

Revue Internationale de

ISSN 0980-1472

systemique

Vol. 5, N° 2, 1991

afcet

Dunod

AFSCET

Revue Internationale de
systemique

Revue
Internationale
de Sytémique

volume 05, numéro 2, pages 143 - 155, 1991

La dynamique des systèmes en France

Michel Karsky

Numérisation Afscet, août 2017.



Creative Commons

LA DYNAMIQUE DES SYSTÈMES EN FRANCE

M. KARSKY

K.B.S.¹

Résumé

Dans ce deuxième exposé nous parlerons au présent et non plus au futur, nous ferons le point de la situation, des réalisations, des succès de la Dynamique des Systèmes en France, mais nous analyserons aussi quelques unes des difficultés pratiques auxquelles elle se heurte. L'exposé comportera trois parties :

- l'enseignement de la D.S.;
- les applications pratiques, en particulier au sein de l'industrie;
- un exemple d'application réussie, montrant certaines des difficultés pratiques d'utilisation de la D.S.

Abstract

This paper describes the cyclic development of System Dynamics in France, with teaching and practical application activities operating, up until recently, practically in counter phase. An example of one such application is briefly shown; it concerns recent and present developments of an Oil Market model, and its application to the 1990 Gulf crisis.

1. L'enseignement

Il n'est pas exagéré de dire que l'enseignement et la pratique de la Dynamique des Systèmes se sont trouvés jusqu'à présent, en France, en opposition de phase.

Très prisée dans l'enseignement supérieur au cours des années 70 (Universités : Paris Dauphine, IAE, Grenoble, MIAGE Toulouse, etc., Grandes Écoles : Sup Aéro, INSTN, IEE, ...), alors même que seule la société

1. 340, rue Saint-Jacques, 75005 Paris.

ELF Aquitaine tentait d'en développer l'utilisation pour des besoins internes, la Dynamique des Systèmes a perdu une partie de son attrait auprès des étudiants pendant qu'elle gagnait ses lettres de noblesse au sein de l'industrie ou de certains organismes publics: Aérospatiale (cf. communication de B. Allard), Renault (J. Cl. Vessillier), EDF, Pechiney, ELF Aquitaine, CNRS.

Entre 1983 et 1988, on a pu assister à une nette diminution de l'enseignement de la D.S., pour des raisons à la fois structurelles et conjoncturelles, dont nous nous contenterons de citer quelques-unes des plus apparentes :

a) Ce phénomène d'opposition de phase entre offre sur le marché du travail (étudiants connaissant la D.S. et proposant de l'appliquer) et demande (recherche de spécialistes par l'industrie) suffirait en lui-même pour expliquer le piètre fonctionnement de n'importe quel système. Placés devant le constat d'un manque de jeunes « dynamiciens » compétents, les utilisateurs potentiels se lassent et se tournent vers d'autres méthodes ou... vers l'absence de toute approche sérieuse d'analyse. Après quoi ce sont les étudiants ayant acquis des compétences en D.S. qui se découragent de chercher un travail dans ce domaine à une époque où l'offre a disparu. Ce découragement se transmet aux responsables des programmes d'enseignement qui préfèrent mettre en place des thèmes plus porteurs, plus à la mode (je me suis personnellement trouvé en concurrence, en tant qu'enseignant de D.S. dans une université parisienne connue, avec un cours sur « les retombées économiques du sport ». On s'en doute, j'en suis sorti perdant!).

Pourtant, l'absence de spécialistes compétents n'amène pas la disparition de la Dynamique des Systèmes. Car les problèmes subsistent (en économie, en management, en sociologie), la réalité continue à évoluer d'une manière pas toujours compréhensible, le besoin d'une approche type D.S. renaît (il n'a jamais disparu, mais on a cru pouvoir s'en passer!), on cherche à nouveau des « Dynamiciens des Systèmes », on le fait savoir aux professeurs, ... et le cycle reprend.

b) Compte tenu d'une situation, assez particulière à la France semble-t-il, où le développement de la D.S. est plus important en milieu industriel qu'au sein de l'université, les enseignants potentiels ayant une expérience en la matière sont peu disponibles, sinon pour faire de temps à autre une conférence. L'absence relative d'universitaires prêts à consacrer un temps important à la création d'un cursus de D.S. a été, sinon un frein, tout au moins une force manquante dans la structure nécessaire au développement potentiel de cette science.

c) A la décharge des enseignants dont nous venons de regretter l'absence, il faut dire qu'il n'est pas aisé de développer un cursus de Dynamique des

Systèmes. Faut-il faire un cours général, philosophique, « systémique », ou au contraire enseigner une technique de programmation en un langage spécifique, de manière à donner l'impression aux étudiants qu'ils ont acquis une technique « vendable » sur le marché du travail? Faut-il montrer surtout des applications réelles – ce qui pour un spécialiste requiert le moins d'effort – pour intéresser les étudiants sans leur donner les moyens de refaire un travail semblable?

Je ne connais pas de réponse idéale à ces questions concernant un cursus d'enseignement de la D.S. Quelques uns d'entre nous, pour échapper à ce dilemme, peut-être aussi pour s'auréoler d'une gloire dangereuse, considèrent la Dynamique des Systèmes comme un art qu'on ne peut transmettre que de Maître (au sens des peintres du Moyen Age) à disciple. Malheureusement certains utilisateurs potentiels sautent le pas et, refusant de voir l'intérêt d'une science basée sur une compréhension intuitive des choses, nous considèrent surtout comme des sorciers!

Qu'en est-il de la situation actuelle de l'enseignement de la Dynamique des Systèmes en France? Il semble que nous nous trouvions à nouveau dans une phase croissante du cycle, avec quelques nouveaux enseignements (cours, conférences ou TP) dispensés au niveau universitaire ou des grandes Écoles d'Ingénieurs. Citons (la liste n'est pas exhaustive) :

IAE Paris
 ENSAE (Sup Aero Toulouse : Maîtrise)
 ENSTA
 École Centrale (Maîtrise)
 École des Mines de Nancy
 Université d'Aix, Université Lyon 2
 ESE (Sup Elec Rennes)
 IIE

Si cette tendance se confirme, si l'on voit dans quelques temps apparaître de jeunes « spécialistes » de Dynamique des Systèmes (qui tout au moins n'en ignoreront ni l'existence ni l'intérêt), notre effort devra se porter rapidement sur l'aspect *demande*, c'est-à-dire sur le développement d'applications pratiques de cette science au sein des grandes industries, administrations, etc. C'est cet aspect que nous allons résumer ci-après, sachant que d'autres utilisateurs (B. Allard, Aérospatiale; J. Cl. Vessillier, Renault) compléteront notre présentation.

2. Les applications pratiques

Elles se situent, en France, essentiellement au niveau des grands groupes industriels : Aérospatiale, EDF, ELF Aquitaine, Pechiney, Renault.

C'est d'abord au sein de ELF Aquitaine que la D.S. a été, dès 1974, introduite et utilisée dans divers domaines, tels que :

- ÉCONOMIE :** dynamique de marchés :
- pétrolier,
 - agro-alimentaires, etc.;
- développement de produits nouveaux (matériaux composites, etc.).
- SOCIO-ÉCONOMIE :** relations de travail dans un contexte industriel spécifique (raffineries).
- MANAGEMENT :** gestion de projets;
structures d'information;
exploration - production pétrolière.

Là aussi on voit apparaître des cycles de développement-récession dont la période semble être de 10 à 12 ans : phase croissante de 1976 à 1982, décroissante de 1982 à 1988, reprise en 1989.

En 1982 par exemple, 4 ingénieurs (aidés de 3 thésards et une dizaine de stagiaires) développaient et/ou exploitaient chacun 2 à 3 projets/an. En 1988 ce nombre était tombé à 1/2 ingénieur pour 1,5 projet, pour reprendre en 1989-1990 avec plusieurs applications essentiellement économiques.

Laissant à d'autres le soin d'exposer les travaux en D.S. au sein de l'Aérospatiale et de Renault, nous nous contenterons de citer les travaux effectués chez Péchiney (1983-1984) sur le marché de l'Aluminium et à l'EDF (1985-1988) sur divers thèmes dont la Bi-Énergie et les problèmes liés aux contraintes de désulfuration.

Tous les modèles réalisés dans le but d'appréhender la dynamique d'un système donné, ne sont pas systématiquement exploités, tant s'en faut. On ne connaît pas la recette qui permettrait de passer de manière certaine du stade de développement à celui d'une exploitation relativement fréquente, efficace et reconnue. Citons quelques-unes des difficultés que nous avons rencontrées à « vendre » certaines de nos études, de nos modèles pourtant réputés fiables.

1. Les modèles de Dynamique des Systèmes sont complexes car ils représentent non pas une, mais plusieurs réalités successivement possibles. Il existe un fossé entre le concepteur qui tend à vouloir exposer toutes les possibilités de son modèle, toutes ses capacités, ses « astuces », l'ensemble des scénarios imaginables, et l'utilisateur potentiel, lié au présent, vite perdu dans les méandres des variables, des relations causales et des centaines de résultats potentiellement passionnants mais qui finissent vite par tous se ressembler.

2. Ce caractère de complexité des modèles de D.S. est particulièrement vrai lorsqu'il s'agit de problèmes industriels pour lesquels la simplification à outrance pour des raisons didactiques n'est pas acceptée. Et il est vrai que pour l'instant, les outils manquent qui permettraient une utilisation plus souple, une explication plus simple du mode opératoire, qui aideraient à transmettre aisément et de manière fiable le contenu et les résultats de nos modèles.

3. Ceux-ci paraissent d'autant plus compliqués que jusqu'à présent ils étaient destinés à être utilisés non pas comme des outils fournis clefs en main, avec mode d'emploi simple, mais comme une aide à la réflexion, à la compréhension des phénomènes, à la décision raisonnée. L'exemple que nous donnons plus loin montre bien les difficultés auxquelles nous nous heurtons quant à la diffusion et l'exploitation de nos travaux. Disons, pour résumer ce point, qu'au grand regret de la plupart des décideurs, nos analyses, nos modèles ne sont pas destinés à jouer le rôle de devins, à répondre à la question unique « que va-t-il se passer? ». S'ils peuvent effectivement apporter une pierre importante à l'édifice de la compréhension des processus dynamiques (en cela, la pérennité de la Dynamique des Systèmes — sous cette appellation ou sous une autre — est assurée), ils obligent avant toute chose à définir les bonnes questions, celles dont dépend effectivement l'évolution des phénomènes étudiés, celles que trop souvent on n'ose ni on ne sait poser.

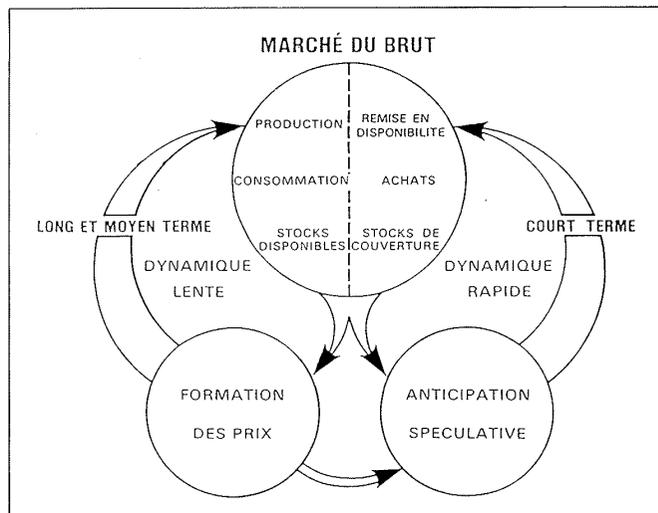
C'est ce thème des « bonnes questions » que nous allons développer dans la troisième partie de notre exposé, à travers un exemple d'application en cours.

3. Un exemple d'application

Un modèle déjà ancien, MARPET, représente la (les) dynamique(s) du marché mondial du brut. Ce travail a été présenté par ailleurs et donnera lieu bientôt à une publication détaillée et sans doute finale. Nous n'en donnerons donc qu'une présentation très générale et succincte, mais nous exposerons les derniers résultats obtenus, qui illustrent assez bien certaines difficultés rencontrées dans la diffusion d'un tel modèle.

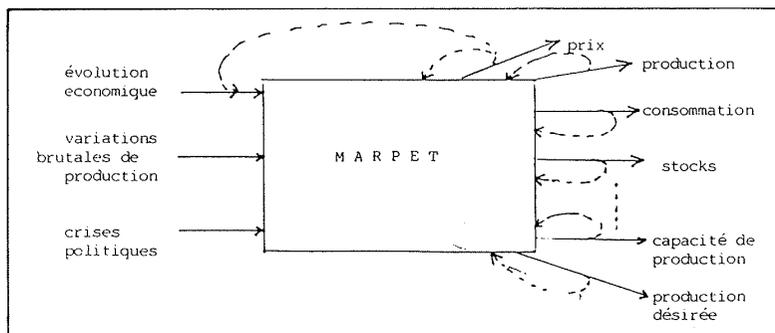
MARPET, qui vient de fêter son dixième anniversaire et qui continue à être maintenu et mis à jour, a été conçu peu après la Révolution iranienne, lors d'une croissance rapide des prix du brut. Ce modèle mono-marché (un producteur type, un consommateur et un seul produit) représente en détail les processus et les contraintes qui influencent ou restreignent l'évolution des prix, de la production, de la consommation, des stocks et couvertures, des capacités de production, des anticipations, des achats spéculatifs ou des

déstockages, etc., toutes variables de natures très diverses qui s'influencent mutuellement (plus ou moins selon circonstances et avec plus ou moins de retard) et qui constituent un « système » dont les dynamiques peuvent varier de quelques jours à plusieurs années (cf. schéma ci-après).



Pour représenter correctement l'évolution en tendance du marché (cf. figure ci-dessous), le modèle n'a nécessité, depuis dix ans, que fort peu de données d'entrée :

1. les écarts — réels ou anticipés — de production :
— 5 % pendant et après la révolution iranienne,



- 3 % pendant les premiers mois de la guerre entre l'Iran et l'Iraq,
- + 5 % pendant la tentative de reprise du marché par l'Arabie Séoudite (1985),
- 3,5 % actuellement (crise Irak-Koweït), avec plusieurs scénarios de reprise de la production;

2. les flambées d'inquiétude politique pendant la révolution iranienne, la guerre entre l'Iran et l'Irak et la crise du Golfe;

3. la croissance économique, se traduisant par une évolution lente de la demande pétrolière (le marché pétrolier réagissant lui-même, dans une certaine mesure, sur la croissance économique mondiale).

Naturellement, on pourrait agir aussi (scénarios divers) sur les nombreuses variables de « sortie » résultant du fonctionnement du modèle (prix, production, consommation, stocks, capacités de production, variables anticipées, achats de couverture, etc.), à condition de bien garder présent à l'esprit le fait que ces variables réagissent sur le fonctionnement du modèle et que toute action sur ces variables entraîne plus ou moins rapidement une réaction (ex. : modifier arbitrairement les prix — si on en a les moyens — génère de la part du marché des réactions sur la production et sur les achats qui, à terme, influenceront à leur tour les prix).

En octobre 1988, une nouvelle série de simulations montrait les conséquences probables d'une baisse de production telle que les décide périodiquement l'OPEP. Des simulations du même type précisait, en décembre 1988, l'évolution probable du marché, compte tenu des décisions prises par l'OPEP lors d'une réunion tenue début décembre (figure ci-après). Neuf mois plus tard, nous avons voulu vérifier la validité de nos « prévisions ».

Cette vérification s'est faite en trois temps :

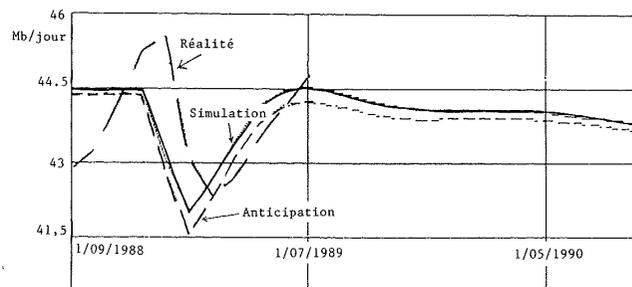
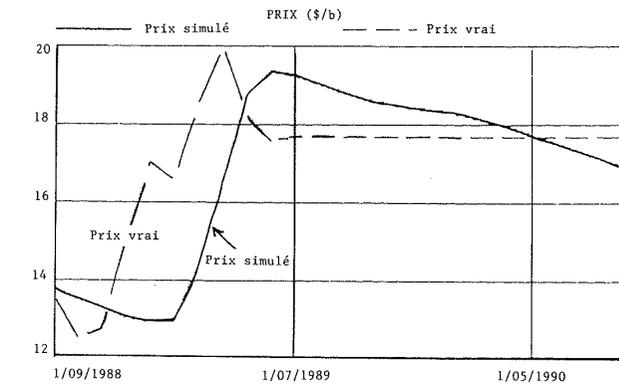
1. Comparaison réalité-prévisions

On constate une bonne prévision en tendance et en niveau, mais avec un décalage de presque 3 mois. Pourquoi ce décalage?

2. Analyse des hypothèses de simulation

La simulation effectuée début décembre 1988 était basée sur notre perception des décisions de l'OPEP et des réactions correspondantes du marché. Il s'avère, au vu des courbes historiques, que cette perception était incomplète :

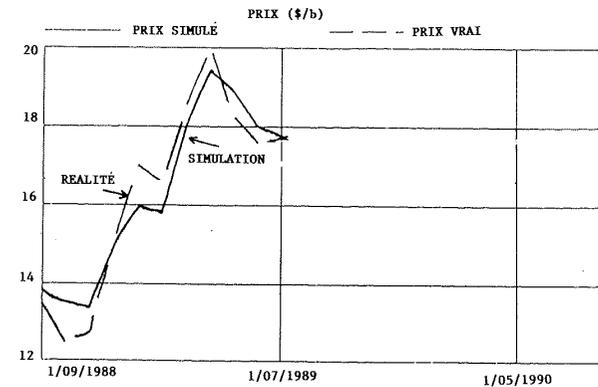
- la décision de l'OPEP de baisser les quotas de production n'a été effective qu'au bout d'un mois (janvier 1989 au lieu de décembre 1988);
- par contre cette réunion de l'OPEP et les décisions correspondantes ont été *anticipées* par le « marché pétrolier » : le prix du brut a commencé à



croître deux bons mois avant la réunion de décembre, réagissant par là à une anticipation de baisse de production. Or notre simulation, basée sur les hypothèses formulées par nos « clients », avait été effectuée en ne considérant aucune anticipation de la part du marché.

3. Réajustement des hypothèses

En retardant d'un mois la baisse de production, mais surtout en introduisant une anticipation de 2 mois quant au risque de baisse des quotas de production, on retrouve avec une précision inespérée la croissance effective des prix, le renversement de tendance vers mai-juin 1989, enfin la reprise de baisse des prix du brut (cf. figure ci-après).



4. Une aide à la prévision?

Nous aurions donc pu, semble-t-il, faire une prévision quasi-parfaite à court-moyen terme (6 mois) à condition d'introduire certaines hypothèses de scénarios, parfaitement réalistes et d'ailleurs réalisées, mais qui correspondent à un ensemble de questions-réponses que les experts et les décideurs n'ont pas l'habitude d'envisager, de poser, encore moins d'y répondre. Ces questions, dont certaines ont été effectivement posées, sont les suivantes :

- A quelle date l'OPEP appliquera-t-elle sa décision de baisse de production?
- Y aura-t-il discipline dans l'action de la part des membres de l'OPEP (le modèle permet d'envisager plusieurs types de réactions des producteurs)?
- Prévoyez-vous la décision de l'OPEP? Combien de temps à l'avance?

S'il est vrai que le marché a bel et bien *prévu cette baisse* et a réagi en conséquence, cette dernière question est particulièrement embarrassante pour la plupart des experts qui n'avaient jusqu'alors pas même envisagé son existence.

Et c'est là que l'on découvre à la fois un des intérêts majeurs de notre discipline, mais aussi une des limites pratiques actuelle à l'utilisation des modèles de D.S.

Ceux-ci apparaissent avant tout comme une aide à la réflexion en mettant en exergue les questions essentielles, les variables importantes, les paramètres sensibles (une sensibilité qui varie souvent au cours du temps) de ces systèmes dont l'analyse et la compréhension pose problème.

Dans l'exemple qui nous concerne, une bonne compréhension des phénomènes d'anticipation (mise en application des décisions à venir, évolution des

variables du marché, ...) est essentielle; elle est probablement inhérente à un grand nombre de décisions prises dans le domaine du marché pétrolier. Pourtant ces notions d'anticipations ne sont guère exprimées ouvertement, clairement, ni surtout quantitativement, et donnent lieu, lorsqu'on y fait référence, à des réponses étonnées et évasives. Bien des efforts restent à faire — mais ils sont indispensables au développement, à l'acceptation de la Dynamique des Systèmes — pour faire comprendre aux utilisateurs potentiels de nos travaux l'un des apports essentiels de la D.S., à savoir l'aide à la génération des bonnes questions, celles dont la réponse détermine les dynamiques des systèmes analysés, celles dont peut dépendre une analyse correcte des tendances à venir.

Quelques scénarios récents

Une fois n'est pas coutume, nous allons montrer quelques exemples actuels d'application pratique d'une analyse systémique d'un problème qui nous concerne tous (texte écrit en novembre 1990).

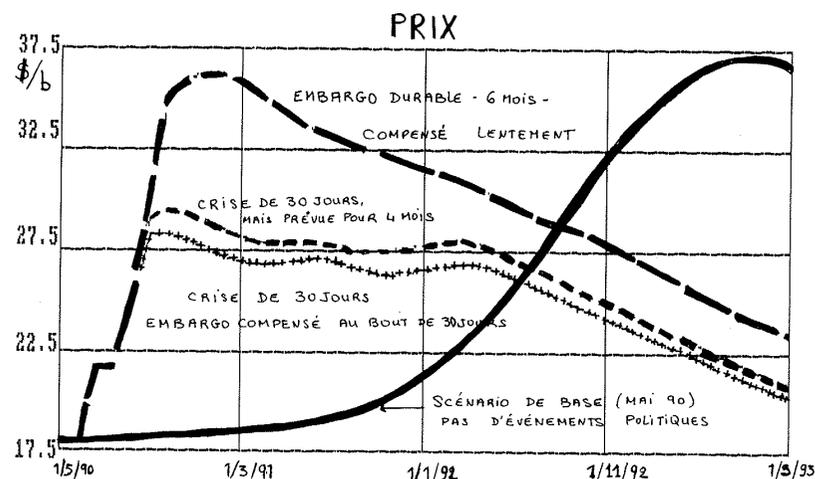
Tout au court de l'année 1990, MARPET a été fréquemment mis à contribution, avant comme pendant la crise du Golfe.

Avant la crise, en mai 1990, nous avons émis l'idée qu'en l'absence de tout événement politique majeur, seule la croissance économique mondiale pouvait influencer sur les prix du brut. Ceux-ci pouvaient au mieux être stables pendant 1 à 2 ans, au pire continuer à décroître lentement pendant la même période, mais à terme ces prix assez bas allaient entraîner une reprise lente mais continue de la demande, reprise qui, combinée à une baisse progressive des capacités réelles de production, rendait probable une forte remontée des prix (jusque vers \$ 40/baril) vers 1992-1994. Notons qu'une telle remontée des prix avait la « qualité » d'être naturelle, c'est-à-dire qu'elle aurait correspondu à une évolution long terme et difficilement réversible du rapport offre/demande.

La décision de l'OPEP d'augmenter arbitrairement en juin 1990 les prix d'environ \$ 4/baril n'aurait guère modifié le scénario final, mais l'aurait sans doute légèrement repoussé dans le temps (6 mois).

A partir d'août 1990, de nombreux scénarios ont été envisagés et analysés. Nous allons en présenter quelques-uns, dans le but de montrer l'utilité des modèles non seulement à donner certaines réponses mais surtout comme aide potentielle à la définition des bonnes questions.

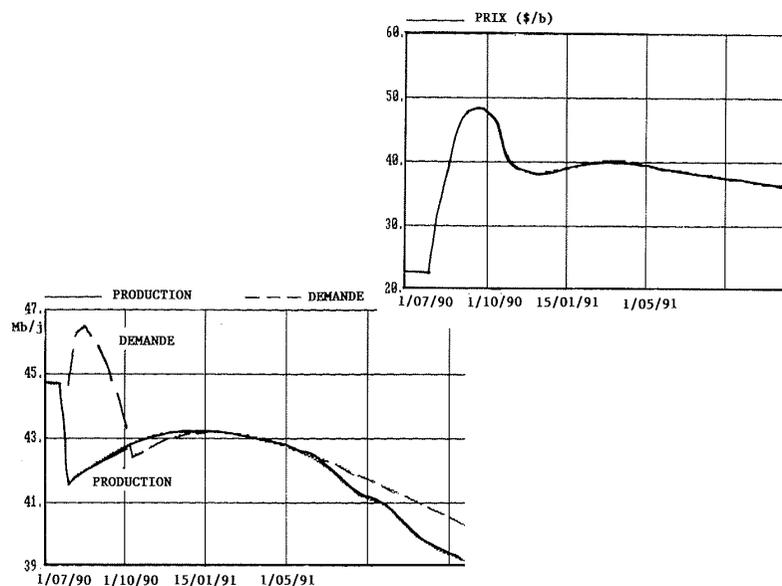
Au tout début de la crise du Golfe, les scénarios envisagés allaient d'une simple crise politique de quelques (deux à quatre) semaines sans baisse de production, à la même crise politique accompagnée d'une décision d'embargo



total sur le pétrole Irakien et Koweïtien, embargo rapidement compensé (en un mois) par les autres producteurs mondiaux et même contourné peu à peu par l'Irak (note KBS du 11/08/1990).

Avec ces hypothèses, les prix (correspondant à l'achat effectif de millions de barils de brut, et non de flambées spéculatives pouvant retomber aussi vite qu'elles ne sont apparues. Notre modèle est plus économique que financier) semblaient pouvoir monter jusqu'à \$ 30/baril, puis retomber presque aussi rapidement à cause, d'une part de la surproduction qui aurait suivi la fin, officielle ou non, de l'embargo, d'autre part du net tassement de la consommation dû à la montée des prix. Notons que celle-ci dépendait assez fortement de la durée de la crise de production (embargo d'une part, vitesse de compensation par d'autres producteurs de l'OPEP); en cas de compensation un peu lente ou d'embargo prolongé, les prix simulés pouvaient « flamber » jusque vers \$ 45/baril.

Ces scénarios, on le sait, furent tous optimistes, surtout quand à la durée de l'embargo et de l'importance de la crise politique. A partir de la fin août 1990, et surtout en septembre de cette même année, les hypothèses allaient dans le sens d'un embargo prolongé (90 à 180 jours), accompagné d'une forte inquiétude politique pendant plus de 3 mois.



Les prix simulés montaient alors jusque vers \$ 39/baril (plus encore en tenant compte des effets de spéculation financière), bientôt « suivis » par la réalité.

Toutefois, dans ces quelques lignes, notre but n'est pas d'analyser ces résultats mais plutôt de montrer quelques-uns des avantages, mais aussi des difficultés, que présentent de telles analyses et modélisations « systémiques ».

1. La nécessité de *poser la bonne question*, et en particulier d'oser envisager des scénarios « irréalistes ». Qui prévoyait, aux premiers jours d'août 1990, une crise pouvant durer plusieurs mois? Qui aurait cru, jusqu'à cette crise, que les prix pouvaient atteindre à nouveau et si vite, \$ 40/baril (en mai 1990, le scénario de base montré ci-dessus, et qui « prévoyait » une montée progressive vers \$ 40/baril à partir de 1992, avait été considéré par des experts comme irréaliste et très peu probable). Notons d'ailleurs que le modélisateur lui-même est souvent victime de son environnement immédiat; les résultats « aberrants » sont souvent rejetés par pudeur, par crainte du ridicule, par timidité devant des experts très au courant des derniers détails et développements conjoncturels (au dépend de la vision structurelle, hélas!).

2. La *perennité* de certaines dynamiques, de certaines tendances d'évolution.

Notre analyse montre, par exemple, certaines conséquences non immédiates, donc pas toujours clairement perçues, de la crise du Golfe, conséquences que l'on retrouve indépendamment des divers scénarios analysés :

« La montée des prix produit rapidement une forte baisse de la demande, alors même que risque de se desserrer (volontairement ou pas) le blocus de l'Irak et que l'OPEP compense de plus en plus activement le manque à produire initial (comme toujours, on aura du mal à arrêter cette compensation qui, compte tenu de la hausse des prix, vient à point pour bien des pays producteurs!). D'où une situation de surproduction qui risquerait d'apparaître en début 1991 et qui serait à l'origine d'une nouvelle période prolongée de baisse des prix du brut.

Cette situation de surproduction serait accentuée par un phénomène de déstockage d'autant plus fort qu'il résulterait d'une baisse de la demande, donc d'une baisse des stocks désirés. » (Note K.B.S. du 24/09/1990.)

Résultat logique des forces du marché, les événements du Moyen Orient « semblent devoir repousser sinon anéantir les tendances à la reprise de la demande pétrolière qui allaient aboutir, sans doute d'ici deux ou trois ans, à une forte remontée naturelle des prix... (après la flambée actuelle des cours), les événements (du Golfe) devraient être à l'origine, à moyen terme, d'une dynamique prolongée de baisse des prix ». (Note K.B.S. du 11/08/1990.)

Autre conséquence indirecte de cette nouvelle montée du prix du pétrole, les économies d'énergie et les énergies de substitution (nucléaire par exemple) vont redevenir à la mode, au dépend sans doute des dépenses consacrées à l'environnement (affirmation très mal reçue à ce jour!).

Conclusion

La Dynamique des Systèmes présente en France un développement cyclique où enseignement et application sont souvent en opposition de phase, pour des raisons avant tout structurelles.

A condition de faire une analyse correcte d'un tel système oscillatoire, il devrait être possible pour les dynamiciens des systèmes que nous sommes d'en modifier fondamentalement le comportement dynamique afin de mettre enseignement et application en phase. Parmi les tâches à accomplir dans ce sens, il faut montrer clairement – exemples et outils renouvelés à l'appui – les apports spécifiques de la Dynamique des Systèmes.

Parmi ceux-ci, la mise au clair des questions importantes, indispensables à une bonne compréhension des phénomènes, constitue à la fois un handicap à la diffusion de notre approche, mais aussi potentiellement un de ses atouts les meilleurs.