



MODÉLISATION EN DYNAMIQUE DES SYSTÈMES DE LA FILIÈRE BOIS-PAPIER-CARTON

Valérie GACOGNE (IMTL), Christian CALZADA

L'objet de ce travail sur la filière bois-papier-carton était de construire un modèle explicatif sur la base de cas réels de l'évolution de la filière en France à l'horizon de vingt-cinq ans, et plus particulièrement de la fabrication de pâte à papier, avec ce que cela peut impliquer au niveau des flux transports.

La dynamique des systèmes complexes

Le principe de la dynamique industrielle est de simuler l'évolution continue des phénomènes (techniques de simulation) [voir bibliographie]. La dynamique des systèmes complexes analyse les forces qui causent le changement de comportements de systèmes dont la structure et les frontières peuvent évoluer au cours du temps. Formellement ces modèles sont dits « bouclés » car ils comprennent des boucles internes de rétroaction d'information (feed-back) ou encore cercles vertueux ou vicieux, qui proviennent de variables qui interagissent entre elles, d'où la notion de système. La question fondamentale posée est : comment le système étudié va-t-il évoluer dans le temps ? [les simulations ont été menées à l'aide du logiciel de dynamique des systèmes Stella®]

Une démarche en deux grandes étapes

L'objectif de cette étude a consisté à observer les évolutions des flux de pâte à papier en France, selon divers scénarios. Ces simulations ont été réalisées sur une durée de vingt-cinq ans.

Dans un premier temps, il s'est agi de mettre en évidence, au cours d'une activité de recherche et de compilation d'informations, notamment à partir de la passation de questionnaires dits logistiques auprès de responsables logistiques des usines de papeterie et de transformation, les facteurs propres à cette filière, qui pourraient être à l'origine de l'évolution des structures de production. Les flux peuvent en effet être considérablement modifiés de ce fait, en fonction des incidences sur la fabrication de pâte à papier marchande en France (destinée donc à être vendue), ou au contraire sur l'intégration de sa fabrication (la pâte est transformée en papier dans la même usine), ou encore sur la nécessité d'en importer. Les volumes transportés ne sont pas simplement liés à la production de papier et à une situation économique générale, mais également à une organisation de la production qui dépend de paramètres inhérents à cette filière.

La « sous-filière » papier

Le papier-carton est considéré comme une « sous-filière » de la filière bois. Cette sous-filière comprend la fabrication de pâte à papier à partir de bois ou de vieux papiers, la fabrication du papier dit « en l'état » et enfin les articles en papier et carton. Le bois de trituration provient des bois d'éclaircies, sous forme de rondins ou plaquettes, et des produits connexes des scieries (dosses, délignures). En 1996, le bois a constitué 51 % des approvisionnements de la première transformation ; le reste se compose de fibres cellulosiques de récupération (vieux papiers recyclés), dont la part ne cesse de progresser. Le papier dit « en l'état » se présente sous forme de bobines ou coupé selon des dimensions adaptées à la dernière transformation. Il existe quatre grandes sortes de papier, les principales étant l'impression-écriture et les emballages, avec une production qui représente en 1996 respectivement 46 % et 45 % de la production totale de papier en tonnes.

Dans le modèle, le terme pâte à papier fera référence uniquement à la pâte de bois, c'est-à-dire fabriquée non pas à partir de vieux papiers mais de bois de trituration. Quant à la production de papier, seul le papier en l'état, issu de la deuxième transformation, a été considéré.

D'après la COPACEL (Confédération Française de l'Industrie des Papiers, Cartons et Celluloses), l'industrie des papiers-cartons comptait, en 1996, 110 entreprises et 141 usines, avec une capacité de production de 10 800 Kt. Le taux de croissance annuel moyen de la production s'élève, entre 1986 et 1996, à 4 %.

Quant à la consommation, son taux de croissance est évalué à 3 % sur le long terme. L'industrie française couvre ainsi actuellement environ 90 % de sa consommation. Cependant, près de la moitié est exportée, essentiellement à destination de l'Union européenne, avec laquelle la France effectue 85 % de ses échanges.

L'industrie papetière a beaucoup évolué au cours de ces quinze dernières années, avec de nombreuses fusions et acquisitions favorisées par des investissements unitaires croissants. Le coût de certaines machines, dotées d'une capacité de production de 200 000 tonnes par an, peut atteindre 2,5 milliards de francs. Près de 40 % des entreprises françaises sont aujourd'hui sous le contrôle de grands groupes étrangers tels que Smurfit (Irlande), International Paper (Etats-Unis), UPM-Kymmene (Finlande), Cascades (Canada), Kimberly Clark (Etats-Unis), etc. La taille moyenne des entreprises françaises reste encore modeste face aux producteurs américains et scandinaves, laissant présager d'autres restructurations, dans cette industrie très capitalistique. En outre, l'une des caractéristiques de l'industrie papetière française est l'absence d'intégration verticale, en amont avec la fabrication de pâte et surtout l'exploitation forestière et également en aval avec la transformation du papier en produit fini et la distribution.

Production et consommation de pâte à papier

Comme nous l'avons déjà précisé, le terme pâte à papier recouvre exclusivement ici la fabrication de la pâte à partir de bois. Le marché de la pâte à papier est un marché mondial cyclique, qui réagit vivement aux variations de la consommation et aux problèmes de sur-capacités et de sous-capacités de production au niveau mondial. Les stocks Norscan, constitués par la pâte nord-américaine et scandinave non vendue, constituent une référence. Dès qu'ils augmentent, en principe au-delà de 1,4 ou 1,5 millions de tonnes, les prix baissent, et inversement. Ces cycles sont amplifiés en raison des comportements spéculatifs à l'achat. Cependant, de temps à autre, lorsque les prix ont beaucoup fléchi, les producteurs s'organisent en réduisant les taux d'utilisation de leurs unités de production. Le marché mondial de la pâte vit actuellement une surcapacité de production, qui a tendance à le désorganiser. L'industrie des pâtes comprend actuellement en France dix-huit entreprises et vingt usines. Trois d'entre elles produisent uniquement de la pâte marchande, c'est-à-dire destinée à être vendue aux usines de papeterie. Il s'agit de Tartas, Cellurhône et Pyrenecell, ainsi que Greenfield, située à Château-Thierry et bientôt exploitée, mais qui ne produira que de la pâte à partir de fibres cellulosiques de récupération. Les autres sont soit intégrées, soit partiellement intégrées, autrement dit tout ou partie de la pâte fabriquée est transformée en papier sur le même site. En 1996, on a produit 2 500 Kt de pâte à papier et importé près de 2 000 Kt. Quant aux exportations, elles sont modestes, de l'ordre de 360 Kt. La pâte importée provient essentiellement d'Amérique du Nord et de Scandinavie, qui restent encore aujourd'hui les principaux producteurs malgré l'émergence de pays en développement situés notamment en Amérique du Sud (Brésil, Chili, Argentine) et en Asie du sud-est (tel l'Indonésie). Les importations s'effectuent essentiellement par voie maritime, les quatre ports français (La Rochelle - 436 068 tonnes, Boulogne - 349 463 tonnes, Rouen - 247 199 tonnes, Sète - 178 174 tonnes) qui représentent 68 % des volumes importés en 1995 et Anvers sont les principaux ports d'importation de pâte en France.

La faiblesse relative de la production française est due aux approvisionnements en bois peu compétitifs, en raison des coûts d'exploitation (50 % du coût total), ce qui peut paraître contradictoire dans un pays qui possède quinze millions d'hectares d'espaces boisés. Les arguments avancés sont souvent un morcellement de la forêt, caractérisée par un taux élevé de la propriété privée (70 % de la surface), et une seule forêt industrielle : les Landes, d'où une disparité des essences qui n'est pas favorable à la fabrication de pâte. Certaines de ces caractéristiques ne sont pas propres à la France et ces coûts d'exploitation élevés tiennent également à l'organisation des exploitants forestiers et de la filière amont.

Description du modèle

Le fonctionnement de l'ensemble de la filière est analysé en douze blocs, reliés entre eux par l'intermédiaire d'une ou de plusieurs variables. Ils sont intitulés de la manière suivante :

- offre - demande de papier,

LOGISTIQUE

- offre - demande de pâte de bois [voir schéma],
- bois (offre, demande, coût) [voir schéma],
- production de petites et moyennes papeteries,
- production de grandes papeteries,
- prix et coût du papier,
- production de pâte de bois intégrée,
- marché mondial de pâte de bois,
- une usine (usine 1) de pâte à papier partiellement intégrée,
- trois usines de pâte marchande (usine 2, usine 3, usine 4).

Ces blocs qui forment en réalité un tout, vont être explicités de manière à en comprendre le fonctionnement et les relations importantes qu'ils comportent.

Le bloc offre - demande de papier

Ce bloc est composé de relations simples. Néanmoins la variable issue de la comparaison de l'offre et de la demande est essentielle car elle aura des incidences sur les décisions d'investissement des usines et sur les prix. La présence d'une variable appelée « autres marchés » permet d'ouvrir aux producteurs un marché qui ne serait pas limité à la seule dimension du marché français, tout en sachant que les échanges, tant du point de vue des importations que des exportations, sont déjà développés avec l'Union européenne. Cependant, ces échanges ont tendance à se compenser ou à être actuellement déficitaires. Il n'est pas improbable d'imaginer des possibilités nouvelles d'exportation à destination de l'Europe de l'Est, dès lors que les producteurs sur le territoire français auront les moyens d'augmenter de manière conséquente leurs capacités de production. Cette région, tout comme l'Asie, possède un fort potentiel de croissance de la demande. La demande de papier varie en fonction de la croissance estimée de la population française, ainsi que du taux de croissance annuel moyen, qui est actuellement de l'ordre de 3 %. Ce taux tend à diminuer lorsque le marché parvient à maturité, avec une consommation « maximum » fixée à 330 kg par personne.

Le bloc offre - demande de pâte de bois

La demande de pâte est naturellement directement liée à la production de papier. Cependant, une partie de la production de la pâte étant intégrée, il faut considérer la demande de pâte marchande qui peut être satisfaite en partie par la production nationale, le reste étant importé. Quant au recyclage des vieux papiers, leur utilisation croissante diminue d'autant la demande totale de pâte. Le taux d'utilisation des fibres cellulosiques de récupération passe ainsi sur vingt-cinq ans de 49 % à 58 %. L'évolution de son utilisation a été déterminée de manière arbitraire car elle dépend des progrès techniques à venir et du type de papier qui sera fabriqué. Le papier journal et les emballages utilisent notamment beaucoup de fibres recyclées. Quoi qu'il en soit, la constatation actuelle est que la consommation de pâte de bois est sensiblement inférieure à celle du papier, du fait du recyclage des vieux papiers.

Le bloc bois

La production de pâte agit sur la demande de bois de trituration, qui est plus ou moins satisfaite par une offre constituée par les ressources de bois mobilisable. Ces ressources ont tendance à croître du fait des reboisements commencés en 1947, et devront continuer à progresser dans les quinze années à venir. Elles peuvent être également influencées par une variable dite « Massif Central », et sur laquelle on peut émettre des scénarios selon que l'on décide ou non d'y aménager des infrastructures en créant des chemins de desserte et des places de dépôt pour le bois. Ce massif constitue en effet un potentiel important en bois d'industrie, difficile à évaluer, mais peu exploité.

Quant au coût du bois, sa structure actuelle est la suivante : 50 % de coûts d'exploitation, 35 % de coût de transport, 15 % de coût du bois sur pied. Les coûts d'exploitation feront l'objet de scénarios en fonction de l'aptitude des exploitants à réaliser des gains de productivité, actuellement indispensables pour l'industrie française de la pâte. Enfin, le coût de transport est fonction de la distance moyenne à parcourir qui, elle-même, dépend du volume moyen de production des usines de pâte. En effet lorsque ce volume augmente, les distances moyennes croissent car l'importance des quantités nécessite souvent de s'approvisionner dans plusieurs massifs.

**Les blocs
de production
des papeteries
et le bloc
prix et coût papier**

En 1996, on recensait 141 usines dans l'industrie des papiers-cartons, c'est-à-dire fabricant du papier « en l'état » et le transformant éventuellement ensuite en produit fini. Parmi ces usines, nous avons distingué les petites et moyennes des grandes en fonction de leur capacité de production. Leurs coûts de production, de même que leur capacité à investir ne sont pas comparables, et beaucoup de petites usines ne sont pas jugées aujourd'hui viables. Nous sommes partis du principe que 35 usines pouvaient être qualifiées de grandes avec des volumes annuels de production dépassant les 100 000 tonnes, et qu'elles étaient toutes considérées comme rentables.

Si la demande est supérieure à l'offre, les usines auront tendance à investir afin d'accroître leur capacité de production, qui elle-même agira sur la comparaison offre-demande papier. Enfin, si l'offre est supérieure à la demande, les usines seront contraintes d'ajuster leur production à la consommation en diminuant leur taux d'utilisation.

Le modèle fonctionne selon un raisonnement qui s'appuie sur une usine dont les caractéristiques sont des moyennes, d'où la distinction entre petites et grandes unités de production. Leurs coûts de production, bénéfiques et capacités à investir diffèrent.

La variation du volume de production entraînera une hausse ou baisse des coûts de production. Ces derniers agissent sur le prix du papier. Une usine qui réalise des gains de productivité aura tendance à diminuer ses prix de vente, ou éventuellement à répercuter des hausses. Mais la variable essentielle qui agit sur le prix est la comparaison offre-demande : une surcapacité de production pèse sur les prix tandis qu'une hausse de la demande insatisfaite engendre une augmentation.

**Le bloc
marché mondial
pâte de bois**

On a supposé que les capacités de production dépassaient la demande de pâte. Cet excédent de l'offre au niveau mondial correspond à la situation actuelle du marché. Dès que les stocks mondiaux (Norscan) dépassent 1,4 ou 1,5 millions de tonnes, les prix baissent et entraînent, à terme, une diminution du taux d'utilisation des capacités de production. Quant au coût moyen de la pâte, il influence le prix du marché.

**Le bloc
production
de pâte de bois
intégrée**

L'hypothèse retenue ici est que les entreprises ne pouvaient investir dans la fabrication de pâte que dans des usines de grande taille, en raison du coût élevé des machines. Ces entreprises décident donc d'investir d'une part si leurs bénéfiques le leur permettent et, d'autre part, en fonction de leurs besoins et de la comparaison du prix du marché et de leur propre coût de revient de la pâte. Cette comparaison constitue une variable essentielle car, en période haute des prix du marché de la pâte, les entreprises préféreront accroître leur production de pâte. Leurs bénéfiques seront ainsi répartis entre une augmentation de capacité de la production de pâte et de papier. Il est important de noter que la logique de fabrication de la pâte intégrée diffère de la pâte marchande. En effet, les usines de pâte exploitent ou non leur pleine capacité de production en fonction du taux d'utilisation déterminé par le marché mondial de la pâte. En revanche, les papeteries fabriquent la pâte dont elles ont besoin, c'est-à-dire en fonction de leur fabrication de papier ou en fonction du taux d'utilisation de leur capacité de production de papier si leur capacité de production de pâte est égale à celle du papier. Par ailleurs, le coût de la matière première des grandes papeteries dépendra à la fois du coût de la pâte intégrée (sans marge, ni coût de transport) et du prix de la pâte achetée selon les volumes consommés de chaque sorte. Tandis que les petites papeteries ne sont soumises qu'au prix du marché, les grandes doivent prendre en considération d'autres paramètres tels que le coût du bois rendu usine.

**Les blocs
de production
des usines de pâte**

Le principe de ces blocs est comparable à celui de la fabrication du papier. Les usines 2, 3 et 4 se distinguent uniquement par leur capacité de production, tandis que l'usine 1 possède une particularité supplémentaire. Elle est considérée comme une usine de pâte marchande, bien qu'elle approvisionne sur le même site une papeterie du même groupe. Elle est donc en fait partiellement intégrée et possède une capacité de production supérieure aux autres usines, de l'ordre de 300 000 tonnes par an. Celle-ci produit donc en partie de la pâte marchande

LOGISTIQUE

et en partie de la pâte intégrée, la répartition est effectuée selon le volume de production de la papeterie, qui évolue de la même manière que celui des grandes papeteries. On notera également que sa production de pâte, tout comme celle des grandes papeteries, ne dépend pas du taux d'utilisation des unités de production de pâte. Elle produit en effet pour sa propre consommation et vend le reste, même en cas de surcapacité du marché, au risque de provoquer une nouvelle baisse des prix. Les usines de pâte intégrée ou partiellement intégrée préfèrent généralement produire à 100 % de leur capacité, c'est-à-dire vendre éventuellement à bas prix leur surplus, alors que les usines de pâte marchande cherchent à vendre à bon prix, donc à éviter une baisse trop importante des prix par une offre excédentaire. Autrement dit, leurs intérêts divergent.

Exemple de test de scénario

Dans ce scénario, on suppose que des gains de productivité sont réalisés qui permettent de réduire les coûts d'exploitation du bois (organisation des exploitants forestiers et en amont de la filière, formation des bûcherons...) de 12% sur cinq ans.

Sur le graphique, on observe une chute de la production de pâte marchande, qui correspond à la fermeture des trois usines de pâte marchande et ceci malgré la baisse des coûts d'exploitation. Quant à la production de pâte intégrée, elle progresse dans des proportions telles que la production nationale n'évolue quasiment pas sur vingt-cinq ans, ses investissements dépendant essentiellement de la situation mondiale du marché de la pâte. En effet, la chute de la production marchande est en quelque sorte compensée par la production intégrée. En conséquence, la croissance de la consommation de pâte est satisfaite par une augmentation des importations.

L'augmentation de production de pâte intégrée entraîne la nécessité d'importer de petites quantités de bois. Autrement dit les quantités de bois disponibles en France, malgré les reboisements, ne pourraient satisfaire une production plus importante de pâte à papier.

Cependant, en supposant que le Massif central soit aménagé de sorte à pouvoir mettre sur le marché environ 20 000 tonnes de bois supplémentaire, on obtient une simulation quasiment identique à la première. Cette petite quantité suffirait à satisfaire l'augmentation de la demande mais elle ne peut résulter que d'un choix en matière d'investissement (aménagement de chemins de desserte et de places de dépôt).

Tandis que les coûts d'exploitation du bois dépendent des gains de productivité que peuvent réaliser les exploitants forestiers, les autres coûts résultent de l'évolution de la production de pâte à papier. Le coût du bois sur pied varie selon la demande de bois, avec toujours un temps de retard. Quant au coût de transport, il est fonction de la distance qui tend à augmenter lorsque les volumes moyens de production progressent, car les usines ont généralement besoin de s'approvisionner en partie dans des massifs plus éloignés.

Bilan

Ce travail de simulation de la dynamique d'une filière économique constitue une étape nécessaire mais non suffisante d'une analyse plus spécifique des flux transports au sein de celle-ci, au regard de facteurs économiques structurants. On conçoit tout l'intérêt de ce type de modélisation systémique, qui peut permettre d'étudier par exemple les perspectives d'évolution des diverses régions papetières, à partir de scénarios logistiques à moyen terme : restructurations, fusions-acquisitions, nouveaux marchés, etc., et l'impact qui en découle sur les flux de trafics entre zones.

Bibliographie

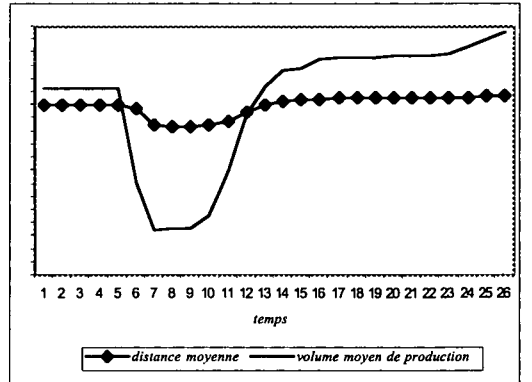
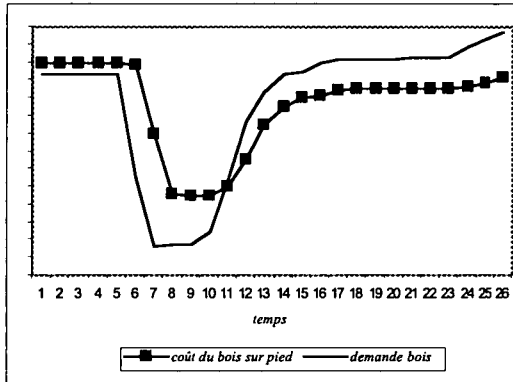
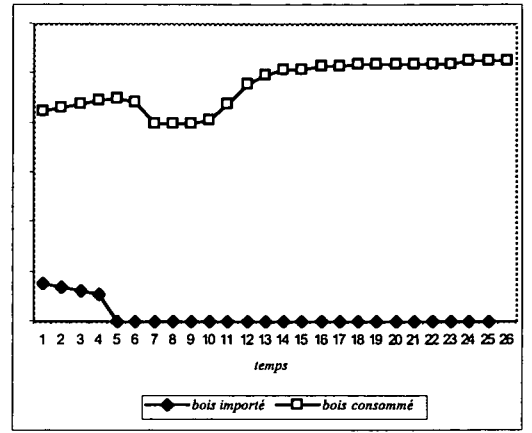
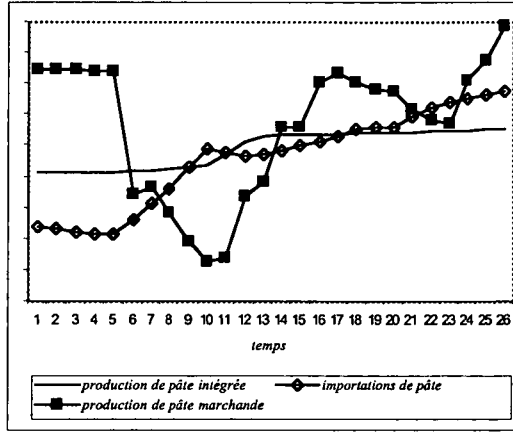
J.W. FORRESTER : *Industrial Dynamics*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1969, 6^e édition.

Matthias RUTH, Bruce HANNON : *Modeling Dynamic Economic Systems*, Springer, 1997.

Christian BRAESCH, Alain HAURAT : *La modélisation systémique en entreprise*, Hermès, 1995.

LOGISTIQUE

Résultats de la simulation sur 25 ans



Un exemple : les secteurs pâte à papier (offre-demande) et bois de trituration (offre-demande, coût)

