

# APPRENTISSAGE TECHNOLOGIQUE DES ENTREPRISES ET RECHERCHE DANS L'INDUSTRIE : le cas de la chimie en Amérique latine

Rigas ARVANITIS<sup>1</sup>

Brièvement cette petite note veut montrer où en est le programme de recherche commencé clandestinement en 1987 au Centre d'Etudes du Développement CENDES de l'Université Centrale du Venezuela et qui aujourd'hui est un programme à part entière. Je parlerai ici de "notre" recherche, car je ne suis pas seul responsable de ce programme qui a vraiment été collectif : il est impossible à quiconque d'entre nous — surtout parmi les quatre premiers membres de l'équipe<sup>2</sup> — de dire ce qui lui revient en propre.

## Quelques préliminaires

Que veut bien dire "apprentissage technologique" ? Est-ce que c'est l'apprentissage des techniques par les ouvriers et les techniciens ? Ou bien s'agit-il de méthodes d'enseignement ? Pas du tout ! Il s'agit des mécanismes que mettent en oeuvre les entreprises pour acquérir, adapter et développer des technologies de production. Une fois cela dit, on entre dans le vif du sujet : il ne s'agit pas seulement d'examiner les conditions nécessaires pour produire ou pour investir dans l'acquisition de techniques de production ; il ne s'agit pas seulement d'examiner les usages de la techniques ; et pas "seulement" le développement, mais tout cela à la fois. Car, en effet, après de nombreux travaux sur le thème de l'apprentissage industriel, il apparaît clairement que le mieux est de saisir l'ensemble des *activités* qui tournent autour de la technologie. Les économistes parlent des modes d'apprentissage ("learning by doing", "by adapting", "by interacting" etc...) ; les sociologues des fonctions de l'apprentissage - achat, mise en place, opération, entretien, etc....(cf. la comparaison des différents travaux dans Villavicencio et Arvanitis, 1994).

Nous avons décidé de parler d'*activités d'apprentissage*. Cela sonne moins philosophique que les modes de l'apprentissage par exemple, mais a la grande vertu d'être un concept opérationnel c'est-à-dire qui permet de faire des enquêtes précises, de quantifier certains résultats et de reproduire les méthodes d'observation. Mais la principale qualité de cette manière de poser les choses est que nous avons mieux saisi quelle est la place qui revient à la recherche-développement (R&D) au sein de l'entreprise. Nous avons mieux compris la relation recherche-industrie

---

<sup>1</sup> Sociologue ORSTOM.

<sup>2</sup> En plus de l'auteur, il s'agit de A. Pirela, R. Rengifo et A. Mercado.

qui passe par la compréhension de l'industrie elle-même, plus exactement par la manière selon laquelle l'industrie utilise les machines, les hommes qualifiés et la connaissance (les trois éléments constitutifs de la technologie).

Au-delà de la technique d'enquête, la notion d'apprentissage technologique permet donc de poser de manière satisfaisante des questions théoriques essentielles de l'économie de l'innovation et de la sociologie des entreprises : comment se créent les "paradigmes" technologiques ou les "trajectoires" technologiques ? Quels sont les éléments qui permettent de définir ce qui est propre à la firme et ce qui revient au contexte ? Quelle est la relation entre les comportements technologiques et les résultats économiques ? Pour répondre à ces questions, nous avons placé au centre de nos préoccupations la relation recherche-industrie, comme étant un des types de relations les plus importantes pour les entreprises.

Trois aspects doivent être soulignés, car ils permettent de généraliser nos observations. Premièrement, les relations entre l'entreprise et son contexte sont une des clés de compréhension des comportements techniques et de l'attitude face à la recherche. Ensuite, l'apprentissage technologique est créateur d'histoire, de méthodes, de choix, d'expériences ; ces expériences peuvent se transformer en mémoire technologique si des structures les formalisent : c'est là une des fonctions de la R&D des entreprises et c'est par cette mémoire riche en expériences valorisées que l'entreprise peut s'adresser aux Universités et aux centres de recherche externes. Enfin, plus que les attributs des entreprises (grandes ou petites, nationales ou étrangères, sur des petits marchés ou des grands marchés, en situation de monopole ou de concurrence) c'est la culture propre de chaque entreprise qui permet d'expliquer au mieux son comportement technologique (et c'est là notre principal désaccord avec les analyses pionnières de Jorge Katz sur l'apprentissage technologique). Bref, les activités autour de la chose technique sont des activités qui se définissent et se régulent de manière interne à chaque entreprise et qui simultanément la maintiennent en contact avec son environnement.

Cette problématique change du tout au tout notre vision de l'innovation et de la recherche industrielle. Elle met l'accent sur la capacité d'absorption des technologies, et non pas sur les technologies elles-mêmes ; elle s'oppose à une vision très économiste des choix techniques car à proprement parler il n'y a pas de choix, mais accumulation de choix successifs (et l'économie ne sait pas penser en termes d'accumulation, de trajectoires). Elle permet enfin de relier les aspects sociologiques et économiques, puisqu'elle nous encourage à comprendre la création de "communautés technologiques", comme les appelle E.C. Constant, et le rôle de la recherche dans les entreprises.

Du point de vue du développement des entreprises, nous aboutissons à une définition de types d'entreprises. De manière théorique nous avons défini trois types : entreprises actives, réactives et passives. Empiriquement, les faits étant une excellente preuve par l'acide, nous avons raffiné cette première approximation : il y a effectivement une nette coupure entre les entreprises actives et les entreprises passives. Mais il y a au sein des entreprises réactives une division tout aussi nette entre celles qui vivent de leurs relations avec les entreprises étrangères (filiales de firmes multinationales, entreprises en sous-traitement ainsi qu'entreprises qui vivent aux crochets de leur fournisseur de technologie) et celles qui, à l'opposé, vivent en quasi autarcie technologique. Bref, ce n'est pas seulement les activités de l'apprentissage technologique qui comptent mais aussi les relations techniques de l'entreprise avec son environnement (fournisseurs, clients, etc.).

### **Pourquoi la chimie ?**

La totalité de notre recherche a eu lieu dans l'industrie chimique. La chimie est un domaine de science et de technologie, omniprésent dans tous les pays et particulièrement dans les pays pétroliers (Venezuela, Mexique, Algérie, Indonésie). Les chimistes ont historiquement toujours été fortement liés au développement de l'industrie (Krohn et Schafer). Leur conception de la recherche et donc dépendant de la production industrielle, mais aussi de certains autres facteurs plus épistémologiques rarement examinés (mais voir les écrits inhabituels de Jean Jacques). Historiquement, le développement de la chimie n'a pas été reconnu dans toute son importance, peut-être parce que la physique a gagné la bataille de la notoriété (ce qui fait que la chimie est affublée de toutes sortes de préjugés réducteurs) et que la "chimie, majuscule, ne constitue pas un champ homogène, facile à circonscrire et à étudier" (Jacques, 1990,p.78). Cependant la science et l'industrie ont toujours fait bon ménage à tel point qu'il est impossible de discerner l'un de l'autre (voir les travaux de Haber ou de Aftalion).

Du point de vue de l'industrie, la chimie a ceci d'intéressant qu'elle est toute aussi hétérogène que la science dont elle se réclame. On y retrouve grandes et petites entreprises, chaînes de fabrication en continu ou en "batch", sur des marchés globaux ou locaux, exploitant soit des marchés massifs (commodities), soit des niches de marché très particulières (peintures, chimie fine, polymères, résines). C'est donc une branche industrielle qui intéresse par sa diversité et la multiplicité des cas de figures qu'on y rencontre.

C'est donc un terrain d'étude intéressant aussi bien pour l'économiste de l'innovation que pour le sociologue des sciences.

## **Les enquêtes dans les entreprises : Venezuela, Brésil, Mexique, Argentine, Cuba**

L'essentiel de la recherche s'organise autour de la réalisation d'une enquête auprès des entreprises. Elle tend de plus en plus à ressembler aux enquêtes d'innovation réalisées dans les pays de l'OCDE (voir le "Manuel d'Oslo"). Mais sa caractéristique particulière est de mettre en avant les activités d'apprentissage et les relations de l'entreprise avec les fournisseurs, clients et autres partenaires du développement technologique.

L'enquête cherche à saisir le comportement technologique des entreprises au niveau du secteur chimique dans son ensemble (exception faite de la pharmacie) : l'apprentissage technologique, les relations techniques externes des entreprises, l'assimilation des technologies, les activités d'ingénierie et de R&D et les stratégies des firmes.

La première enquête fut menée au Venezuela en 1988 et fut reprise, cette fois avec un financement français (du MRT et de l'Ambassade de France au Venezuela), en 1992. Dans les mois qui suivent seront publiés les résultats comparatifs de ces deux enquêtes.

Une enquête restreinte fut menée auprès de 32 entreprises de chimie fine au Brésil. Réalisée par Alexis Mercado, cette enquête a obtenu le prix de la meilleure recherche ibéro-américaine sur l'économie de l'innovation. Une enquête élargie a également eu lieu au Brésil, entièrement financée par la chambre des producteurs de chimie. Les résultats devraient être analysés dans les jours à venir.

En Argentine, une équipe de l'Université de Buenos Aires a mis en place une enquête similaire. Cuba est demandeur d'une analyse des processus de modernisation technologique des quelques soixante entreprises de chimie sur l'île. Enfin, actuellement, l'enquête au Mexique est en train d'être réalisée. Elle a le questionnaire le plus complet, mais aussi le plus long. L'enquête sera conclue au mois de janvier 1995.

### **Les processus d'assimilation technique au niveau des entreprises**

L'enquête 1992 au Venezuela a mis en particulier l'accent sur les problèmes de la main d'oeuvre et de la formation, aussi bien des ouvriers que des cadres. Les aspects organisationnels ont été nettement mieux cernés, ce qui permet de faire le lien avec des travaux similaires en France (thèse de doctorat en cours de Corinne Tanguy, Université de Rennes). Au Mexique, les aspects formation seront également abordés, mais avec nettement moins de détail.

Le travail de recherche par enquête est accompagné par une série d'analyse micro-sociologiques sur les formes d'assimilation des

technologies. Il s'agit de mener des interviews en profondeur avec des responsables dans les entreprises de chimie au Mexique. L'équipe de la UAM participera à cette tâche, notamment grâce à l'effort que menera Daniel Villavicencios et Arturo Lara qui a une expérience dans ce domaine (Villavicencios, 1992). Ces enquêtes sont essentielles pour la compréhension des processus de transfert de technologie et de l'apprentissage technologique. Elles permettent aussi de faire le lien avec le travail plus théorique mené au sein du réseau INIDET, dirigé par Jean Ruffier CNRS Lyon, sur la gestion des systèmes technologiques complexes.

### **Le rôle de la recherche dans le développement technologique**

Enfin, un travail plus spécifique est mené sur la R&D dans l'industrie chimique. Un article qui sera publié dans un proche avenir (Arvanitis, 1994) fait le point sur les orientations de la recherche dans le secteur ; deux autres sur les développements technologiques (Laplace et Pirela, 1994 ; Mercado et Arvanitis (1994) abordent de manière détaillée les effets des politiques de l'ajustement structurel sur la R&D dans les entreprises au Venezuela.

C'est sur ce thème que nous avons le plus travaillé ; c'est aussi par cette voie que nous avons persuadé les politiques et les financiers de l'intérêt de notre travail. Récemment encore, une grande entreprise de chimie mexicaine (Resistol) a demandé à notre groupe d'effectuer une évaluation stratégique de la recherche qu'elle a coordonné sur les nouvelles technologies polymériques (Arvanitis et alii, 1994). Des publications conjointes devraient apparaître dans les mois à venir.

### **Quelques autres questions : l'investissement étranger, les effets de proximité et les structures de marché**

De nombreuses questions restent évidemment en suspens. Parmi elles se trouve celle des investissements étrangers et de la dépendance technologique. Plusieurs auteurs mentionnent cette dépendance comme étant le défaut fondamental de l'industrialisation des pays d'Amérique latine. Nous avons montré que cette dépendance, si elle existe, ne va pas sans développement technologique. Mais reste à démontrer que ce développement permet de dépasser la dite dépendance. Sur ces aspects, il me semble que nous avons la possibilité de fournir des données nouvelles, que les économistes de l'industrie n'ont pas su rassembler. L'hypothèse qui peut être faite est que à mesure que se consolide l'apprentissage technologique, à mesure que se développe l'efficacité technique au sein des entreprises, une possibilité de développement plus autonome est possible (Ruffier, 1991). Plutôt que de penser en termes de dépendance, il faut penser en termes de modernisation. Et ce débat sur la modernisation, ouvert après la guerre, est loin d'être clos (Cf. l'excellent ouvrage dirigé

par Gisela Argenti à ce sujet). Encore faut-il le mener non pas uniquement en termes politiques (comme ce fut le cas des textes célèbres des tenors de la CEPAL comme Cardoso, Furtado ou Faynzylber) mais en repensant la place exacte que tiennent les technologies dans les entreprises. Yvan Laplace, doctorant de Rennes, étudie cette place : il examine dans le détail les effets de l'investissement étranger et des filiales de FMN au Venezuela.

Didier Ramousse du CREDAL a pris en main les phénomènes de localisation géographique. Les activités productives sont-elles localisées en fonction de la disponibilité de la matière première ou selon d'autres déterminants ? Le travail en cours, sujet d'une thèse de doctorat, devrait fournir des réponses assez précises.

Une autre question en suspens est celle de l'effet des structures de marché sur le développement technologique. Un chercheur de la UAM, Mario Capdeville, examine cet aspect particulier de la plus haute importance pour comprendre la dynamique économique du développement technologique.

### **Les "nouvelles" communautés scientifiques : le cas de la chimie.**

Les communautés scientifiques ont un rôle à jouer dans ce débat, dans la création d'une capacité technique nationale propre. C'est du moins ce qui ressort des travaux menés au Venezuela (Pirela et Rengifo, 1991) en Uruguay (Argenti, 1991), en Inde (Krishna, 1990). En fait, en se mettant en relation avec l'industrie les chercheurs modifient profondément leur approche.

Le travail sur les chercheurs en chimie veut pouvoir montrer quelle est cette dynamique. Il pourra se faire à partir d'interviews avec des chercheurs qui ont des contacts avec l'industrie. L'intérêt de se fixer sur un domaine (voir même peut-être un sous-domaine comme la catalyse ou la chimie des polymères) est de cerner les aspects tant épistémologiques qu'économiques qui permettent d'assurer une relation continue entre la recherche et le développement industriel. Une comparaison de l'émergence de ces domaines devrait avoir lieu dans l'année à venir.

L'hypothèse que nous ferons est que à mesure que croissent les communautés scientifiques nationales, à mesure que se développe une industrie, même dépendante, des possibilités sont réunies pour consolider à la fois la recherche et l'industrie en passant par le détour d'une imbrication plus étroite entre recherche et industrie. En ce moment même nous voyons apparaître ces "nouvelles" communautés scientifiques, pour lesquels l'intégration avec les acteurs économiques est une réalité. C'est cette nouvelle dynamique sociale que je voudrais examiner attentivement.

## Séminaires de synthèse et perspectives

Au bout de presque sept ans de recherche nous avons obtenu beaucoup de données empiriques, mais aussi nous avons poursuivi un travail de réflexion important<sup>1</sup>. De nombreux séminaires ont eu lieu et un séminaire coordonné Venezuela-Mexique devrait avoir lieu au mois de Juin 1995 à Caracas puis à Mexico.

Nous pensons que ce travail peut ouvrir deux nouvelles voies de recherche : une première orientation consiste à examiner le rôle des entreprises dans le développement de technologies en concordance avec la protection de l'environnement. Comment se crée un marché des technologies de l'environnement ? Quelle est la participation du secteur productif ? Quel rôle joue la recherche publique locale des PED ?

Une deuxième voie, qui fait déjà l'objet de travaux est le thème du développement de réseaux technologiques autour des entreprises. Quelle part revient aux entreprises "amies" et quelle part aux entreprises concurrentes ? Comment se développe la relation clients-usager en chimie mais aussi dans les autres secteurs industriels ? Quel est le rôle des métiers et quel est celui des organisation dans le développement de ces réseaux techniques ? Comment le gouvernement peut-il favoriser le développement de ces réseaux ?

Je crois que l'appui de l'équipe STD a été et sera essentiel à la poursuite de ce programme de recherche de longue haleine. L'enjeu pour l'équipe et donc aussi pour l'ORSTOM est de devenir un pôle de référence sur un sujet à la croisée de la sociologie et de l'économie.

---

<sup>1</sup> Pour mémoire nous mentionnons les trois séminaires qui ont eu lieu sur ce thème récemment:  
Pirela, A. (Coord.) Séminaire: *Conducta empresarial y cultura tecnológica en América Latina : La industria química y petroquímica*, Caracas, 23-25 mars 1993. Avec la participation de l'ensemble des membres du programme.  
Arvanitis et S. Hill (Coord.) Table ronde: *Apprentissage et transfert de technologie dans les industries des PED*. Cinquantenaire de l'ORSTOM, Septembre 1994, avec la participation de I.Inkster, A.Pirela, A.Lara, R.Rengifo & G.Darwich, S.H.Xiu.  
Arvanitis et J. Ruffier (Coord) Session sur *Apprentissage technologique et efficience technique*, Congrès Mondial de Sociologie, Bielefeld, Août 1994. Avec la participation de M.Matsumoto, G.Argenti, J.Walter, P.Dieng, M.Supervielle, C.Tanguy, D.Mercier, D.Villavicencio.

## Références

- Argenti G. (éd.) (1991) Uruguay : el debate sobre la industrialization posible, Montevideo : CIESU.
- Arvanitis A., Mercado A., Rengifo R., Pirela A. (1992) Technological learning in the Venezuelan companies, *Journal of Scientific and Industrial Research*, 51(1) : 32-41.
- Arvanitis R. (1992) Les conditions d'un rapprochement de la recherche et du développement technologique en Amérique latine, Drouvot et alii (eds) "*Innovations technologiques et mutations industrielles : Argentine, Brésil, Mexique, Venezuela*". Paris, Editions IHEAL, pp. 17-20.
- Arvanitis R., Mercado A., Rengifo R., Pirela A. (1992) "Technological learning in the venezuelan company : Path of innovation." *Journal of Scientific and Industrial Research (New Delhi)* 51(1): 32-41.
- Arvanitis R., Pirela A. (1993) *Le comportement des entreprises face à la technologie et l'ajustement structurel : L'industrie chimique au Venezuela*. Rapport final de recherche pour le Ministère de la Recherche et la Technologie, Juin 1993. Paris, Caracas & México, ORSTOM & CENDES.
- Arvanitis R. (1993) "Innovaciones sin innovadores : la difícil relación de la investigación con la industria." *Argumentos (UAM-Xochimilco)* 19 (Agosto) : 7-24.
- Arvanitis (1994) Los retos de la I&D en la industria química de América latina. A paraître, livre collectif sur l'industrie chimique au Venezuela.
- Arvanitis, Capedeville, Dutrénit, Vera-Cruz & Villavicencio (1994) *Evaluación Estratégica del Macroproyecto Funcionalización de Mezclas y Aleaciones de Plásticos de Ingeniería via Extrusión Reactiva*. Junio 1994. México DF, Maestria en Economía y Gestión del Cambio Tecnológico, Universidad Autónoma Metropolitana (UAM-X) y Centro de Investigación y Desarrollo, Industrias Resistol.
- Jacques J. (1981) *Les confessions d'un chimiste ordinaire*, Le Seuil, Paris.
- Jacques J. (1990) *L'imprévu ou la science des objets trouvés*, Editions Odile Jacob, Paris.
- Krishna V.V. (1990) The growth of the Indian scientific community in Waast (éd.) Emergence des communautés scientifiques, Ateliers de Paris (1990) et Annaba (1991).
- Mercado A., Arvanitis, R. (1994) Los efectos de la política de ajuste estructural sobre la capacidad de I&D de la industria química venezolana. A paraître, livre collectif sur l'industrie chimique au Venezuela.
- Pirela A., Rengifo R., Arvanitis R., (1991) Vinculaciones Universidad-Empresa en Venezuela : Fábula de amores platónicos y Cicerones, *Acta Científica Venezolana*, 42 (5): 239-246.
- Pirela A., Rengifo R., Arvanitis R., Mercado A., (1991) *Conducta empresarial y cultura tecnológica. Empresas y centros de investigación en Venezuela*, Ediciones del CENDES, Caracas.
- Pirela A., Arvanitis R., Rengifo R., Mercado A., (1992) Entrepreneurs et chercheurs face aux technologies industrielles in Drouvot, et alii (eds) "*Innovations technologiques et mutations industrielles : Argentine, Brésil, Mexique, Venezuela*". Paris, Editions IHEAL, pp. 237-250.
- Pirela A., Rengifo R., Arvanitis R., Mercado A., (1993) "Technological learning and entrepreneurial behaviour : A taxonomy of the chemical industry in Venezuela." *Research Policy* 22(5-6): 431-454.
- Pirela y Laplace (1994) El aprendizaje tecnologico en la industria quimico y el asunto ambiental en venezuela : situacion actual y vision prospectiva. A paraître, livre collectif sur l'industrie chimique au Venezuela.
- Rengifo R., Pirela A. y Arvanitis R., (1995) Science and Production in Venezuela : The two Emergencies, in J. Gaillard, V.V. Krishna, et R. Waast (Eds.) "*Scientific Communities in the South*". London & New Delhi, Sage Publisher,
- Ruffier J. (1991) Penser la modernización de la industria uruguaya in Argenti (ed) *Uruguay : el debate sobre la modernización posible*, Ciesu, Montevideo.
- Villavicencio D. y Arvanitis R., (1994) "Transferencia de tecnología y aprendizaje tecnológico : reflexiones basadas en trabajos empíricos." *El Trimestre Económico* Aceptado por publicación.
- Villavicencios D. (1992) La transferencia de tecnología : un problema del aprendizaje colectivo, *Revista Argumentos* (Mexico, UAM-X), 10/11 : 7-18.