

|| **TEIR** : **T**erritoires – **I**ndustries – **R**éseaux

✉ Faculté de Sciences Economiques

93, avenue du Recteur Pineau – 86022 Poitiers

☎ 05-49-45-31-74 — Fax : 05-49-45-41-58

Les processus d'innovation dans le secteur de l'eau : éléments de méthodologie ¹

OLIVIER BOUBA-OLGA ET PASCAL CHAUCHEFOIN

avril 2002

Programme «EAUX» – Présentation aux journées scientifiques du 25 avril
2002, Salle des Actes, ESIP, Poitiers

¹Ce travail est financé dans le cadre du programme «Eaux» inscrit au XIIe CPER de Poitou-Charentes

La question de base que s'est posée l'économiste au sujet de l'innovation est celle du lien entre structure de marché et effort d'innovation : du marché ou du monopole, quelle est la structure qui incite le plus les acteurs à innover ? Au niveau théorique, différentes thèses s'affrontent :

- ✗ certains auteurs (Schumpeter 1950, Galbraith 1956) insistent sur les avantages du monopole et de la grande taille pour l'innovation (économies d'échelle dans l'activité de R&D, personnel spécialisé, surface financière, profit de monopole, connaissance du secteur, ...)
- ✗ d'autres (Arrow 1962) expliquent que la concurrence est une structure plus incitative puisque les acteurs espèrent décrocher une rente alors qu'en monopole, les acteurs perçoivent déjà une rente et auront donc tendance à «se reposer sur leurs lauriers»,
- ✗ les travaux les plus récents relevant des modèles de croissance endogène (Aghion, Bloom, Blundell, Griffith et Howitt 2001) tentent de raffiner l'analyse et s'interrogent sur l'existence d'une relation positive puis négative entre degré de concentration et effort d'innovation.

Au niveau appliqué, force est de constater que les résultats ne permettent pas de trancher entre les deux interprétations (Cohen et Levin 1996) : selon les variables retenues, selon les secteurs étudiés, selon les périodes et les pays, certains concluent à une relation positive entre degré de concentration et importance de l'innovation, d'autres à une relation décroissante, d'autres à une relation croissante puis décroissante...

En fait, on peut aussi s'interroger sur le lien de causalité inverse : le processus d'innovation influe sur la structure de marché. Une industrie naissante est souvent composée d'un grand nombre de petites entreprises innovantes en concurrence mais progressivement, en raison des caractéristiques mêmes du processus d'innovation, certains prennent un avantage irréversible et concentrent l'essentiel de l'activité. On passe ainsi à une structure oligopolistique voire monopolistique.

Il convient donc d'analyser plus finement le processus d'innovation en insistant sur cette logique d'interaction. L'économie, notamment la théorie évolutionniste, s'est dotée pour cela de différentes notions et mécanismes utiles.

Les rendements croissants d'adoption

Une notion clé permettant de comprendre le processus d'innovation et de diffusion technologique est celle de rendements croissants d'adoption. Un

exemple intéressant, qui montre la relation entre la navette spatiale américaine et les chariots romains, permet d'en saisir intuitivement la puissance² :

«Savez-vous ce qui suit : La distance standard entre 2 rails de chemin de fer aux US est de 4 pieds et 8,5 pouces. C'est un chiffre particulièrement bizarre. Pourquoi cet écartement a-t-il été retenu ?

Parce que les chemins de fer US ont été construits de la même façon qu'en Angleterre, par des ingénieurs anglais expatriés, qui ont pensé que c'était une bonne idée car ça permettait également d'utiliser des locomotives anglaises. Pourquoi les anglais ont construit les leurs comme cela ?

Parce que les premières lignes de chemin de fer furent construites par les mêmes ingénieurs qui construisirent les tramways, et que cet écartement était alors utilisé. Pourquoi ont-ils utilisé cet écartement ?

Parce que les personnes qui construisaient les tramways étaient-les mêmes qui construisaient les chariots et qu'ils ont utilisé les mêmes méthodes et les mêmes outils. Ok, pourquoi les chariots utilisent un tel écartement ?

Et bien, parce que partout en Europe et en Angleterre les routes avaient déjà des ornières et un espacement différent aurait causé la rupture de l'essieu du chariot. Pourquoi ces routes présentaient-elles des ornières ainsi espacées ?

Les premières grandes routes en Europe ont été construites par l'empire Romain pour accélérer le déploiement des légions romaines. Pourquoi les romains ont ils retenu cette dimension ?

Parce que les premiers chariots étaient des chariots de guerre romains. Ces chariots étaient tirés par deux chevaux. Ces chevaux galopaient côte à côte et devaient être espacés suffisamment pour ne pas se gêner. Afin d'assurer une meilleure stabilité du chariot, les roues ne devaient pas se trouver dans la continuité des empreintes de sabots laissées par les chevaux, et ne pas se trouver trop espacées pour ne pas causer d'accident lors du croisement de deux chariots. Nous avons donc maintenant la réponse à notre question d'origine. L'espacement des rails US (4 pieds et 8 pouces et demi) s'explique parce que 2000 ans auparavant, sur un autre continent, les chariots romains étaient construits en fonction de la dimension de l'arrière train des chevaux de guerre. Et maintenant, la cerise sur le gâteau. Il y a une extension intéressante de cette histoire concernant l'espacement des rails et l'arrière train des chevaux. Quand nous regardons la navette spatiale américaine sur son pas de tir, nous pouvons remarquer les deux réservoirs additionnels attachés au réservoir principal. La société THIOKOL fabrique ces réservoirs additionnels dans leur usine de l'UTAH. Les ingénieurs qui les ont conçus auraient bien aimé les faire un peu plus larges, mais ces réservoirs devaient être expédiés par train jusqu'au site de lancement. La ligne de chemin de fer entre l'usine et Cap Canaveral emprunte

²Le texte de cet exemple a été entendu dans une émission radiophonique. Il figure en partie dans (Pomeranz et Topik 1999).

un tunnel sous les montagnes rocheuses. Les réservoirs additionnels devaient pouvoir passer sous ce tunnel. Le tunnel est légèrement plus large que la voie de chemin de fer, et la voie de chemin de fer est à peu près aussi large que les arrières train de deux chevaux (...)»

Quels sont les enseignements de cet exemple ?

- ✗ L'histoire compte : les interdépendances technologiques intertemporelles contraignent les choix des acteurs, on dit qu'ils dépendent du sentier suivi,
- ✗ Les effets de lock-in : dans certains cas, il existe d'autres technologies mieux adaptées (les réservoirs plus larges) mais elles ne seront pas mises en oeuvre, le coût de transfert d'une technologie à l'autre étant prohibitif. Le système est enfermé sur une solution sous-optimale.

Au-delà des interdépendances technologiques, d'autres mécanismes économiques conduisent aux mêmes résultats. Par exemple, les économies d'apprentissage : plus on utilise une technologie, mieux on sait l'utiliser, plus on l'améliore et, donc, plus on a intérêt, dans le futur, à l'adopter.

Ces intuitions peuvent être modélisées simplement (Arthur 1989) : dans tous les cas, on s'intéresse à l'adoption d'une technologie par une population d'individus. Considérons qu'il existe deux technologies A et B et deux types d'individus R et S . Les individus R ont une préférence intrinsèque pour la technologie A ($U_{RA} > U_{RB}$), les individus S pour la technologie B ($U_{SA} > U_{SB}$). Les choix dépendent cependant aussi des choix passés :

	A	B
R	$U_{RA} + rN_A$	$U_{RB} + rN_B$
S	$U_{SA} + sN_A$	$U_{SB} + sN_B$

Avec N_A et N_B les nombres d'adopteurs de A et B , r et s des coefficients positifs. Les valeurs positives de r et s correspondent à l'hypothèse de rendements croissants d'adoption.

Lorsque l'on simule l'évolution d'une telle population (on fait entrer de nouveaux individus R ou S et l'on détermine leur choix), on s'aperçoit que, à terme, tous les individus adoptent nécessairement la même technologie. En fait, tant que la proportion d'adopteurs est entre certaines bornes, les préférences intrinsèques dominent, les R choisissent A , les S choisissent B . Mais au-delà d'un certain seuil, tous choisissent la même technologie.

[DIAPOSITIVE I]

Les principales conclusions du modèle sont les suivantes :

- ✗ le système s'enferme progressivement sur une technologie potentiellement sous-optimale,
- ✗ on ne sait pas ex-ante laquelle des deux technologies l'emportera,
- ✗ les premiers instants sont déterminants pour l'évolution future,
- ✗ le standard qui émerge n'est pas adopté parce qu'il est meilleur, il devient meilleur parce qu'il a été adopté.

Ces résultats relatifs à l'adoption des technologies peuvent être généralisés à d'autres objets d'étude, notamment aux entreprises :

[DIAPOSITIVE II]

les firmes, dans le cadre de l'approche évolutionniste, sont définies par l'ensemble des compétences qu'elles accumulent au fur et à mesure de leur activité. Ces compétences intègrent une large composante tacite, et s'améliorent essentiellement grâce aux processus d'apprentissage. De ce fait, les compétences effectivement mises en oeuvre s'améliorent, alors que celles non utilisées sont progressivement oubliées, ou, tout au moins, deviennent non valorisables économiquement. Les firmes sont donc progressivement inscrites dans une trajectoire technologique, les compétences passées influant sur les compétences futures dont elles pourront disposer. Les technologies, les compétences, mais aussi les choix organisationnels, la «vision de l'avenir» des entreprises procèdent des mêmes logiques.

La logique de division cognitive du travail

Parallèlement à ces trajectoires technologiques des entreprises, on s'aperçoit que la production des biens et services suppose l'articulation d'ensemble de compétences dissemblables, et de plus en plus dissemblables compte tenu de l'accroissement et de la complexification des savoirs et des savoir-faire. De ce fait, une seule entreprise ne pourra que difficilement réaliser l'ensemble des étapes du processus productif : elle est incitée à se concentrer sur les étapes du processus qui mobilise les compétences qu'elle détient, et à se coordonner avec d'autres entreprises qui disposent des compétences complémentaires aux siennes.

Cette logique de spécialisation cognitive peut être illustrée par une bande dessinée où l'on voit deux individus en train de se restaurer à bord d'un avion. Le premier demande à son voisin : «Pourquoi la nourriture servie à

bord est-elle si mauvaise ?», et l'autre de répondre «Pour la même raison que MacDonald ne peut pas nous transporter de New-York à Los Angeles...»

[DIAPOSITIVE III]

Ceci ne signifie pas qu'une entreprise ne peut s'engager que dans une seule industrie : en s'appuyant sur son ensemble de compétences, elle peut s'engager dans les différentes industries qui les mobilisent. Autrement dit, elle pourra procéder à une diversification cohérente de son activité. Par exemple, le groupe Leroux, spécialisé dans la transformation de la chicorée, a créé récemment une filiale (Medicaler) dont l'activité consiste à exploiter les propriétés digestives de cette plante. Elle a ainsi développé un dentifrice à base de chicorée.

Cette double logique de division cognitive du travail et de diversification cohérente amène à la constitution de réseaux denses d'entreprises au sein desquelles se tissent des relations de coopération et des relations capitalistiques, comme en atteste l'exemple de la firme Novartis (Bouba-Olga 2003).

[DIAPOSITIVE IV ET V]

Application au secteur de l'eau

L'intuition de base de notre travail est que la méthodologie proposée et validée pour les biotechnologies appliquées à l'industrie du médicament est applicable également au secteur de l'eau, tout au moins pour certains de ses segments³ Rappelons d'abord l'importance du sujet :

- ✗ Les éco-industries ont un Chiffre d'Affaires en 2000 de 29 milliards d'euros,
- ✗ Leur taux de croissance de 1999 à 2000 est de 8,7%,
- ✗ 51% du CA relève de l'eau : 22% pour la gestion des eaux usées, 29% pour la gestion des ressources en eau⁴.

Les domaines de la gestion de l'eau sont relativement larges. Nous avons choisis de nous focaliser sur le traitement de la qualité de l'eau, en insistant sur les technologies et les acteurs en présence.

S'agissant des technologies, un élément déterminant du choix est la qualité

³Les développements qui suivent s'appuient sur l'annuaire des technologies clés (Traitement et contrôle de la qualité de l'eau potable), ainsi que sur (SESSI 1994, Industries 2002).

⁴le reste se répartit entre déchets (22%), récupération (20%) et autres (7%).

initiale de l'eau : à quelle type de pollution est-on confronté ? Pour les eaux souterraines, par exemple, une pollution par des micro-organismes conduira à une désinfection classique, la présence de fer ou de manganèse conduira à une réoxydation puis à une filtration de l'eau, ou à la mise oeuvre de traitements biologiques, etc. . . .

[DIAPOSITIVE VI ET VII]

De manière générale, on s'aperçoit que quatre grandes familles technologiques coexistent :

- ❶ Le traitement chimique,
- ❷ Le traitement biologique,
- ❸ Le traitement membranaire (micro, ultra, nano-filtration),
- ❹ Le traitement électrique (électrodialyse).

En tendance, le traitement chimique cède le pas au profit du traitement membranaire et du traitement électrique. De plus, on constate un accroissement des traitements préventifs, qui suppose d'améliorer la mesure de la qualité de l'eau et de mettre en place des systèmes d'alerte.

Autrement dit, on a une diversité de pollutions et une diversité de technologies, qui n'est pas sans rappeler la diversité des segments du secteur pharmaceutique, qui s'explique, elle, par la diversité des maladies humaines et des modes de traitement de ces maladies. Dans le cas de cette dernière industrie, on le sait, ceci conduit à une assez grande diversité d'acteurs, chacun positionné sur un ou quelques segments spécifiques. Peut-on avancer le même constat pour le segment du traitement de l'eau ?

- ✗ Le marché semble relativement concentré entre les mains de Ondéo (via sa filiale Degrémont) et Vivendi (via OTV), qui sont leaders mondiaux du domaine,
- ✗ Il semble cependant que ces deux «arbres» cachent une forêt de PME engagées dans des niches, jouant sur des technologies très pointues et sur leur forte spécialisation,
- ✗ De même, des universitaires américains (Philadelphie, Cincinnati) et européens («équipe du professeur Doré» de Poitiers, équipe du professeur Wagner en Suisse) sont également en pointe,
- ✗ Enfin, pour ce qui est du traitement chimique, on y retrouve les grands du secteur (Calgon, Nalco pour les Etats-Unis ; Betz, BASF, Bayer, Hoechst pour l'Allemagne ; Ciba pour la Suisse).

Il convient donc d'aller plus loin dans les investigations, ce qui nous permettra, conformément à notre méthodologie de :

- ✗ Analyser l'histoire de chaque famille technologique,
- ✗ S'interroger sur d'éventuels effets de lock-in,
- ✗ Repérer d'éventuels oligopoles en réseau et évaluer, en leur sein, le rôle des majors,
- ✗ Positionner, également, les laboratoires du programme «Eau» dans ces réseaux.

Ceci implique que nous vous solliciterons prochainement pour nous aider à répondre à certaines de ces questions.

Références

- Aghion, P., N. Bloom, R. Blundell, R. Griffith, et P. Howitt, Empirical estimates of the relationship between product market competition and innovation, *Saint-Gobain Center Conference*, 5 juin 2001.
- Arrow, K., The Economic Implications of Learning by Doing, *Review of Economic Studies*, juin 1962, (29), 155–173.
- Arthur, B., Competing Technologies, Increasing Returns, and Lock-in by Historical Events, *The Economic Journal*, 1989, (99), 116–131.
- Bouba-Olga, O., La transnationalisation des firmes, in P. Norel, éditeur, *Mondialisation : une histoire économique (à paraître)*, Le Seuil, 2003.
- Cohen, W. et R. Levin, Empirical Studies of Innovation and Market Structure, in R. Schmalensee et R. Willig, éditeurs, *Handbook of Industrial Organization*, North-Holland, 1996, pp. 1059–1107.
- Galbraith, J., *American Capitalism : the Concept of Countervailing Power*, Houghton Mifflin Company, 1956.
- Industries, *Eco-industries : des enjeux de taille*, Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie, 2002.
- Pomeranz, K. et S. Topik, *The World that Trade Created : Society, Culture and the World Economy, 1400-the Present*, M.E. Sharpe, 1999.
- Schumpeter, J., *Capitalism, Socialism and Democracy*, New-York : Mac GrawHill, 1950.
- SESSI, *Les marchés de l'environnement*, Ministère de l'industrie, 1994.