d'experts avait surestimé la probabilité d'avoir un tour operator puissant dans le contexte d'un monde à cinq blocs.

En revanche, le groupe avait sous-évalué $P(2/1)$, c'est-à-dire la probabilité d'avoir une compagnie européenne, sachant qu'il n'y a pas d'Europe politique, celle-ci passe de 0,2 à environ 0,4.

1.2.6. *Les probabilités des scénarios.* — Pour 6 événements, il y a $2^6 = 64$ états possibles, à chaque état E_k on associe une probabilité π_k avec $\sum \pi_k = 1$, puisqu'il est certain qu'un des scénarios se produira effectivement.

Le domaine des réalisables, c'est-à-dire des scénarios ayant une probabilité non nulle est plus restreint pour H_2 que pour H_1 (17 réalisables contre 20). Cela signifie que dans les deux hypothèses H_1 et H_2 parmi les 64 scénarios possibles, respectivement 44 et 47 ont des probabilités nulles.

Selon H_1 et H_2 citons par exemple : — E_5 (110111) avec $\pi_5 = 0$.

On est sûr que l'Airbus pénétrera le marché intérieur américain si les cinq autres événements sont réalisés.

— E_{29} (110001) avec $\pi_{29} = 0$;

— E_{30} (010001) avec $\pi_{30} = 0$.

Dans le contexte d'un monde à cinq blocs, ou non, l'Airbus ne pénètre pas le marché américain, où les avions

hors normes ne sont pas interdits et où il n'y a pas d'événement « X », on est sûr de ne pas avoir à la fois une compagnie européenne et un tour operator puissant.

— *Les scénarios les plus probables.* — Selon H_1 , il y a plus d'une chance sur deux que l'un des cinq scénarios parmi E33, E32, E17, E45, E38 corresponde à la situation 1983.

Le plus probable d'entre eux est E33 (111110) avec $\pi_{33} = 0,151$. C'est le *scénario de l'Europe forte* : les tours operators n'ont pas réussi à se structurer face à une compagnie européenne puissante, l'événement « X » s'est produit, des avions hors normes sont interdits et l'Airbus pénètre le marché intérieur américain.

Ensuite, on trouve E32 (000001), c'est le *scénario de l'Europe faible* en tout point complémentaire du précédent.

Selon H_2 , il y a plus d'une chance sur deux que l'un des quatre scénarios suivants : E32, E17, E38, E52, corresponde à la situation 1983.

Le plus probable d'entre eux est E32 avec $\pi_{32} = 0,198$. C'est le *scénario de l'Europe faible*. Ce résultat, déjà cité, est tout à fait logique dans l'hypothèse d'un monde à deux blocs.

Remarquons que ce scénario correspond à la réalisation d'un seul événement à l'exclusion de tout autre ; il s'agit de e_8 qui a pourtant une probabilité assez faible, 0,4 ; néanmoins, presque la moitié de cette probabilité se trouve concentrée sur l'état E32.

E17 (111101) et E38 (010110) figurent parmi les plus probables selon H_1 et H_2 .

On trouve aussi dans le noyau E52 (001100) avec $\pi_{52} = 0,113$. Il s'agit d'un monde à deux blocs sans Europe politique, sans compagnie aérienne européenne, les avions hors normes sont interdits à cause du bruit et l'Airbus est bien placé pour pénétrer le marché intérieur américain.

— *Les scénarios contrastés.* — Certains scénarios, très peu probables, peuvent être qualifiés de contrastés.

Selon H_1 , citons : E21 (110101) avec $\pi_{21} = 0,022$.

Il est peu vraisemblable que l'Airbus ne pénètre pas le marché intérieur américain et que l'événement « X » ne se soit pas réalisé alors qu'il y a une compagnie aérienne européenne au sein d'une Europe politique et que dans le même temps les avions hors normes sont interdits et les tours operators sont puissants.

Selon H_2 citons : E54 (010100) avec $\pi_{54} = 0,031$.

Il est peu vraisemblable que l'Airbus ne pénètre pas le marché américain et que l'événement « X » ne se produise pas alors qu'il y a une compagnie européenne, et que les avions hors normes sont interdits.

1.2.7. *L'analyse de sensibilité.* — L'analyse de sensibilité consiste à étudier la variation ΔP_J de P_J à la suite d'une variation ΔP_i de P_i .

On calcule les élasticités particulières et les élasticités marginales :

$$e_{iJ} = \frac{\Delta P_J / \Delta P_i}{P_J / P_i}$$

$$\sum_i |e_{iJ}|$$

$$\sum_J |e_{iJ}|$$

le symbole $| |$ signifie valeur absolue.

— A la lecture des totaux marginaux en lignes, on constate que l'impact de certains événements est plus important que d'autres : on peut citer e_6 et e_2 avec :

$$\sum_J |e_{6J}| = 3,49 \quad \text{et} \quad \sum_J |e_{2J}| = 3,37.$$

La création d'une compagnie aérienne européenne et l'existence d'un tour operator puissant sont des *événements moteurs* pour l'évolution du transport aérien.

On remarque que le phénomène Europe politique ou non n'a pas un impact très fort sur le système :

$$\sum_J |e_{1J}| = 1,13.$$

— La lecture des totaux marginaux en colonne montre que certains *événements* sont plus *dominés* que d'autres en e_6 avec $\sum_i |e_{i6}| = 3,91$ et e_6 avec $\sum_i |e_{i6}| = 3,69$.

En ce qui concerne e_{55} , le résultat s'explique essentiellement par $e_{25} = 2,05$ ce qui signifie que si la probabilité de e_2 augmente de 100 %, celle de e_5 augmente de 200 %. L'occurrence de « X » est fortement conditionnée par la création d'une compagnie aérienne européenne.

L'événement e_6 est à la fois dominé et moteur. La puissance des *tours operators* est donc l'événement le plus sensible du point de vue de l'évolution du système du transport aérien.

Comme élasticités particulières on peut remarquer que $e_{46} = -1,25$ si la probabilité de e_4 augmente de 100 %, celle de e_6 diminue de 125 %.

L'interdiction des avions hors normes est donc un événement défavorable pour les *tours operators* et retarde l'arrivée d'un équivalent Neckerman en France.

CHAPITRE II

Rétrospective et prospective énergétique : une lecture de la crise

Nous proposons une lecture rétrospective et prospective de la « crise » énergétique tirée d'études réalisées récemment à la SEMA.

Ce chapitre comprend trois parties :

— La partie rétrospective rappelle que ce n'est pas la première « crise » énergétique que subit le monde occidental et montre à quel point le jeu des acteurs explique l'évolution passée.

— L'analyse de la situation actuelle permet de repérer les projets des principaux acteurs (pays occidentaux, OPEP) et de pressentir ainsi les conflits de demain.

— La partie prospective montre comment la méthode SMIC permet de déterminer les scénarios énergétiques les plus probables à l'horizon 1990.

2.1. Rétrospective des années 20 aux années 70

Les récents bouleversements dans la situation pétrolière mondiale ont ramené l'énergie au premier plan de l'actualité. Les énergies concurrentes du pétrole OPEP (uranium, *off-shore*, etc.) devant, de l'avis de certains experts, le supplanter comme celui-ci a supplanté le charbon. S'agit-il d'un mouvement structurel ou d'une prévision trop étroitement liée à une conjoncture de crise ? Quels sont les acteurs déter-

minants dans le jeu mondial de l'énergie ? Quelles ont été et quelles sont leurs stratégies ?

A chacune de ces questions il faudra apporter des réponses.

2.1.1. *Les crises de 1928 et 1956 : conséquences jusqu'en 1965.* — 1973 n'est pas la première « crise » de l'énergie que subit le monde occidental : il suffit d'examiner les situations des années 1928 et 1956.

— *La crise de 1928.* — En 1928, la crainte de pénurie fait envisager un avenir difficile où le recours aux substituts du pétrole (alcool, schistes) pourrait être indispensable¹. La réalité sera tout autre : l'approvisionnement du monde occidental va être régularisé par un formidable cartel pétrolier qui consacre la domination américaine dans le monde de l'énergie pour trente ans. L'élément essentiel et imprévisible est l'importance des gisements du Moyen-Orient (60 % des réserves mondiales d'aujourd'hui). Ces découvertes feront reculer la crainte d'une pénurie d'énergie jusqu'en 1956.

En 1928, une lecture prospective des aspects fondamentaux des problèmes énergétiques passait par l'analyse des rapports entre le déclin britannique et français et l'expansion économique dans le monde de la puissance économique américaine. C'est à cette date qu'est établi à Achnacarry l'accord entre les futurs « majors » dont la doctrine peut se résumer ainsi : entente à la production pour stabiliser le prix du brut et concurrence limitée sur le marché. Fina-

1. Cf. 1985-1990. *L'énergie et le rôle du nucléaire*. Réflexions prospectives LCP-GEA, décembre 1973.

A cette époque les réserves mondiales varient selon les auteurs de quinze ans à cinquante ans de consommation.

— En 1924 se tient à Paris un « Congrès pour l'étude de la transformation des matières premières minérales et végétales d'origine nationale en carburants susceptibles de remplacer les dérivés du pétrole ».

— En 1930, à Berlin, le problème des importations d'énergie est posé et il est remarquable que les solutions envisagées alors reposent, à côté des procédés qui paraissent « peu sérieux », sur les mêmes sources qu'aujourd'hui : *fabrication de pétrole synthétique par distillation de schistes bitumeux, hydrogénation de la houille et carbonisation des lignites.*

lement, 1928 a été marqué par des événements pétroliers importants qui passèrent complètement inaperçus.

— *La crise de 1956.* — 1956 est une deuxième année clé pour l'étude des problèmes énergétiques contemporains. C'est une année de crise politique et la fermeture du canal de Suez va être très importante, à la fois dans ses répercussions énergétiques et parce qu'elle met en évidence l'effacement de la France et de la Grande-Bretagne sur l'échiquier international.

Le problème de l'approvisionnement énergétique est à cette époque analysé en liaison avec une croissance économique dont personne ne croit qu'elle puisse durer vingt ans sans ralentissement. Il en résulte une analyse de la conjoncture en 1956 qui est inexacte : pénurie de pétrole, démarrage de l'énergie nucléaire et regain pour le charbon ; et des prévisions qui apparaissent aujourd'hui erronées tant dans les ordres de grandeur que dans la structure de l'énergie prévue à l'époque pour 1970-1975.

Parallèlement, le concept de sécurité des approvisionnements énergétiques se développe à la suite de l'affaire de Suez, ce qui conduit les gouvernements à diversifier géographiquement les sources de production (Afrique notamment) et à développer (surtout en Europe) les budgets de recherche sur le nucléaire : c'est en 1957 qu'est créé l'EURATOM.

Néanmoins, ces ambitieux programmes n'ont jamais été réalisés ni pour le charbon¹ ni pour le nucléaire, comme l'illustre l'exemple britannique.

En 1957 le programme nucléaire est multiplié par trois, et on prévoit qu'en 1970 l'énergie nucléaire produira 40 % de l'électricité britannique. Mais dans les trois années qui suivent et avant même que les commandes de centrales soient passées, le programme nucléaire est réduit de moitié. Aujourd'hui, le nucléaire ne représente que 10 % de l'élec-

1. Objectif CECA, 330 millions de tonnes en 1965. Réalisation, 250 millions de tonnes de charbon en 1965, c'est-à-dire inférieure à la production de 1953.

tricité produite. L'industrie nucléaire britannique ne s'en est jamais remise.

Ces erreurs de prévisions s'expliquent, en partie, par les profondes transformations du marché pétrolier d'alors : le brut du Moyen-Orient « repoussé » du marché américain par les contingentements qu'édicte Eisenhower en 1958 pour des raisons de politique intérieure¹ est détourné massivement sur l'Europe ; le charbon, comme le nucléaire, ne peut résister au dumping imposé notamment par les indépendants américains qui vendent à l'Europe le pétrole qu'ils ne peuvent plus vendre aux Etats-Unis.

Simultanément, d'autres facteurs poussent à la baisse du prix du pétrole : amélioration de la productivité, progrès technique, économies d'échelles (accroissement de la dimension des raffineries et de la taille des tankers).

Ainsi, une fois la crise passée, le prix de l'électricité nucléaire apparaît comme de moins en moins compétitif² face à un pétrole de plus en plus abondant et bon marché. (Dans la décennie 60 le prix du pétrole en monnaie constante a régulièrement baissé.) De même, le gaz naturel, dont le caractère propre était prometteur, a vu son développement entravé par les bas prix que lui opposait son concurrent le pétrole.

La crise de 1956 s'est traduite par une prospérité de l'industrie de l'uranium jusqu'en 1959, année au cours de laquelle 33 000 t d'uranium furent extraites, correspondant à un chiffre d'affaires de l'ordre de 1 milliard de dollars, et à un prix moyen de 16 dollars par livre d'uranium.

Mais en 1959, dans le contexte d'une énergie pétrolière à bon marché, les Etats-Unis n'ont pas renouvelé les contrats conclus en vue de leur approvisionnement en ura-

1. La loi des quotas limite les quantités de pétrole importées en fonction du potentiel de raffinage situé aux Etats-Unis. De ce fait, les indépendants, qui produisent du pétrole au Moyen-Orient et n'ont pas de capacités de raffinage, voient le marché américain se fermer totalement.

2. Notamment à cause de la hausse des taux d'intérêts elle-même entretenue par une inflation déjà importante.

nium. De ce fait, la production a baissé — les Etats-Unis représentaient à eux seuls plus de la moitié de la demande — pour atteindre à peine 15 000 t en 1966 et un prix variant entre 4 \$ et 5 \$ par livre. Cet état de crise a d'ailleurs entraîné la fermeture de nombreuses usines productrices d'uranium (près de 50) et la sous-utilisation ($\pm 70\%$) des autres. Le programme nucléaire ambitieux de la fin des années 1950 n'a pas été réalisé.

2.1.2. *Le jeu des acteurs pendant la période 1965-1973.* — Les pays exportateurs de pétrole, les sociétés pétrolières multinationales et le gouvernement constituent les principaux acteurs du jeu pétrolier dans cette période.

a) *Le rôle croissant des pays exportateurs de pétrole.* — Dès 1960, la création de l'OPEP aurait dû retenir l'attention car elle annonçait les événements qui se produisent ensuite dans le monde pétrolier de 1965 à 1973 :

- la revendication nationale en matière de pétrole qui envisage la maîtrise de la production et le traitement sur place d'une partie au moins du pétrole brut ;
- l'accord de Téhéran du 14 février conclu entre les pays de l'OPEP et les compagnies à la suite de l'offensive menée à l'initiative de l'Algérie, de la Libye et de l'Irak, qui révisé en hausse le prix du brut ;
- la nationalisation à 51 % des sociétés pétrolières françaises en activité en Algérie ;
- la prise de conscience par les pays exportateurs de leur solidarité ;
- leur capacité d'agir collectivement face aux pays consommateurs et la nécessité d'agir très rapidement puisqu'à plus long terme la position stratégique des pétroliers ira en diminuant.

b) *La nouvelle stratégie des compagnies pétrolières.* — La baisse relative des prix du pétrole décidée par les compagnies permet aux majors de se débarrasser des indépendants qui ne peuvent pas rattraper sur la commercialisation le dumping

des prix du brut et conduit à un développement sans précédent du marché de la consommation de pétrole aux dépens des énergies concurrentes (charbon, nucléaire).

Cependant, face à un pétrole dont on prévoit l'épuisement au début du siècle prochain, la stratégie des firmes pétrolières ne se limite pas au maintien de leur contrôle sur l'exploitation de pétrole mais vise aussi à « organiser » l'après-pétrole pour contrôler les futures sources d'énergie. Cette préoccupation se traduit ainsi par les prises de participation de ces sociétés dans l'industrie charbonnière et dans le nucléaire.

Les sociétés pétrolières, fortement implantées dans l'industrie nucléaire, cherchent à rentabiliser leurs investissements en ce domaine, qui jusqu'à présent ne se sont pas révélés rentables, compte tenu des nombreuses difficultés techniques rencontrées et, surtout, de la forte résistance des mouvements écologistes à l'implantation des centrales nucléaires.

C'est dans ce but que ces mêmes sociétés pétrolières organisent au cours de l'été 1973 une pénurie artificielle d'essence aux Etats-Unis afin de faire pression sur l'administration américaine et réduire l'opposition au développement nucléaire.

Ces mêmes sociétés pétrolières seraient comme l'OPEP en faveur d'une forte augmentation des prix du brut sur le marché mondial qui devrait à la fois :

- rendre immédiatement rentable l'exploitation du charbon américain et de l'énergie nucléaire ;
- augmenter très largement leurs profits à la production, ceci paradoxalement malgré une hausse très importante de la fiscalité des pays hôtes.

c) *La nouvelle stratégie du gouvernement américain face à la montée de l'Europe et du Japon.* — Les Etats-Unis connaissent depuis 1950 un déclin économique relatif (cf. tableau suivant) qui se traduit notamment par le déficit de la balance commerciale, la dévaluation du dollar, et la remise en cause du *Gold Exchange Standard*.

*Poids des Etats-Unis dans la PIB des pays de l'OCDE
en %*

	1950	1960	1970	1980 ⁽¹⁾
Etats-Unis	61,0	54,6	48,2	40
OCDE	100	100	100	100

(¹) Prévision avant la crise.

Source : *Etude GEPI*.

Après 1965-1966, le gouvernement des Etats-Unis prend conscience que le taux de croissance de l'évolution des réserves prouvées de pétrole américain est à son plus bas niveau historique¹.

Dans le même temps, du pétrole bon marché est importé massivement, la dépendance énergétique américaine s'intensifie sans prendre toutefois la même signification que celle des pays européens, car s'il y a dépendance, c'est principalement vis-à-vis des pays satellites comme le Canada ou le Venezuela.

Aussi, d'une part, les forages de recherche de pétrole aux Etats-Unis continuent de régresser ; de sorte que le nombre d'années de réserves calculé en fonction de la consommation intérieure enregistre une chute brutale.

D'autre part, les importations de produits pétroliers continuent à représenter une part croissante de la consommation nationale malgré l'éphémère redressement de 1967 et 1968.

Les Etats-Unis sont en conséquence confrontés à une double menace sur le plan politique et dans le domaine énergétique. Le gouvernement américain croit tout d'abord que le rétablissement de la domination sur l'Europe et sur le Japon passe par une alliance avec l'URSS et les pays socialistes, tel est le sens des accords de coopération économique signés

1. Cf. *World Petroleum Encyclopedia*, 1975.

avec les pays de l'Est et de la politique de coexistence pacifique.

Dans le domaine énergétique, dès 1965, la construction de centrales nucléaires est relancée, ce qui ouvre de nouveaux débouchés à l'uranium, mais la demande n'est pas suffisante, face à une offre importante, pour donner une impulsion dynamique au marché et les prix de l'uranium demeurent faibles : 6 \$ par livre à la fin de 1972. Un tel niveau de prix n'encourage pas la prospection, d'autant plus que les stocks restent importants. Ce qui explique qu'au début des années 1970 l'uranium n'a été repéré que dans 10 % des zones géologiques mondiales susceptibles d'en contenir. L'effort de prospection n'a été poussé que pour l'uranium au prix le plus faible. La carte des réserves mondiales d'uranium était aussi vierge en 1972 que l'était celle des réserves de pétrole en 1928.

L'échec relatif de la timide relance nucléaire américaine de la fin des années 1960 ne s'explique pas seulement par les difficultés techniques rencontrées (presque une centrale sur deux ne fonctionne pas), mais aussi par la montée des mouvements écologiques.

La dépendance énergétique américaine continue à s'accroître : en 1972, les Etats-Unis sont avec le Japon les premiers importateurs mondiaux de produits pétroliers.

2.1.3. *Les années de crise 1973-1975.* — Les conséquences de la baisse tendancielle du prix du pétrole imposée par les majors portent en germe les contre-tendances suivantes :

1. Les importations massives de produits pétroliers représentent une part de plus en plus importante de la consommation intérieure américaine (6 % en 1955 et 55 % en 1973). Les prévisions montrent que cette dépendance est appelée à croître, d'autant que la production intérieure n'augmente presque plus et même diminue entre 1971 et 1973. La sécurité des approvisionnements est en cause. Le gouvernement des Etats-Unis ne peut pas ne pas réagir.

2. Le déclin économique relatif des Etats-Unis est de plus en plus marqué (déficit de la balance commerciale

en 1971, dévaluation du dollar, remise en cause du GES) et l'émergence de l'Europe de plus en plus inquiétante pour l'hégémonie américaine.

3. Les réserves d'hydrocarbures ne sont pas illimitées et il faut préparer l'après-pétrole¹, d'autant que les majors veulent rentabiliser les investissements qu'ils ont faits dans le nucléaire.

4. La montée de l'OPEP se dessine et est aussi inéluctable que l'a été la décolonisation, il va donc falloir lâcher du lest et accepter une hausse des prix du pétrole qui ne sera en fait qu'un rattrapage².

En avril 1973, le président Nixon abolit le contingentement des importations de pétrole et le remplace par un système de taxes dont la souplesse permet au gouvernement américain de moduler les importations pétrolières en fonction de la politique énergétique des Etats-Unis.

Au cours de l'été 1973, c'est-à-dire avant la guerre d'octobre, les compagnies pétrolières américaines organisent une pénurie artificielle d'essence aux Etats-Unis mêmes, et notamment dans les régions où la contestation du nucléaire est la plus développée ; alors que dans le même temps l'approvisionnement de l'Europe est normal³. A partir d'octobre 1973 interviennent les hausses que l'on sait.

Du même coup :

— le nucléaire où les pétroliers américains sont prépondérants devient compétitif ;

1. Assez curieusement se développe depuis le début des années 1970 une panique de l'an 2000 (Rapport Meadows en 1972 sur les limites de la croissance, Rapports du Club de Rome, etc.) qui tend par exemple à montrer que le déficit agricole mondial s'explique par la démographie galopante du Tiers Monde, ce que ne montrent pas les statistiques de la FAO. Cette panique de l'an 2000 fait penser à celle de « l'an 1000 » (cf. le livre de George DUBY, Julliard, coll. « Archives »).

2. En France, en 1974, le prix de l'essence en francs constants est inférieur à ce qu'il était en 1958 (cf. *Le Monde*, 29 janvier 1974).

3. La stratégie des grandes compagnies pétrolières américaines dans la crise du pétrole, *Problèmes économiques*, n° 1363, 1974.

- les forages de recherches de pétrole aux Etats-Unis enregistrent un développement sans précédent malgré un prix du pétrole à la sortie du puits de plus en plus élevé ;
- du fait de leur dépendance pétrolière, la montée économique et politique des pays européens et du Japon est freinée, ce qui retarde d'autant le déclin relatif américain ;
- la conquête du sixième continent, c'est-à-dire l'exploitation des gisements *off-shore*, s'accélère ;
- les profits des pétroliers n'ont jamais été aussi élevés qu'en 1973 ;
- la « crise de l'énergie » a servi d'alibi à la crise du système économique occidental alors que celle-ci a peut-être d'autres causes (inflation, etc.).

Finalement, ce qui s'est passé en 1928, 1956, 1973 dans un domaine aussi stratégique que l'énergie résulte de l'évolution des rapports de force mondiaux et de la confrontation des projets des compagnies pétrolières des pays producteurs et consommateurs. Ces dates clefs ont eu des répercussions importantes ; il convient donc de lier les perspectives énergétiques à l'évolution des rapports de force entre les acteurs du jeu de l'énergie.

L'année 1973 marque la rupture des tendances du passé et l'émergence de contre-tendances (nouveau rapport de force, énergie relativement chère, développement des énergies concurrentes du pétrole, etc.). La situation actuelle reste d'autant plus marquée par cette rupture que dans le même temps le monde occidental connaît sa plus grande crise économique et politique depuis la dernière guerre mondiale (tendance au déclin relatif américain et contre-tendance, c'est-à-dire réaction américaine se traduisant dans les faits par les difficultés économiques de l'Europe et du Japon alors qu'il y a une légère reprise aux Etats-Unis et que le dollar remonte).

Ces contre-tendances seront-elles les tendances de demain ? C'est précisément la question à laquelle il nous faudra répondre dans la partie prospective. Déjà cependant, l'analyse de la situation actuelle apporte quelques éléments de réponse.

2.2. Situation actuelle et projets des acteurs

L'analyse de la situation actuelle — période 1973-1975 — passe par l'examen des projets des acteurs. Il convient de préciser ensuite, à la lumière de ces stratégies, dans quelle mesure les événements qui se sont produits depuis 1973 confirment ou infirment la réalisation de tel ou tel projet.

Comme nous l'avons souligné dans la partie rétrospective l'histoire énergétique est liée à celle du pétrole. Nous avons vu en particulier que l'échec des programmes énergétiques lancés après la crise de Suez s'explique par la baisse relative des prix du pétrole imposée par les compagnies pétrolières.

La reproduction d'une telle situation semble devoir être exclue. En effet, un prix élevé du pétrole répond à la stratégie fondamentale des firmes pétrolières et dans une moindre mesure de la plupart des pays occidentaux ; car c'est la condition *sine qua non* d'une exploitation rentable des gisements *off-shore*, de la compétitivité du nucléaire et d'une moindre dépendance énergétique.

Néanmoins, comme nous allons le montrer, cela ne signifie pas que les pays de l'OPEP pourront nécessairement vendre tout leur pétrole à ce prix.

Comme en 1928, en 1956 et 1973, ce qui se passera d'ici 1990 dans le domaine de l'énergie résultera de l'évolution des rapports de forces mondiaux, et notamment du poids relatif des Etats-Unis.

Pour examiner la stratégie des acteurs en présence nous allons essentiellement nous appuyer sur les conclusions d'études récentes où leurs projets respectifs apparaissent assez clairement :

- d'une part, pour les pays occidentaux sur deux études, l'une réalisée par l'OCDE¹ et l'autre par le GEPI²,

1. *Perspectives énergétiques jusqu'en 1985*, Paris, OCDE, 1975.

2. *La crise de l'énergie et le nouvel équilibre mondial (1974-1980)*, juin 1974. GEPI : Groupe d'Etudes prospectives internationales ; du CFCE : Centre français du Commerce extérieur.

— d'autre part, en ce qui concerne l'OPEP sur les différents mémoires présentés par l'Algérie aux Nations Unies et à l'OPEP¹.

Nous parlerons du projet de l'OPEP et du projet occidental. Il faut bien voir cependant que l'expression de projet commun entre plusieurs pays n'exclut pas l'existence de divergences internes entre ces pays mais signifie seulement qu'à un moment donné de l'évolution mondiale la convergence d'intérêt (ou la domination) entre certains acteurs a permis telle ou telle alliance. Naturellement, le déroulement de ces projets est conditionné par le maintien d'une certaine cohésion et suppose que le développement des contradictions internes n'ira pas jusqu'à faire rompre l'alliance.

2.2.1. *Le projet occidental*²

2.2.1.1. *Les hypothèses de prix : une contradiction significative.* — Dans les deux études précitées plusieurs hypothèses de prix du pétrole sont envisagées :

	OCDE	GEPI
Hypothèse basse	3 \$	6 \$
— moyenne	6 -	7,5 -
— haute	9 -	9 -

En dollars constants, 1^{er} janvier 1974.

De ces études, il ressort notamment que, « même dans l'hypothèse 9 \$, d'ici 1980 les importations de pétrole conti-

1. *Le pétrole, les matières de base et le développement*, mémoire présenté par l'Algérie à l'occasion de la session extraordinaire de l'Assemblée générale des Nations Unies, avril 1974 ; mémoire présenté par l'Algérie à la Conférence des Souverains et Chefs d'Etat des pays membres de l'OPEP, mars 1975.

2. Nous ne ferons pas explicitement référence au projet « indépendance » dans la mesure où ce n'est de fait que « la partie américaine détaillée du rapport OCDE ». On y retrouve d'ailleurs les mêmes hypothèses de prix du pétrole.

nueront à augmenter »¹. En effet, de toutes les façons « le pétrole couvrira en 1990 environ 50 % des besoins en énergie primaire des pays de l'OCDE contre seulement 10 % pour l'énergie nucléaire »¹.

Néanmoins, il n'est pas sûr que les pays de l'OPEP puissent vendre tout leur pétrole à ce prix élevé. La pression de l'offre de pétrole, notamment de la part des pays exportateurs peuplés et ayant un besoin de financement élevé (Algérie, Iran...) sera d'autant plus forte que la « demande des pays occidentaux pourrait être de 20 % inférieure à ce qui était prévu avant la crise »¹. De plus, une baisse du prix du pétrole faciliterait les paiements extérieurs des pays européens et du Japon. C'est d'ailleurs ce qu'envisage l'étude du GEPI.

« La solidarité entre producteurs pourrait être rompue en cas de moindre croissance des achats par les pays industriels ou de mise à jour de gisements nouveaux très importants, voire même de conflits graves de nature politique entre membres de l'OPEP »².

Cette hypothèse figure aussi dans l'étude OCDE et elle s'exprime au travers de deux propositions apparemment contradictoires :

Première proposition : « Le pétrole cher est la condition *sine qua non* du développement rentable de l'*off-shore* et du nucléaire. »

Seconde proposition : Le développement de l'*off-shore* et du nucléaire est la condition nécessaire à la baisse des prix du pétrole.

Il est légitime de s'interroger sur le sens de cette contradiction, deux interprétations méritent d'être évoquées ; ou bien cette contradiction n'est qu'apparente ou bien elle va se renforcer et entraîner une situation nouvelle.

1) *Contradiction apparente et régulation autour d'un prix moyen du pétrole.* — La contradiction n'est qu'apparente et

1. Cf. étude OCDE.

2. Etude GEPI, p. 14.

il y a une régulation autour d'un *prix moyen* du pétrole syffisamment élevé pour ne pas remettre en cause la compétitivité du nucléaire et l'exploitation du pétrole *off-shore* est assez faible du fait d'une pression croissante de l'offre du pétrole face à une demande stable.

2) *Contradiction réelle et « double marché » de l'énergie.* —

On peut envisager un renforcement de cette contradiction se traduisant par exemple par la création d'un double marché de l'énergie, un *prix élevé* pour la production d'énergie de l'OCDE, un *prix faible* pour l'achat du pétrole non OCDE. Cette perspective est presque évoquée dans le rapport OCDE.

« Le pétrole de la zone OCDE coûte cher par rapport au pétrole des pays de l'OPEP et l'on est conduit à se demander *comment il serait possible de protéger la production indigène contre d'éventuelles importations bon marché* »¹.

2.2.1.2. *Le scénario américain.* « *Un double marché de l'énergie* ». — A l'appui de cette thèse on peut rappeler comme le fait l'étude GEPI qu'il y a déjà eu un précédent. « Dans la décennie 1960-1970 le gouvernement américain s'est efforcé de déconnecter presque entièrement son marché intérieur du marché mondial »².

Ainsi, sous prétexte d'assurer la survie des petits producteurs locaux, la loi des quotas a permis aux grandes firmes pétrolières américaines — les majors — d'encaisser une rente supplémentaire. En effet, comme nous l'avons déjà noté dans la partie rétrospective et comme nous l'ont confirmé des experts pétroliers durant les années 1960, les majors ont importé massivement du pétrole de moins en moins cher pour le vendre sur un marché national protégé.

Ainsi, dans cette hypothèse, l'OCDE serait aussi protégée dans le domaine de l'énergie que l'Europe peut l'être aujourd'hui dans le domaine agricole. Ce qui, pour les pays de l'OCDE, présenterait le double avantage de réduire la dépendance énergétique vis-à-vis des pays de l'OPEP en

1. Etude OCDE, p. 19.

2. Etude GEPI.

développant les ressources indigènes (nucléaire, *off-shore*, charbon) et de faire pression sur la demande en énergie non OCDE de manière à payer celle-ci le moins cher possible. Cependant, il ne faut pas oublier que l'étude OCDE reflète avant tout la position américaine.

A cet égard, on peut remarquer que l'hypothèse la plus favorable aux Etats-Unis qui est, d'après l'étude du GEPI, celle où le prix de l'énergie est bas (6 \$) correspond à l'hypothèse moyenne — faut-il penser la plus souhaitable ? — envisagée par l'étude OCDE.

En effet, dans l'étude GEPI, quatre « scénarios » sont envisagés :

			Prix de l'énergie	Effort d'auto-approvisionnement
Scénario 1		Bas	6 \$	Intense
— 2		Moyen	7,5 -	Intense
— 3		Moyen	7,5 -	Modéré
— 4		Elevé	9 -	Modéré

Scénario 1 ou la stratégie du « double marché de l'énergie ».
— C'est le scénario le plus favorable aux Etats-Unis, le solde cumulé de leurs opérations courantes s'élève à 87,7 milliards de dollars constants 1974¹. Cet excédent fait plus que compenser le déficit extérieur des autres pays de l'OCDE. L'équilibre financier de la zone OCDE est donc assuré dans la mesure où les Etats-Unis et le Royaume-Uni aident l'Europe et le Japon.

Ce scénario est très proche de la situation de double marché de l'énergie que nous avons évoquée précédemment. En effet, il repose à la fois sur un effort intense d'auto-approvisionnement en pétrole (*off-shore*, nucléaire, charbon), forcément à des coûts élevés, et sur un bas prix de l'énergie²,

1. Prévisions pour 1980.

2. Qui correspond d'ailleurs au prix plancher réclamé par les Etats-Unis. En effet, en dessous de ce prix le double marché serait trop difficile à imposer à l'Europe et au Japon.

sous-entendu celle non OCDE qui sera importée. Ce scénario est celui d'une coalition entre les pays développés riches et pauvres en énergie dirigée par les Etats-Unis et à leur grand avantage.

En effet dans cette situation :

— Les développements de l'*off-shore* et du nucléaire sont rentables.

— Les pays de l'OPEP voient leurs recettes diminuer, ce qui retarde d'autant la montée industrielle du Tiers Monde.

— L'Europe et le Japon restent sous la dépendance américaine :

— économique : approvisionnement en pétrole et en uranium enrichi ;

— financière : aides américaines pour combler le déficit extérieur des autres pays de l'OCDE.

— Le déclin relatif des Etats-Unis est stoppé.

— Le monde reste partagé par les Etats-Unis et l'URSS, *c'est le monde à deux blocs.*

Scénarios 2 et 3 : Régulation autour d'un prix moyen de l'énergie. — Dans ces deux scénarios, les Etats-Unis n'ont pas réussi à imposer un double marché de l'énergie et il y a une régulation autour d'un prix moyen.

Le scénario 2 est presque aussi favorable aux Etats-Unis que le précédent puisque le solde cumulé des opérations courantes américaines s'élève à 86 milliards de dollars constants 1974 (87,7 milliards dans le scénario 1).

En revanche, le déficit de l'Europe et du Japon est beaucoup plus accentué, l'excédent américain ne suffit pas à le couvrir et l'ensemble de l'OCDE devient déficitaire. L'effort d'auto approvisionnement reste intense, notamment de la part des Américains. L'Europe et le Japon diversifient leurs sources d'énergies mais continuent à importer de fortes quantités d'hydrocarbures aux pays de l'OPEP. Dans ce scénario, l'Europe et le Japon améliorent leur indépendance énergétique vis-à-vis des pays de l'OPEP, mais au prix d'une plus grande dépendance vis-à-vis des Etats-Unis.

Dans le scénario 3, l'effort d'auto-provisionnement de la part des pays de l'OCDE est modéré et le déficit global de l'OCDE représente cinq fois l'excédent américain.

Ce scénario est beaucoup moins favorable aux Etats-Unis que les précédents puisque le solde de leurs opérations courantes pour la période 1974-1980 ne représente que 40 % du solde correspondant aux scénarios 1 et 2. L'Europe et le Japon ne comptent guère sur les Etats-Unis et cherchent à conclure des accords directs avec les pays de l'OPEP. Le déclin relatif des pays occidentaux s'accroît avec la montée industrielle des pays neufs. De nouveaux blocs émergent : c'est la fin du monde à deux blocs.

Scénario 4. — Du point de vue occidental, c'est le scénario pessimiste : le prix de l'énergie est élevé et l'effort d'auto-provisionnement modéré dans ses résultats.

Les pays de l'OCDE dans leur ensemble accusent un déficit extérieur considérable qui risque de ne pouvoir être comblé qu'au prix d'un ralentissement de l'activité économique.

2.2.1.3. *Conclusion : le projet occidental n'envisage pas un prix élevé de l'énergie.* — Il convient de noter l'absence d'un cinquième scénario correspondant à un prix élevé de l'énergie et à un effort d'auto-provisionnement intense. Le prix élevé justifiant l'effort ; l'auto-provisionnement expliquant le prix élevé.

Finalement, les pays de l'OCDE ne retiennent guère l'hypothèse d'un prix élevé. C'est-à-dire qu'ils ne croient pas devoir acheter durant la période 1975-1990 le pétrole OPEP aussi cher qu'en 1974.

2.2.2. *Le projet de l'OPEP.* — Ce projet est basé sur l'hypothèse d'une grande cohésion entre les différents membres de l'OPEP.

Il vise l'instauration d'un nouvel ordre économique mondial permettant aux pays en voie de développement de s'intégrer en tant qu'acteurs dans le système économique global.

Cette intégration pourra se réaliser dans la mesure où les termes de l'échange sont redéfinis sur les bases suivantes :

- l'avalissement de la monnaie est contrôlé ou du moins efficacement paré. Pour ce faire, les pays en voie de développement demandent à être effectivement associés au pouvoir au sein des organismes financiers internationaux (FMI, BIRD) ;
- le pétrole doit permettre d'une part la reprise et la poursuite de la croissance des pays industrialisés, dont les pays en voie de développement ont besoin, et d'autre part le développement des pays en voie de développement.

Ce développement ne peut se faire que par un transfert technologique entre pays industrialisés et pays en voie de développement, transfert indispensable pour permettre aux pays en voie de développement d'équilibrer leur balance commerciale au-delà des années 1980.

En effet, à ce moment-là, les besoins mondiaux en pétrole seront relativement plus faibles (concurrence des énergies nouvelles, surtout nucléaire et gaz) et la part de production d'origine OPEP sera également en baisse relative (développement des productions *off-shore* hors de la zone OPEP : Etats-Unis, Arctique, URSS, Chine).

De plus, la consommation interne des pays OPEP aura crû considérablement du fait de leur développement, ce qui contribuera encore à réduire de façon importante les quantités disponibles pour l'exportation.

Parallèlement, les importations de biens et services iront en augmentant, ce qui entraînera à terme un déséquilibre de la balance commerciale.

A la Conférence des Souverains et Chefs d'Etat des pays membres de l'OPEP, l'Algérie propose dans un mémoire une politique de prix du pétrole articulée comme suit :

— De 1975 à 1980, le prix (en valeur constante) du brut est gelé, ce qui permet aux pays industrialisés de redresser leurs économies touchées par l'inflation et, dans une moindre mesure, par les hausses du coût de l'énergie¹.

1. Ce gel du prix brut a sans doute également pour but de freiner les mouvements de substitution vers les autres sources d'énergie.

— Au-delà de 1980, le prix du pétrole sera relevé au niveau du prix moyen de l'énergie, et sera indexé d'une part sur les prix des biens d'équipements et des biens de consommation importés par les pays en voie de développement¹, et d'autre part sur un indicateur à définir, représentant le coût du développement pour les pays en voie de développement.

Ainsi, la prise en compte du coût du développement, alliée à une réévaluation des prix, devrait permettre aux pays de l'OPEP de redresser leur balance commerciale et de continuer à se doter de l'appareil économique indispensable à leur survie à long terme².

— Le développement technologique des pays en voie de développement nécessite également de nouvelles structures juridiques. En effet, la législation actuelle concernant aussi bien les clauses des contrats du type « clé en mains » que la cession de brevets industriels, ou le recours à des arbitrages lors de différends, joue trop souvent en faveur des pays industrialisés.

Il s'agit alors de définir de nouvelles procédures garantissant au maître d'ouvrage que le produit qu'il achète est bien conforme à ce que proposait le vendeur. Ces procédures sont basées sur le principe de l'intéressement du vendeur de technologie aux résultats réels³, et sur des garanties accordées par les Etats des pays industrialisés.

Le projet vise aussi à conférer à ses membres un rôle

1. Les taux d'inflation sur ces produits ont été supérieurs de 3 à 4 points aux taux d'inflation subis par les pays industrialisés, qui servaient de base aux calculs d'indexation.

2. Cette analyse correspond très bien à des pays comme l'Algérie, l'Iran, l'Indonésie, le Nigeria, etc., mais ne cadre pas nécessairement avec l'Arabie Saoudite, du fait de l'importance de ses réserves et de son faible potentiel économique.

3. On remplace par exemple les usines « clés en mains » par des usines « produits en mains », puis « débouchés en mains ».

Le vendeur est alors rétribué sur les résultats : $x\%$ de la valeur annuelle sur le marché de la production. Si l'usine a un mauvais rendement, ou si la production est de qualité insuffisante, le vendeur se pénalise lui-même.

moteur sur la scène politique mondiale, notamment en contribuant au développement du Tiers Monde¹.

Il envisage la création d'un Fonds pour le Développement et la Coopération internationale (FDCI), afin d'assurer moins la puissance financière de l'OPEP que de soustraire les ressources du Tiers Monde à l'hégémonie financière de quelques pays.

Il envisage également la promotion de la production d'engrais azotés pour mettre en valeur le potentiel agricole des pays en voie de développement.

De plus, afin de protéger les productions du Tiers Monde, des stocks importants de matières premières et de produits agricoles seront constitués, afin de contrôler les prix de ces produits.

En résumé, ce projet vise à assurer le développement des pays membres en instaurant de nouveaux termes de l'échange assurant un transfert technologique réel, à contrôler le système monétaire international en renforçant leur pouvoir de décision au sein des grands organismes mondiaux et en soustrayant les ressources financières du Tiers Monde à l'hégémonie américaine. Il vise, de plus, à contrôler le cours des matières premières industrielles et alimentaires, et réserve à l'OPEP un rôle politique mondial qui favorise l'essor du Tiers Monde.

Ce projet est fondé, d'une part, sur la cohésion de l'OPEP et, d'autre part, sur une coopération effective de la part des pays industrialisés.

2.2.3. *Conclusion.* — Des développements précédents, on peut tirer plusieurs conclusions :

D'une part, les perspectives à long terme du Tiers Monde et des pays industrialisés ne sont pas compatibles sans l'acceptation par ces derniers d'un certain déclin relatif.

D'autre part, rien n'indique que les pays industrialisés,

1. En 1974, plus de 10 % du PNB des pays OPEP ont été consacrés à des crédits au Tiers Monde.

et notamment les Etats-Unis, soient prêts à accepter ce déclin relatif. On peut même penser qu'ils feront tout pour l'empêcher.

Les projets occidentaux et OPEP sont à bien des égards conflictuels, notamment après 1980 pour le prix de l'énergie.

Compte tenu de cette situation de conflit latent, c'est la loi du plus fort qui continuera à déterminer le prix de l'énergie et non pas un quelconque ajustement entre l'offre et la demande.

Naturellement, ce qui se passera effectivement résultera de l'évolution des rapports de forces. Mais nous pensons que les Etats-Unis joueront un rôle encore déterminant dans cette évolution d'ici 1990. C'est-à-dire que les scénarios 1 et 2 restent possibles. Cependant, il n'est pas sûr que l'Europe et le Japon se rallieront au projet américain. De plus, une coalition entre pays industrialisés pauvres en énergie et pays sous-développés riches en énergie pourrait favoriser l'émergence de nouveaux blocs et précipiter le déclin relatif des Etats-Unis.

Par ailleurs, il faut aussi tenir compte des aspects technologiques (réussite ou échec relatif du nucléaire et de l'*off-shore*), des nouvelles découvertes de pétrole (la plupart des experts que nous avons rencontrés pensent que les ressources sont trois fois supérieures aux chiffres officiels mais que ceci est caché pour des raisons stratégiques).

Enfin, il ne faudrait pas négliger le rôle de l'URSS qui pourrait approvisionner l'Occident en énergie (et concurrencer ainsi indirectement le pétrole OPEP) en contrepartie des approvisionnements américains en céréales¹ et de la contribution de l'Occident à la mise en valeur de la Sibérie.

1. Les Etats-Unis sont aux céréales ce que l'Arabie Saoudite est au pétrole.

— au State Department à Washington, la même personne est responsable à la fois des problèmes énergétiques et alimentaires ;

— dans les négociations avec l'URSS les contrats sur les fournitures en céréales sont liés aux contrats d'approvisionnement en énergie.

2.3. *Éléments de prospective énergétique*

L'avenir est multiple, plusieurs futurs sont possibles (les futuribles) et le chemin qui mène à tel ou tel avenir n'est pas forcément unique. La description d'un futurible et des cheminements correspondants constituent un scénario.

Il n'est pas possible ici de retracer l'enchaînement des mécanismes d'évolutions qui, pour chaque scénario, permettent de décrire les cheminements conduisant aux images finales.

Néanmoins, il est important de faire le point sur les hypothèses fondamentales qui permettent de tirer une première épreuve des images finales de référence et contrastées. La suite de la méthode des scénarios consiste alors à décrire le cheminement cohérent menant de la situation actuelle aux images intermédiaires et finales. Mais ceci dépasserait le cadre méthodologique de cet exposé.

En conséquence, nous limiterons nos développements à la description pour chacun des scénarios des hypothèses fondamentales géo-énergétiques qui ont permis de les déterminer.

L'évolution de la situation pétrolière internationale sur la période 1975-1990 a été caractérisée par la réalisation ou non de six hypothèses fondamentales, mises en avant par l'analyse des projets des différents acteurs concernés.

L'examen des probabilités de réalisation de chaque hypothèse (probabilités simples et probabilités conditionnelles) permet de déduire, pour chaque expert, quels sont les scénarios¹ qu'il considère comme ayant les plus grandes probabilités de réalisation.

La confrontation des différents résultats met en avant quelques scénarios que l'ensemble des experts s'accorde à reconnaître comme étant les plus probables. En particulier, le *scénario de référence* est celui qui obtient globalement la

1. Un scénario est alors schématisé par un jeu des six hypothèses fondamentales, chacune d'entre elles étant ou n'étant pas réalisée sur la période.

probabilité de réalisation la plus élevée. On lui associe deux scénarios *contrastés*, choisis parmi le noyau des scénarios probables, de manière à enrichir le champ d'investigations par l'étude d'évolutions divergentes.

2.3.1. *Les hypothèses géo-énergétiques fondamentales.* — Les situations possibles en 1990 sont caractérisées par la réalisation ou non des six hypothèses suivantes¹ :

- H₁ : Maintien du leadership américain ;
- H₂ : Solidarité de l'OPEP ;
- H₃ : Maintien de la puissance des majors ;
- H₄ : Augmentation considérable des réserves d'hydrocarbures dans la zone non contrôlée par l'OPEP ;
- H₅ : Fixation d'un prix plancher du pétrole de l'ordre de 7-8 \$ par baril ;
- H₆ : Forte croissance des activités *off-shore*.

Chacune de ces six hypothèses est explicitée dans les pages suivantes.

— *Maintien du leadership américain.* — La réalisation de cette hypothèse signifie qu'à l'horizon 1990 le monde reste, pour l'essentiel, partagé en deux zones d'influences, grâce à l'alliance « objective » américano-soviétique.

Cette situation se traduit par le maintien de la domination technologique, militaire, financière et économique des Etats-Unis sur leur zone d'influence. Qu'il s'agisse des rapports pays OCDE - Etats-Unis, ou des rapports Tiers Monde - Etats-Unis, c'est la politique américaine qui donne le ton. Dans le domaine de l'énergie, cela se traduit par un dialogue OPEP-AIE (Agence internationale de l'Energie).

L'Europe, qui ne s'est pas affirmée comme entité politique, n'a pu développer de politique énergétique commune (la mer du Nord n'est pas européenne), ce qui n'exclut pas que certains pays « dissidents » cherchent à promouvoir une politique énergétique autonome (France par exemple).

1. Les hypothèses se réalisent ou non au cours de la période 1975-1990.

— *Solidarité des pays exportateurs d'hydrocarbures (OPEP)*. — La réalisation de cette hypothèse signifie un renforcement de l'OPEP — le contraire de l'éclatement —, son élargissement aux autres pays exportateurs de pétrole et son extension à l'ensemble des hydrocarbures (pétrole, gaz).

La solidarité joue suffisamment pour que, le cas échéant, certains pays acceptent de réduire leurs exportations pour maintenir le prix de l'énergie à un niveau satisfaisant pour l'ensemble de l'OPEP.

Malgré des divergences économiques et politiques, l'OPEP présente un front uni en matière de revendications pétrolières (ceci n'exclut pas des différences dans les modalités d'application) et adopte une politique globale dans le dialogue pays riches - pays pauvres.

— *Maintien de la puissance des majors*. — Les grandes sociétés pétrolières multinationales conservent le contrôle du secteur énergétique.

Malgré la perte d'accès à une partie de la production, les sociétés multinationales pétrolières conservent leur part du contrôle des activités aval (transport, raffinage et surtout distribution) et amont (recherche, mise en production).

Leur puissance technologique et commerciale n'est pas diminuée par le développement des sociétés nationales des Etats producteurs, qui n'arrivent pas à s'implanter suffisamment sur les marchés des produits finis.

D'autre part, les mouvements d'opinion hostiles aux majors n'aboutissent pas de façon significative¹.

— *Augmentation considérable de l'état des réserves d'hydrocarbures dans la zone contrôlée par l'OPEP*. — La prospection des nouvelles zones pétrolières (Arctique, Groenland, URSS, Chine, etc.) révèle, au plus tard en 1980, l'existence d'import-

1. Rappelons qu'en 1975 ces mouvements visent à obtenir l'éclatement des compagnies multinationales (loi antitrust), l'intervention de l'Etat (compagnies d'Etat ou fédérales américaines) et aussi l'interdiction pour les majors de se livrer à des activités extra-pétrolières (nucléaire, charbon, etc.).

tantes ressources, modifiant fondamentalement la situation actuelle.

Dans le même ordre d'idées, la thèse suivant laquelle l'état des ressources occidentales serait plus de trois fois supérieur aux chiffres officiels s'avère exacte.

(Nous considérons qu'une révolution technologique n'aurait pas d'effets significatifs à l'horizon que nous nous sommes fixé, à cause de l'inertie des structures.)

— *Fixation d'un prix plancher du pétrole de l'ordre de 7-8 \$ par baril (dollars 75).* — Plutôt que de spéculer sur ce que pourrait être le prix du pétrole, nous préférons nous demander si les investissements énergétiques pourront être garantis par une rentabilité suffisante pendant la période 1975-1990.

Ce prix plancher est établi officiellement par une instance internationale, ou officieusement par un maintien de fait des prix du pétrole (entre 8 et 10 \$ par baril par exemple).

Une réponse négative à cette question suppose que le prix plancher est inférieur à 7 \$ le baril ou qu'il n'y a pas de prix-plancher.

— *Forte croissance des activités off-shore.* — Le *taux moyen annuel de croissance* de la production mondiale de pétrole *off-shore* sur la période 1975-1990, est supérieur à 10 %.

Cela implique que la production mondiale *off-shore* aura plus que quadruplé d'ici 1990 par rapport à sa valeur actuelle.

Rappelons que la production pétrolière *off-shore* couvre aujourd'hui environ 20 % de la production pétrolière mondiale.

— Si l'on prend une hypothèse haute de la croissance de la production pétrolière mondiale sur la période 1975-1990, soit 6 % par an, cela conduit à une part de 32 % pour la production *off-shore* en 1990.

— Avec une hypothèse basse de 3 %, cela conduit à une part de 46 % pour la production *off-shore*.

Le questionnaire adressé à un ensemble d'experts énergétiques, pris dans des pays et des milieux professionnels différents, est l'objet d'un double traitement :

- un traitement global, où l'on utilise des outils statistiques, afin de dégager les résultats d'ensemble, et de mettre en évidence des classes d'experts, ayant des attitudes proches. Au sein de chaque classe, on sélectionne un expert type ;
- un traitement spécifique, où l'on applique la méthode SMIC aux questionnaires des experts sélectionnés, afin d'en déduire le scénario le plus probable et des scénarios contrastés ayant certaines chances de se produire.

2.3.2. *Résultats de l'enquête.* — Les histogrammes obtenus sur les probabilités simples ont été seuls tracés. On ne peut en général pas caractériser tel type de réponses par la nationalité du répondant, mais son champ d'activités est parfois discriminant.

— *Maintien du leadership américain.* — C'est un point qui est en général admis. Les contestataires en la matière sont européens (Français surtout) ou du Tiers Monde.

Le leadership américain serait un peu affecté si la solidarité de l'OPEP se maintient, mais son éclatement a des effets très divers.

Il y a liaison entre leadership américain et puissance des majors, ces deux facteurs se confortant l'un l'autre.

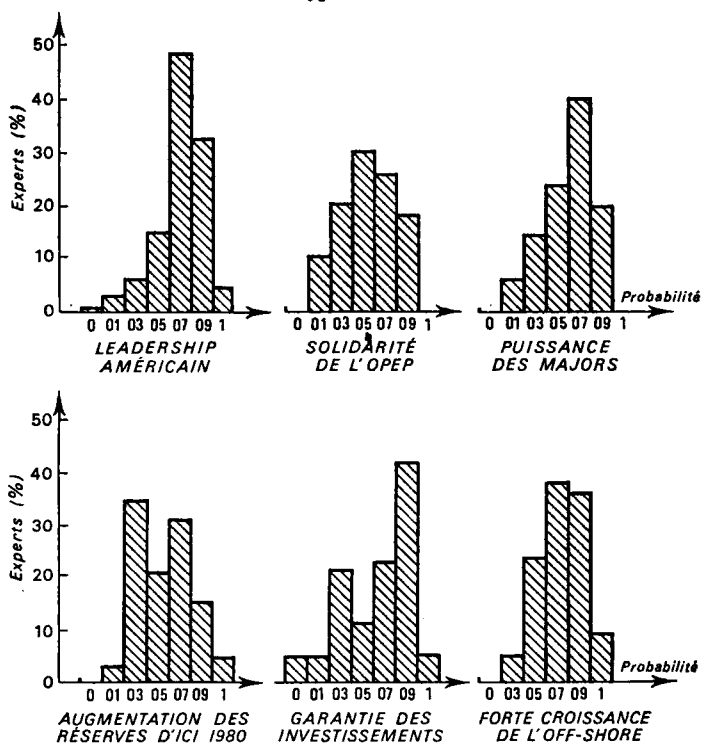
Les autres facteurs semblent avoir peu d'effets.

Le leadership américain paraît donc probable sur la période, et ne serait pas fondamentalement remis en cause, quoi qu'il puisse arriver.

— *Solidarité de l'OPEP.* — Les avis sont assez partagés, et c'est le point sur lequel les experts sont le plus indécis. Cette dispersion se retrouve sur les probabilités conditionnelles. On peut noter que les experts appartenant à l'industrie pétrolière se prononcent en majorité pour le maintien très probable de la cohésion de l'OPEP.

La garantie des investissements par un prix plancher

Histogrammes des fréquences de probabilités affectées aux hypothèses fondamentales



paraît défavorable à l'OPEP. La non-croissance des réserves renforce les chances de cohésion de l'OPEP, alors que le phénomène inverse a des effets beaucoup plus controversés. Certains estiment en effet qu'une relative abondance pétrolière hors zone OPEP conduirait les pays membres à chercher séparément des marchés, et d'autres pensent que cette situation amènerait par réaction un durcissement de l'OPEP.

Enfin, il faut remarquer que l'éclatement de l'OPEP, par les modifications qu'il introduit, est le phénomène qui aurait le plus d'influence sur l'ensemble du système.

— *Maintien de la puissance des majors.* — C'est un point plutôt admis, bien que parmi les experts appartenant à l'industrie du pétrole certains soient très modérément « optimistes ». Le leadership américain paraît avoir un rôle sensible dans les deux sens. L'OPEP intervient peu, sa disparition renforcerait néanmoins les majors.

Aucune tendance ne se dégage sur les autres points. Seule une croissance importante des activités *off-shore* renforce la probabilité de cette hypothèse.

— *Augmentation des réserves.* — Sur ce point, les experts semblent partagés en deux classes, les pessimistes étant souvent des pétroliers. Seule l'hypothèse 3 aurait tendance à rendre cette hypothèse plus plausible.

— *Rentabilité des investissements.* — La majorité des experts se prononce en faveur du maintien d'un prix plancher sur la période, mais certains considèrent qu'il n'y en aura pas. Ceci est lié au fait que, pour ces experts, l'OPEP a peu de chances de se maintenir, ce qui amènera un fléchissement des prix.

L'augmentation des réserves, sans doute pour une raison analogue, jouerait également en défaveur du maintien d'un prix plancher.

— *Forte croissance de l'off-shore.* — C'est le point qui, avec le maintien du leadership américain, est le plus généralement admis.

Le maintien du leadership américain amènera les indécis à se prononcer en faveur de la croissance. Le maintien de la puissance des majors, et surtout la cohésion de l'OPEP, rendent la forte croissance plus probable. L'augmentation des réserves freinerait un peu la croissance, alors que la fixation d'un prix plancher lancerait l'*off-shore* de façon sensible.

L'éclatement de l'OPEP est le facteur le plus négatif, sans toutefois inverser la tendance. Le recul des majors affecte également l'*off-shore*, mais dans une mesure moindre. Les

avis sont très dispersés quant à la non-augmentation des réserves, certains considérant que c'est un facteur qui poussera à l'*off-shore*, alors que d'autres considèrent que s'il n'y a pas d'augmentation des réserves, il y a moins de chances que l'*off-shore* se développe (relation de causalité inverse). Enfin, la non-garantie de la rentabilité des investissements ne semble pas porter de coup fatal à l'*off-shore*. Les réponses sont en effet réparties selon une distribution gaussienne centrée sur 4 (probabilité 0,5). Les experts qui restent optimistes sont soit ceux qui croient à la cohésion de l'OPEP, donc à des prix élevés, soit ceux qui pensent que, pour des raisons de sécurité énergétique, de nombreux Etats décideront de mettre en valeur leurs ressources nationales.

Globalement, la production d'hydrocarbures en *off-shore* paraît appelée à se développer sensiblement au cours des années à venir, et à supporter une part de plus en plus importante de la consommation pétrolière.

2.3.3. *Le traitement de l'information.* — Les 52 experts ayant répondu¹ au questionnaire SMIC étant trop nombreux pour que l'on applique à chaque réponse la méthode SMIC, on cherche à les regrouper en un petit nombre de classes telles qu'à l'intérieur de chacune se trouvent des experts ayant des profils de réponse assez voisins.

Puis, au sein de chaque classe, on cherche à déterminer l'expert le plus représentatif : c'est l'expert tel que chacune des réponses qu'il donne aux différentes questions soit identique à celle qui est la plus fréquemment citée au sein du groupe (ou c'est l'expert le plus proche par ses réponses de cet expert idéal).

Pour constituer les groupes, on utilise une procédure de classification hiérarchique qui consiste, une fois les N experts placés dans un espace métrique, à regrouper d'abord les deux points-individus les plus proches du point de vue de leurs réponses aux probabilités simples, et à les remplacer

1. Seules les réponses parvenues à la SEMA avant le 15 février 1976 ont été prises en compte.

par un point-individu médian, que l'on considère alors comme un nouvel individu. On recommence alors sur les $N - 1$ individus restants, et ainsi de suite.

On est ainsi amené à constituer dix groupes (le dernier étant un regroupement artificiel d'experts ne pouvant s'intégrer aux neuf groupes précédents), et à sélectionner 11 experts pour l'application de la méthode SMIC.

L'application de cette méthode conduit à une classification des experts en huit groupes relativement homogènes dans lesquels on choisit des experts types.

L'application de la méthode SMIC aux réponses fournies par les experts types fournit huit hiérarchies de scénarios, chacune d'entre elles n'étant d'ailleurs qu'une solution parmi d'autres possibles. En conséquence, ce qu'il faut chercher dans la diversité des résultats, c'est l'opinion moyenne ou l'image d'avenir qui ressort le plus souvent comme plus probable que d'autres.

2.3.4. *Le choix des scénarios de référence et contrastés.* —

Les 6 hypothèses fondamentales permettent $2^6 = 64$ combinaisons des 6 événements, réalisés ou non sur la période 1975-1990, soit 64 scénarios.

Chaque scénario est représenté schématiquement par 6 variables binaires (une par hypothèse), chaque variable prenant la valeur 0 ou la valeur 1, selon que l'hypothèse correspondante est réalisée ou non.

La méthode SMIC fournit pour chaque expert type la liste des 64 scénarios, affectés chacun d'une probabilité globale de réalisation, et classés par ordre de probabilités décroissantes (la somme de 64 probabilités valant 1).

En fait, pour chaque expert, une quinzaine de scénarios seulement a une probabilité de réalisation non nulle.

On examine les scénarios les plus probables pour la majorité des experts et on les classe suivant la moyenne de leur probabilité. Cet examen permet de dégager trois axes d'évolution les plus probables du contexte géo-énergétique à partir de la situation actuelle que l'on peut écrire (111000).

		Jeux d'hypothèses		
		A	B	C
H ₁	Leadership américain	0	I	I
H ₂	Solidarité OPEP	I	I	0
H ₃	Puissance des majors	0	I	I
H ₄	Croissance des réserves non OPEP	0	I	0 ou I
H ₅	Prix plancher	I	I	I
H ₆	Croissance de l' <i>off-shore</i>	0	I	I

On voit ainsi apparaître un scénario Nord/Sud de référence (jeu d'hypothèse B) encadré par deux scénarios contrastés ; le scénario du Sud (jeu d'hypothèse A) et le scénario du Nord (jeu d'hypothèse C).

— *Le scénario du Sud* se traduit par le maintien de la solidarité OPEP, ainsi que par la fin du leadership américain et le déclin des majors. Sur le plan purement pétrolier, il s'agit d'un scénario « *on shore* » puisque l'on n'assiste pas avant 1980 à une forte croissance des réserves dans la zone non OPEP, ni, dans la période 1981-1990, à une forte croissance des activités *off-shore*.

— De plus, les pays occidentaux restent très dépendants énergétiquement du pétrole OPEP qu'ils doivent payer très cher, puisque son prix est fixé en fonction des besoins de développement du Tiers Monde. La fixation d'un prix plancher du pétrole visant à protéger la rentabilité des investissements énergétiques occidentaux, en cas de baisse de prix du pétrole OPEP, n'est plus qu'une survivance de la période 1976-1980 et ne sert à rien puisque cette éventualité ne se produit pas.

— *Le scénario de référence Nord-Sud* voit les six hypothèses géo-énergétiques se vérifier dans la période 1976-1990. Les pays de l'OPEP solidaires font face à la puissance américaine et à celle des majors ; dans ce contexte, le pétrole *off-shore*, le prix plancher et la croissance des réserves dans la zone non OPEP, sont des facteurs économiques et stratégiques de premier ordre.

Néanmoins, les pays occidentaux restent dépendants énergétiquement du pétrole OPEP. En effet, d'une part, les programmes de substitution et d'exploitation des nouvelles réserves rencontrent des difficultés technologiques et financières importantes, notamment dans la période 1976-1980 et, d'autre part, la croissance de la production *off-shore* concerne aussi les pays de l'OPEP ; enfin, il existe une coïncidence d'intérêts entre l'OPEP et les grandes compagnies pétrolières qui conduit à conserver une place de premier choix pour le pétrole dans le système énergétique, le pétrole étant le fondement de la puissance des deux acteurs.

— *Le scénario du Nord* est caractérisé par l'éclatement de l'OPEP et le maintien de la puissance américaine. Il n'y a pas nécessairement forte croissance des réserves dans la zone non OPEP, mais la fixation d'un prix plancher permet non seulement de rentabiliser les investissements énergétiques stratégiques de la période 1976-1980, mais aussi d'instaurer un véritable double marché de l'énergie où le pétrole de la zone ex-OPEP est acheté à un prix inférieur au prix plancher auquel il est vendu dans la zone occidentale. Ainsi, la rente pétrolière est récupérée par les majors et les pays occidentaux.

Néanmoins, la part du pétrole *off-shore*, exploité notamment dans l'hémisphère Nord, est croissante, car les pays occidentaux tiennent à conserver une indépendance énergétique qu'ils ont dû payer très cher et qu'ils ont bien failli ne jamais retrouver.

2.3.5. *Conclusion.* — Ainsi, la méthode SMIC permet de tirer une première épreuve des images finales des scénarios énergétiques à l'horizon 1990.

Une fois les images finales déterminées, l'objet de la méthode de scénarios consiste alors à décrire de façon cohérente les différents cheminements qui, partant de la situation actuelle, y conduisent.

Finalement, le rôle de la méthode SMIC se résume essentiellement à cerner les avenir les plus probables qui feront l'objet de la méthode des scénarios.

Conclusion générale

Il convient maintenant, non seulement de faire le lien entre toutes les conclusions intermédiaires auxquelles les développements précédents nous ont conduits, mais aussi de dépasser notre propre discours en réhabilitant ce qui, dans la prévision classique, mérite de l'être, et en nous interrogeant sur les nouvelles voies de la prévision mathématique (travaux de Prigogine et de Thom), et sur l'avenir de la prospective elle-même.

I. SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

La prévision classique relève d'une attitude passive ou adaptative face à l'avenir, où action et liberté, c'est-à-dire finalement ce qui ne peut être mis en équation, n'ont pas leur place. En revanche, la prospective restitue la place qui lui revient à l'action humaine dans le processus de création de l'avenir, elle reconnaît le rôle moteur joué par les intentions¹, les projets des différents acteurs impliqués dans les systèmes étudiés, le désir comme force productive d'avenir.

La prospective est née de la prise de conscience d'un avenir à la fois domaine du déterminisme et de la liberté. Si l'on admet que c'est l'action humaine qui forge l'histoire, ce qui est déterminé résulte du passé, des actions cristallisées; celles-ci présentent un certain éventail de futurs possibles

1. La prise en compte de ces stratégies nécessite que l'on fasse appel à l'analyse intentionnelle, c'est-à-dire à toutes les méthodes qui traitent des variables d'opinions (jugements, paris, probabilités subjectives) comme l'analyse structurelle, les impacts croisés et les scénarios.

et pas un autre. Néanmoins l'homme, dans la mesure où il n'a pas surengagé et hypothéqué son avenir (éventail presque fermé), conserve de nombreux degrés de liberté qu'il peut faire jouer pour atteindre le futurible qui répond à son désir, pour réaliser son projet.

Ainsi, le projet entraîné par le désir est le moteur de l'action et par conséquent du changement, le passé n'est qu'un projet éteint, seul l'avenir compte ; l'avenir est la raison d'être du présent, « l'avenir explique le présent » (C. Goux).

Assez paradoxalement, c'est l'action qui rend la prévision nécessaire, mais c'est aussi l'action humaine en tant que cause essentielle du changement qui, par le jeu imprévisible de ses degrés de liberté, rend la prévision insuffisante. La prévision classique est impuissante à prévoir l'avenir en fonction des données du passé dans la mesure où ce qui se réalisera effectivement dépend des actions que l'homme engage aujourd'hui en fonction de l'image qu'il se fait de l'avenir. Ce sont précisément les constantes erreurs de prévisions, et notamment l'absence de prévision des crises économiques, qui expliquent ce que l'on peut appeler la crise de la prévision et contribuent à l'essor de la prospective.

Pour que la prospective participe à la création de l'avenir par l'homme il faut la doter de caractéristiques radicalement différentes de celles de la prévision classique afin d'éviter les erreurs qui peuvent l'être, par conséquent nous opposons :

- à la vision parcellaire, une vision globale ;
- aux variables et aux méthodes quantitatives, des variables et des méthodes qualitatives et subjectives ;
- aux relations statiques, des relations dynamiques ;
- à l'explication de l'avenir par le passé, l'explication du présent par l'avenir ;
- à la recherche d'un avenir unique et prédéterminé, la recherche d'un avenir libre et multiple.

A la prévision classique, nous opposons la prospective en tant que prévision globale qualitative et multiple.

Pour obtenir une vision globale et qualitative, nous faisons appel à l'analyse structurelle ; pour mieux comprendre la dynamique du système nous proposons la méthode MICMAC dont les résultats ne doivent pas être pris au pied de la lettre, mais servir uniquement, par leurs aspects contre-intuitifs, à poser des questions que l'on ne se serait pas posées autrement.

Pour obtenir une vision multiple en avenir incertain nous adoptons une méthode des scénarios qui se déroule dans le cadre à la fois logique et méthodologique d'une approche intégrée de prospective où il n'y a pas de méthode sans raisonnement ni de raisonnement sans méthode. Chaque méthode servant ainsi de « garde-fou » au raisonnement et réciproquement.

2. COMPLÉMENTARITÉ ENTRE PROSPECTIVE ET PRÉVISION

Critiquer ne signifie pas rejeter, il faut séparer le grain de l'ivraie ; si vouloir quantifier à tout prix nous semble dangereux, en revanche, les résultats chiffrés des modèles de prévision classique (mathématiques, économétriques) sont des indicateurs stimulants et des repères précieux pour la réflexion sur l'avenir.

En conséquence, au-delà du débat que nous souhaitons voir s'instaurer, nous restons convaincus d'une certaine *complémentarité entre prospective et prévision classique*. Un modèle de prévision ne vaut que par ses hypothèses (économiques, politiques...) et la prospective à précisément pour objet de dessiner la toile de fond, les jeux d'hypothèses qui assureront au modèle sa validité, c'est-à-dire sa cohérence avec la réalité future telle qu'on peut l'imaginer et la souhaiter.

Naturellement, cette complémentarité n'est pas systématique ; pour le long terme, c'est-à-dire l'horizon à partir duquel tout ou presque tout peut avoir changé, l'approche intégrée de prospective se déroule pratiquement sans recourir aux méthodes de prévisions classiques puisque, préci-

sément, il faut s'attendre à des changements structurels. En revanche, au fur et à mesure que l'on se rapproche du court terme, les méthodes classiques jouent un rôle d'autant plus important que l'on peut supposer la permanence de certaines variables structurelles et s'appuyer sur le passé pour prolonger sans trop de crainte les tendances qui s'en dégagent, et ceci est encore plus vrai — du moins hors des périodes de rupture — pour les prévisions conjoncturelles qui s'appuient sur des méthodes qui ont largement fait leurs preuves.

3. LES NOUVELLES VOIES DE LA PRÉVISION MATHÉMATIQUE : LES TRAVAUX DE PRIGOGINE¹ ET DE R. THOM²

Les modèles de prévision classique sont impuissants à représenter et à décrire une réalité de plus en plus complexe, où les structures ne sont pas stables, où tout agit sur tout, où une vision globale s'impose ; c'est précisément cette prise en compte des interdépendances « sociétales » qui est à l'origine de l'essor de l'analyse de système comme méthode prospective.

Deux écoles d'analyse de système se développent presque parallèlement. La première, que nous qualifierons avec J. Kane (cf. [50]) de « géométrique », considère que les facteurs de changement ne sont pas tous quantifiables et, par conséquent, s'intéresse principalement à l'analyse de la structure des relations entre les variables caractérisant le système, sans préciser nécessairement la forme et le contenu de ces relations (intensité, fonction, etc.). La seconde, que nous qualifierons d'« arithmétique », s'intéresse à la nature quantifiée des relations et représente le monde réel par un système d'équations (différentielles ou récurrentielles). Le modèle « dynamo » de Forrester en fournit un exemple type.

Les disciples de la première école, dont nous pensons

1. Cf. [60].

2. Cf. [61].

faire partie, font appel à des outils mathématiques et intellectuels qualitatifs (analyse structurelle, impacts croisés, méthode des scénarios), que nous avons regroupés sous le vocable d'analyse intentionnelle. Cette expression signifiant que l'avenir n'est pas fatalité, mais dépend en grande partie des projets des acteurs moteurs d'un système qui, rappelons-le, n'est pas défini comme étant la réalité, mais seulement comme un moyen de la regarder.

Nous proposons l'analyse intentionnelle en réponse à l'insuffisance des modèles de prévision classique, qui se traduit, notamment, par la non-prévision (l'absence de prévision) des crises. Cependant, les disciples de l'école « arithmétique » mettent en avant une autre réponse, et attribuent l'absence de prévision des crises, non pas à la modélisation abusive de la réalité, mais à l'utilisation des mathématiques du continu, pour représenter une réalité discontinue. Ainsi, se développe une nouvelle voie de prévision mathématique des ruptures que R. Thom appelle la théorie des « catastrophes » (cf. [61]) et Prigogine, la théorie des « fluctuations » (cf. [60])¹.

Au-delà des différences de vocabulaire, les travaux de Prigogine et de Thom sont très semblables, ils s'inspirent tous deux des apports des sciences exactes² (physique, thermodynamique) et les utilisent en linguistique, en biologie et bientôt en prévision sociale. Ces travaux comportent un présupposé important, selon lequel le monde rentre dans un système d'équations différentielles. Une fois celui-ci admis, la prévision mathématique des ruptures tient un discours très intéressant que l'on peut résumer de la façon suivante :

La réalité est représentée par un système d'équations différentielles. On sait qu'il n'y a qu'une solution d'un tel système d'équations qui passe par un point donné de l'espace

1. « Ce sont les fluctuations qui peuvent amener le système à quitter un état macroscopique donné et conduire à un nouvel état ayant une structure spatio-temporelle différente » (cf. [60]).

2. La transition « gaz-liquide » est un bon exemple de catastrophe.

temporel (par exemple l'état présent), du moins lorsque les conditions limites sont fixées. Cependant, dans les travaux de Thom et Prigogine, les conditions limites ne sont pas fixées, certains paramètres d'environnement subsistent, et conditionnent divers régimes dynamiques possibles, ainsi que la transition (fluctuation ou catastrophe) entre ces régimes, qui sont autant de futurs possibles qualitativement différents.

Pour certaines valeurs des paramètres d'environnement, il y a des ruptures d'évolution, des « catastrophes ». Ainsi, les changements de structure se produisent lorsque « la perturbation extérieure dépasse la capacité d'absorption, le système social est détruit, et débouche sur une nouvelle organisation » (Prigogine, cf. [60], p. 58). Mais cette catastrophe ne se produit que si certaines conditions extérieures se trouvent réunies, pour certaines valeurs des paramètres d'environnement.

La théorie des catastrophes montre surtout, *ex post*, que le changement de structure correspond effectivement à une solution du système d'équations différentielles ; pour une valeur donnée des paramètres d'environnement. Cependant, *ex ante*, le problème reste posé de savoir quelle sera la valeur de ces paramètres d'environnement et de leur éventuelle évolution afin de déterminer si, parmi les futurs possibles, celui qui se produira effectivement est une rupture, une catastrophe, ou non.

C'est précisément l'objet de la prospective, de déterminer, compte tenu des forces en présence, des projets des acteurs, quelles pourraient être les valeurs des paramètres d'environnement, c'est-à-dire quels sont, indépendamment de toute formalisation, les scénarios tendanciel et contrastés.

En conclusion, indépendamment du présupposé, auquel nous n'adhérons pas, selon lequel le monde rentre dans un système d'équations différentielles¹, le grand mérite des

1. Ou alors ce système serait de dimension presque infinie et, par conséquent, inutilisable ou insoluble.

travaux de Prigogine et de R. Thom est de permettre, dans l'étude des phénomènes modélisables, de tenir compte de l'instabilité structurelle, et d'ouvrir ainsi une nouvelle voie à l'utilisation des modèles mathématiques, en sortant ceux-ci de l'impasse des mathématiques du continu, qui se sont avérées incapables de rendre compte de la pluralité de l'avenir et de la possibilité de ruptures.

4. L'AVENIR DE LA PROSPECTIVE

La prospective en tant que création de l'avenir par l'homme met l'imagination au pouvoir ; c'est en ce sens qu'elle est révolutionnaire. En effet, imaginer et construire le cheminement vers un avenir meilleur, se rendre compte qu'il n'y a rien d'impossible conduit nécessairement à mobiliser toutes ses forces, activées par le désir, pour provoquer l'éclosion de ce projet.

La prospective n'est donc pas neutre ; on comprend ainsi pourquoi elle fait l'objet de tentatives de récupération où l'imagination est mise au service de tel ou tel intérêt, de telle ou telle idéologie, soit pour pressentir les germes de « rupture » afin, si possible, de mieux les écraser dans l'œuf ou du moins de limiter leurs effets, soit en brandissant l'épouvantail de l'avenir pour mieux justifier la politique du présent.

Ainsi par exemple, c'est en partie au nom d'une soi-disant pénurie future de pétrole que l'on justifie le pari nucléaire. Mais si, comme le pense la plupart des experts (Adelman, Grenon, Odell et même les pétroliers), les ressources de pétrole sont au moins trois fois supérieures aux estimations officielles (ce qui est caché pour des raisons stratégiques), que fera-t-on alors des centrales nucléaires devenues sinon inutiles du moins en surnombre ?

Dans le même ordre d'idées, on peut noter qu'assez curieusement se développe, depuis le début des années 1970,

une panique de l'an 2000¹ provoquée notamment par les fameux rapports Meadows, rapports du Club de Rome qui ont eu, il faut le reconnaître, le mérite d'alerter une société endormie sur les lauriers de la croissance, mais qui présentent le grave défaut de ne pas avoir posé forcément les bonnes questions², et surtout d'avoir permis à un certain nombre de contre-vérités de se transformer en idées reçues.

Ainsi par exemple, le déficit agricole mondial ne s'explique pas par la démographie galopante des pays du Tiers Monde dont les importations de céréales en quantités physiques stagnent depuis quinze ans³ (notamment parce qu'il s'agit de produits de plus en plus chers, qu'ils peuvent pour la plupart de moins en moins se payer). Bien au contraire, ce déficit résulte des importations massives des pays développés (URSS y comprise) pour la « transformation » des céréales en viande, ce qui représente sans aucun doute un gaspillage de calories alimentaires.

Ce type de réflexion sur l'an 2000 est dangereux dans la mesure où il cache ce qu'il ne montre pas, il met en avant les choses (l'épuisement des ressources naturelles) pour mieux faire oublier que, derrière, il y a certains rapports sociaux, une certaine division internationale de la richesse. C'est l'avenir alibi, l'avenir responsable des maux du présent. C'est au nom d'une prédiction de pénurie de pétrole — alors que nous l'avons vu rien n'est moins sûr — que l'on justifie aujourd'hui les hausses de prix, l'inflation, etc., et que l'on se lance dans des aventures technologiques, écologiques et financières comme le nucléaire, sans instaurer de véritable débat démocratique.

Ces prédictions et ces prophéties, dans la mesure où

1. Cette panique de l'an 2000 fait penser à celle de *L'an 1000*. Cf. le livre de George DUBY, Julliard, coll. « Archives ».

2. « La problématique mondiale est réduite à une analyse des ressources, humaines et physiques, de leur production et distribution indépendamment des rapports sociaux qui les règlent » (G. RIBBILL, cf. *Stratégie pour demain ou utopie sans lendemain* ?).

3. Cf. statistiques de la FAO.

elles s'avèrent trop souvent contredites par les faits, car précisément sans fondement, jettent le discrédit sur l'ensemble des réflexions sur l'avenir, dévaluent la prospective et par conséquent l'exercice de l'imagination¹, et ce faisant affaiblissent la volonté et les forces de changement. Pourtant, la prospective n'a rien à voir avec la prédiction puisqu'elle cherche plus à se poser les bonnes questions qu'à trouver des réponses toutes faites.

La prospective en tant que réflexion créative sur l'avenir et sur les moyens de transformer les désirs, les projets en réalité, ne passera pas de mode puisque l'homme est de plus en plus décidé à prendre son avenir en main.

Au fur et à mesure que le courant de prospective traversera les masses, leur disant que pour libérer l'avenir il faut libérer le présent du passé et briser les rapports politiques, économiques et sociaux qui enchaînent la plupart des hommes, au fur et à mesure que les projets deviendront force matérielle, le désir sera la principale force productive d'avenir².

1. A quoi bon réfléchir sur l'avenir, c'est impossible, la preuve : les futurologues racontent n'importe quoi et se trompent tout le temps.

2. Il est remarquable de constater que dans la langue anglaise la forme verbale du futur se traduit par l'auxiliaire *will*, verbe qui traduit la volonté, le futur c'est l'intention, le projet, le désir.

BIBLIOGRAPHIE

INTRODUCTION ET PREMIÈRE PARTIE

- [1] Samir AMIN, *L'accumulation à l'échelle mondiale*.
- [2] Pavel APOSTOL, Marxism and the structure of the future, *Futures*, septembre 1972.
- [3] G. BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Librairie philosophique J. Vrin.
- [4] Y. BAREL, *Prospective et analyse de système*, Paris, Documentation française, 1971.
- [5] H. BARTOLI, Note sur le déterminisme et sur l'indéterminisme en économique, *Cahiers de l'ISEA*, n° 3, 1958.
- [6] G. BERGER, *Etapes de la prospective*, PUF, 1967.
- [7] G. BERGER, *Phénoménologie du temps et prospective*, Paris, PUF, 1964.
- [8] R. BOUDON, *L'analyse mathématique des faits sociaux*, Plon.
- [9] A. BRETON, *Les vases communicants*, Gallimard, 1933.
- [10] L. BROGLIE, *Réflexions sur l'indéterminisme en physique quantique*, Travaux du IX^e Congrès international de Philosophie, Hermann, 1937.
- [11] A. CAMUS, *Le mythe de Sisyphe*, Gallimard.
- [12] P.-H. CHOMBART DE LAUWE, *Pour une sociologie des aspirations et Aspirations et transformations sociales*, Editions Anthropos.
- [13] P. DELATTRE, *Système, structure, fonction, évolution*, Maloine-Doin édit.
- [14] M. DENIS, *Histoire de la pensée économique*, PUF, 1967, coll. « Thémis ».
- [15] *Dictionnaire des sciences économiques*, Paris, PUF, 1958.
- [16] M. FRIEDMAN, *A theory of the consumption function*, 1957.
- [17] L. GOLDMAN, *Logique et connaissance scientifique*, Paris, Gallimard, 1969, coll. « La Pléiade ».
- [18] L. GOLDMAN, *Marxisme et sciences humaines*.
- [19] C. GOUX, *L'horizon prévisionnel*, Cujas, 1969 (thèse d'Etat, Paris, 1965).
- [20] C. GOUX et B. MOREL, Pour une véritable prospective : essai méthodologique, revue *Metra*, vol. X, n° 3, 1971.
- [21] A. GORDON, *Stimulation des facultés créatrices. La synectique*, Editions Hommes et Techniques.

- [22] N. GRIMALDI, *Le désir et le temps*, PUF, 1971.
- [23] I. ILLITCH, Inverser les institutions, *Esprit*, mars 1972.
- [24] B. JOUVENEL, L'art de la conjecture, *Futuribles*, Editions du Rocher, 1954.
- [25] J. M. KEYNES, *Théorie générale de l'emploi, de l'intérêt et de la monnaie*, Payot, 1969.
- [26] KORGANOFF et Pavel PARVU, *Méthodes de calcul numérique*, t. 2, Paris, Gauthier-Villars, 1967.
- [27] H. LEFEBVRE, *La vie quotidienne dans le monde moderne*.
- [28] LÉVI-STRAUSS, *La pensée sauvage*.
- [29] Norman MACRAE, Considérations sur l'évolution économique du monde durant les prochaines décennies, *Problèmes économiques*, n° 1269, avril 1972.
- [30] K. MARX, *Critique de l'économie politique*.
- [31] E. MENDEL, *La formation de la pensée économique de K. Marx*, Maspero, 1970.
- [32] M. D. MESAVORIC, D. ECKMAN, *On some basic concepts of the general system theory*, Case Institute of Technology, 1961.
- [33] O. MORGENSTERN, *Précision et incertitudes des données économiques*, Dunod, 1972.
- [34] O. MORGENSTERN, L'économie est-elle une science exacte ?, *La Recherche*, n° 18, décembre 1971.
- [35] Claude PONSARD, *L'imprécision et son traitement en analyse économique*, IME, Université, Dijon, septembre 1973.
- [36] G. RIBEILL, Systèmes : analyse et Théorie, *Système et formation*, n° 55, D. S. SEMA, mai 1972.
- [37] Daniel VILLEY et Colette NÈME, *Petite histoire des grandes doctrines économiques*, Editions Genin.

DEUXIÈME ET TROISIÈME PARTIES

- [38] R. U. AYRES, *Prévision technologique et planification à long terme*, Editions Hommes et Techniques, 1972.
- [39] Jean-Claude BLUET et Josée ZEMOR, Prospective géographique, méthode et direction de recherches, *Metra*, vol. IX, n° 1, 1970.
- [40] E. BOREL, *Traité du calcul des probabilités*.
- [41] M. DALKEY, *An elementary cross impact model. Technological forecasting and social change*, 1972.
- [42] Groupe de travail DATAR-SEMA, *Une image de la France en l'an 2000. Scénario de l'inacceptable*.
Documentation française, *Travaux et recherches de prospective*, n° 20.

- [43] A. DUVAL, E. FONTELA, A. GABUS, *Cross Impact. A handbook on concepts and applications*, Institut Battelle (Genève), Dematel Reports (1974).
- [44] J. EYMARD, Un modèle markovien d'impacts croisés, *Metra*, vol. XIV, n° 2, 1975.
- [45] J.-P. FLORENTIN, J.-M. ISAAC-DOGNIN, *Utilisation de l'analyse d'interaction (Gross impact analysis) dans la planification stratégique*, thèse de doctorat de 3^e cycle, Université de Paris IX Dauphine, juin 1973.
- [46] E. FONTELA, A. GABUS, Events and economic forecasting models, *Futures*, n° 4, août 1974.
- [47] T. J. GORDON, Initial experiment with the cross impact matrix method of forecasting, *Futures*, Guilford (Surrey, Great Britain, mars 1968).
- [48] HOWARD et JOHNSON, Somme computational aspects of cross. Impacts matrix forecasting, *Futures*, juin 1970.
- [49] E. JANTSCH, *La prévision technologique*, OCDE, 1967.
- [50] Julius KANE, *A primer for a new cross. Impacts language KSIM*, Technological forecasting and social change 4, 129, 142, 1972 ; *KSIM a methodology for interaction resource policy simulation*, Water Resources Research, février 1973.
- [51] Josée LANDRIEU-ZEMOR, Une méthode d'analyse prospective, son élaboration dans le cadre d'un scénario tendanciel français, *Metra*, vol. X, n° 4, 1971.
- [52] Programme écrit à la CISI par M. LIEUTAUD d'après un algorithme de Ravindran, *Communications of the ACM*, vol. 15, novembre 1972.
- [53] J. M. McLEAN, SHEPHERD, R. C. CURNON, *An empirical investigation into systematics, the study of the behaviour of large complex systems*, November 1974.
Project on structural modelling, April 1975, Science Policy Research Unit, Sussex University (G.-B.).
- [54] C. MAESTRE, *Analyse du système scientifique national*, Communication présentée au Colloque international sur l'analyse de système, OCDE (Paris, 22, 23, 24 octobre 1973), ainsi que les autres communications présentées à ce colloque dont notamment :
J. MICHEL, *L'analyse structurelle et la définition d'une politique de la recherche en matière d'habitat*, Plan construction.
V. LEMIEUX (Canada), *Analyse des relations de puissance*.
- [55] P. ROBERTS, *Pulse Processes on signed digraphs a tool for analysing energy demand*, NSF 5926-5927, mars-avril 1972.
- [56] R. SAINT-PAUL et P.-F. TENIÈRE-BUCHOT, *Innovation et évaluation technologiques*, Paris, Entreprise moderne d'Édition, 1974.

- [57] P.-F. TENIÈRE-BUCHOT, Modèle Popole, *Analyse et Prévision*, SEDES, février-mars 1973.
- [58] A. TIANO, *La méthode de la prospective*, Dunod, 1974.
- [59] J. VILLE, *Etude critique de la notion de collectif*, Paris, Gauthier-Villars, 1937.
- [60] I. PRIGOGINE, *Order by fluctuations and the social system*, Faculté des Sciences, Université libre de Bruxelles.
Voir aussi, *Physique et Métaphysique*, conférence donnée à l'Académie Royale de Belgique, à l'occasion de son bicentenaire, 1973.
- [61] R. THOM, *Stabilité morphogénèse. Essai d'une théorie générale des modèles*, Paris, Ediscience.
Voir aussi l'article de J. DURAND, Prospective, discontinuité et instabilité, *Futuribles*, n° 4, 1975.
- [62] J.-C. DUPERRIN, M. GODET, *Méthode de hiérarchisation des éléments d'un système. Essai de prospective du système de l'énergie nucléaire dans son contexte sociétal*, rapport économique du CEA, R 4541, Paris, décembre 1973.
- [63] J.-C. DUPERRIN et M. GODET, Prospective des systèmes et construction de scénarios à partir d'une nouvelle méthode d'impacts croisés. SMIC 74, *Metra*, vol. XIII, n° 4, 1974 (en anglais *Futures*, August 1975).
- [64] J.-C. DUPERRIN, M. GODET et L. PUISEUX, *Les scénarios du développement de l'énergie nucléaire à l'horizon 2000*, rapport économique CEA, R-4684, Paris, juillet 1975.
- [65] M. GODET, Les scénarios du transport aérien à l'horizon 1990 : analyse stratégique par la méthode SMIC 74, *Metra*, vol. XIV, n° 1, 1975 (en anglais *Technological Forecasting and Social Change*, fin 1976).
- [66] MITCHELL et TYDEMAN, A note on SMIC 74, *Futures*, February 1976.
- [67] J.-C. DUPERRIN et M. GODET, *Prospective des systèmes*, Bibliothèque des thèses, Faculté des Sciences, Paris VI.
- [68] M. GODET, SMIC, A reply from the authors, *Futures*, August 1976.
- [69] J.-F. LEFEBVRE, Une méthode d'analyse structurelle, *Metra*, vol. XIV, n° 4, 1975.
- [70] R. DURAND, Delphi et prospective de l'hydrogène, *Metra*, vol. XIV, n° 4, 1975.

SUP

SECTION « L'ÉCONOMISTE »

- | | |
|----|--|
| | André CHAINEAU |
| 1 | Mécanismes et politique monétaires |
| | René LECLÈRE |
| 2 | Les méthodes d'organisation et d' « engineering » |
| | Jean FOURASTIÉ et Jean-Paul COURTHÉOUX |
| 3 | La planification économique en France |
| | André TIANO |
| 4 | Le développement économique du Maghreb |
| | Alexandre LAMFALUSSY |
| 5 | Les marchés financiers en Europe |
| | Geoffroy d'AUMALE |
| 6 | La programmation des décisions |
| | Alain WOLFELSPERGER |
| 7 | Les biens collectifs |
| | Francis-J. FABRE |
| 8 | Le contrôle des finances publiques |
| | Elias GANNAGÉ |
| 9 | Financement du développement |
| | Marceau LONG et Laurent BLANC |
| 10 | L'économie de la fonction publique |
| | Jean-Claude CHOURAQUI |
| 11 | Le marché monétaire de Londres depuis 1960 |
| | Louls FORTTRAN et Gérard KLEIN |
| 12 | L'épargne des ménages |
| | Jean PARENT |
| 13 | La concentration Industrielle |
| | Georges GALLAIS-HAMONNO |
| 14 | Les sociétés d'investissement à capital variable (SICAV) |
| | Edward AMES |
| 15 | Introduction à la macroéconomie |
| | Jean VINCENS |
| 16 | La prévision de l'emploi |
| | Guy CAIRE |
| 17 | Théorie et pratique de la politique des revenus |

- 18** Pierre-Henri DERYCKE
L'économie urbaine
- 19** Celso FURTADO
Théorie du développement économique
- 20** Emil-M. CLAASSEN
Analyses des liquidités et théorie du portefeuille
- 21** Gilles-Y. BERTIN
L'investissement public international
- 22** Raymond BERTRAND
Economie financière internationale
- 23** Hubert LÉVY-LAMBERT et Henri GUILLAUME
La rationalisation des choix budgétaires
- 24** André PAGE
L'économie de l'éducation
- 25** Henri VIAUX
Le marché monétaire de Paris
- 26** N. TIEN PHUC et Gilbert DENNERY
L'économie des télécommunications
- 27** Joseph KLATZMANN
Les politiques agricoles
Idées fausses et illusions
- 28** Pierre JARDILLIER
La gestion prévisionnelle du personnel
- 29** Günter SCHMÖLDERS
Psychologie des finances et de l'impôt
- 30** Suzanne de BRUNHOFF
La politique monétaire
Un essai d'interprétation marxiste
- 31** Claudine MARENCO et Jacques URVOY
Les ordinateurs dans la société
- 32** Geoffrey BELL
Les marchés d'eurodevises
- 33** Henri CULMANN
Comptabilité fondamentale
- 34** Guy de LACHARRIÈRE
La stratégie commerciale du développement
- 35** Jean-Charles HOLL, Jean-Pierre PLAS et Patrick RIOU
Les choix d'investissement dans l'entreprise
- 36** Jean-Louis GUGLIELMI
Les expériences de la politique monétaire

- 37 Pierre LE ROY
L'avenir du Marché commun agricole
- 38 Henry MAHÉ
Le marché des antiquités en France
- 39 André GRJEBINE et Tovy GRJEBINE
La réforme du système monétaire international
- 40 Robert TOULEMON et Jean FLORY
Une politique Industrielle pour l'Europe
- 41 Yves LAULAN
Le Tiers Monde et la crise de l'environnement
- 42 Pierre-Louis REYNAUD
Précis de psychologie économique
- 43 Jean-Pierre LAFFARGUE
Les investissements américains dans les pays industrialisés
- 44 Bertrand MUNIER
Introduction à la microéconomie
- 45 Jacques VANDAMME et Maurice GUERRIN
La réglementation de la concurrence dans la C.E.E.
- 46 Jean-Claude PERRIN
Le développement régional
- 47 Edmond ALPHANDÉRY et Georges DELSUPEHE
Les politiques de stabilisation
- 48 Serge LATOUCHE
Le projet marxiste
Analyse économique et matérialisme historique
- 49 Pierre MAILLET
La construction européenne
Résultats et perspectives
- 50 Jean-Claude DERIAN et André STAROPOLI
La technologie incontrôlée ?
- 51 Daniel VITRY
La fiscalité directe dans la croissance de l'entreprise
- 52 Jean-Claude STORA
Le marché financier américain
- 53 Daniel STRASSER
Les finances de l'Europe
- 54 Gilles-Y. BERTIN
Les sociétés multinationales
- 55 Xavier GREFFE
La politique sociale
Etude critique
- 56 Daniel F. DOLLFUS
Changer l'entreprise par la promotion de l'homme

- 57** Sylvain WICKHAM
Vers une société des consommateurs
- Pierre AUDIGIER et Francis LATAPIE
58 **Télévision et télécommunications aux Etats-Unis**
- Alec CAIRNCROSS, Herbert GIER SCH, Alexandre LAMFALUSSI,
Giuseppe PETRILLI, Pierre URI
59 **Stratégie pour l'Europe**
- Jacques BOURRINET
60 **La coopération économique eurafricaine**
- Bernard GUILLOCHON
61 **Théories de l'échange international**
- Michel BEGUERY
62 **L'exploitation des océans : l'économie de demain**
- Kenneth ARROW
63 **Les limites de l'organisation**
- Michel GARCIN
64 **Une stratégie d'exportation pour l'entreprise**

L'histoire économique récente est marquée par de fréquentes erreurs de prévisions ; la répétition de ces erreurs et notamment l'absence de prévision des crises économiques expliquent la crise de la prévision et l'essor de la prospective.

Les praticiens des entreprises et des administrations, les universitaires et plus généralement tous ceux qui doivent sinon établir des prévisions du moins s'en servir ou y réfléchir sont amenés un jour ou l'autre à se poser les questions suivantes :

- quelles sont les causes des erreurs de prévision ?
- que peut-on attendre des modèles économétriques ?
- en quoi la prospective diffère-t-elle de la prévision ?
- où en sont les nouvelles méthodes prospectives (analyse structurelle, impacts croisés, scénarios) et quel est leur apport ?
- une synthèse est-elle possible entre les approches « littéraire » et « formalisée » ?
- que faut-il penser des modèles mondiaux ?
- finalement quel est l'avenir de la prospective ?

A toutes ces questions ce livre apporte des réponses d'autant plus pertinentes qu'elles sont le fruit d'une longue pratique des études prospectives dans des domaines aussi divers que l'énergie, le transport, l'agriculture, les relations internationales, etc.

Au-delà de la réflexion théorique et de l'exposé méthodologique, cet ouvrage comprend aussi des études de cas et propose notamment une nouvelle lecture rétrospective et prospective de la crise énergétique à la lumière de la stratégie des acteurs en présence.

Docteur d'Etat ès Sciences économiques, docteur en Sciences, Michel Godet est ingénieur en chef responsable de SEMA-PROSPECTIVE au sein du groupe METRA International.

OU MGO 2