

# Les Unités de Production Distribuée dans la Nouvelle Organisation de l'Industrie Electrique : le cas des Microturbines à Gaz aux Etats-Unis.

Sophie MERITET, Etdudiante en These d'Economie, C.G.E.M.P. Centre de Géopolitique de l'Énergie et des Matières Premières, Université Paris IX - Dauphine.

*L'article intégral et original est disponible dans les actes du 20ème Congrès Nord Américain de l'Association Internationale des Economistes de l'Energie (USAAE/IAEE Orlando, Floride, septembre 1999).*

## RESUME

Dans cet article, nous nous intéressons à la relation dans l'industrie électrique entre les innovations en production et l'organisation industrielle. Avec le mouvement de déréglementation, les récents progrès technologiques ont permis la réduction de la taille optimale des centrales électriques ainsi que le développement d'unités de quelques kilowatts pour des usages locaux (unités de production distribuée). Aux Etats-Unis, une des dernières options de production décentralisée est la microturbine à gaz dont l'essor pourrait remettre en cause l'organisation des différents segments de la chaîne de valeur.

## ABSTRACT

In this paper, we will focus on the relationship between innovation and industrial organization in electric power industry. With the deregulatory reforms, the influence of new generating technologies on the current evolution of the power sector seems to be relevant to study. Recent technological advances have resulted in the emergence of so-called distributed power generation system. One of the latest option of decentralised generation units is the gas microturbine which might transform the whole American electric power industry.

## INTRODUCTION

En Amérique du Nord, puis dans de nombreux pays, les structures traditionnelles des industries de réseaux sont remises en cause depuis une vingtaine d'années. Sous l'effet d'un ensemble de forces économiques, technologiques et politiques, ces industries sont de moins en moins contrôlées par les gouvernements. Après les réformes du marché des transports, des télécommunications et du gaz naturel, des mesures de déréglementation sont prises dans le secteur de l'électricité pour modifier, voire éliminer, les contraintes et le protectionnisme passés. Le paysage énergétique ne ressemble plus à ce qu'il était. Sa reconfiguration actuelle souligne la modification de l'organisation industrielle : l'ancienne structure de monopoles verticalement intégrés de la production à la distribution est supprimée sur certains segments de la chaîne de valeur qui sont ouverts à la concurrence selon différentes modalités.

Dans les industries de réseaux, les monopoles réglementés sont généralement perçus comme étant capables de contrôler ou de retarder le développement des innovations technologiques. Un lien évident existe entre la **forme d'organisation industrielle** et la **dynamique du progrès technique**. Une question se pose alors : quel est le rôle de la technologie dans la restructuration actuelle de l'industrie électrique ? Plus précisément, nous pouvons légitimement nous interroger sur la contribution du progrès technique à changer les situations monopolistiques de certaines activités de la chaîne de valeur. En amont, le rôle des innovations est devenu décisif. La taille optimale des centrales électriques a été réduite et des unités de quelques kilowatts sont commercialisées pour des usages locaux. Avec le mouvement de dérégulation, **l'influence des nouveaux systèmes de production** sur l'évolution récente de l'organisation de l'industrie de l'électricité apparaît pertinente à étudier.

Dans cet article, nous nous intéressons à la relation entre les innovations en production et l'organisation industrielle dans le secteur électrique.

- Tout d'abord, nous analyserons en Economie l'impact théorique des nouvelles technologies **(I)** sur l'organisation des industries de réseau (et *vice versa*). Il est important de garder à l'esprit que la dynamique du progrès technique d'un marché réglementé diffère de celle d'un marché concurrentiel.
- Puis, nous étudierons l'évolution des systèmes traditionnels de production d'électricité **(II)** vers de nouvelles petites unités de production sur les lieux de consommation (appelées unités de production distribuée).
- Et nous terminerons en présentant le cas des microturbines à gaz aux Etats-Unis **(III)** afin de souligner les forces et les obstacles au développement d'une option récente de production décentralisée.

## I - INNOVATIONS ET MONOPOLE REGLEMENTE

Les industries de réseaux, telles que le gaz naturel, l'électricité et les télécommunications, étaient définies en théorie par la nécessité de répartir des biens sur un réseau qui constituait un monopole naturel. Elles ont été longtemps organisées selon l'idée en Economie qu'une seule entreprise pouvait fournir un service plus efficace que plusieurs firmes dans les activités où les avantages technologiques d'une grande échelle de production limitent la concurrence.

Pendant près d'un siècle, les industries de réseaux ont été considérées comme des monopoles naturels nécessitant un **contrôle par les autorités** des prix, des investissements et des services. " *L'essence de la réglementation est le remplacement explicite de la concurrence par des directives gouvernementales, et tant que principal dispositif institutionnel destiné à assurer un bon rendement.* " (A.KHAN 1970, p.3). Par souci de l'intérêt général, la réglementation exigeait initialement un encadrement précis afin d'éviter la concentration du secteur, de limiter la concurrence destructrice, de développer les infrastructures et de protéger les consommateurs.

Malgré les objectifs de la réglementation, les compagnies de service public n'étaient pas encouragées à innover pour améliorer leur efficacité opérationnelle. La réglementation des profits ("*rate of return regulation*"), sur la base du taux de rentabilité appliqué aux investissements installés, a été une source d'inefficacité. En l'absence de pressions concurrentielles, une capitalisation excessive (effet "*Averch-Johnson*") est apparue : les producteurs ont choisi des combinaisons productives plus intensives en capital que les combinaisons optimales. Inversement, dans certaines conditions, les performances technologiques peuvent être stimulées par la réglementation. La protection et les contraintes imposées par les autorités peuvent parfois favoriser le développement de nouvelles technologies.

Néanmoins, dans la littérature économique, la réglementation est souvent perçue comme facteur démotivant l'innovation des entreprises de service public. Selon A. KAHN, " *On peut dire, sans crainte de généraliser, que la réglementation a constitué, en fin de compte, un frein à la concurrence et à l'innovation qu'elle contribue à stimuler et à justifier.* " " (1988, p.247). G. SWENNEY indique que "*Un monopole réglementé peut maximiser la valeur actuelle de ses profits uniquement en retardant l'adoption d'une innovation*" (1981, p.437). Les économistes reconnaissent depuis des décennies que différentes technologies auraient été développées en absence de réglementation (F.SCHERER & D. ROSS, 1991, W. SHEPHERD, 1996). Il semble que les monopoles réglementés soient capable de contrôler ou retarder les progrès techniques. Par exemple, dans un environnement compétitif, AT&T aurait numérisé ses réseaux bien plus tôt. Un des principaux arguments en faveur des réformes est l'incapacité des monopoles réglementés à reconnaître que les technologies évoluent avec le temps.

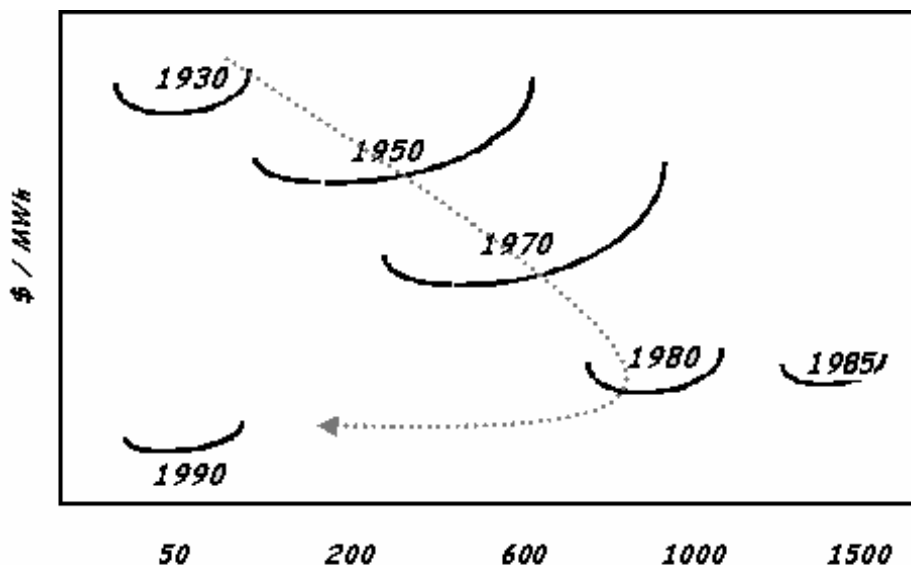
Dans le processus de libéralisation et d'ouverture à la concurrence, les nouvelles technologies jouent un rôle important en érodant les situations de monopole qu'elles ont justifiées dans divers secteurs. Dès lors que l'entrée est autorisée, des innovations technologiques peuvent être le facteur déterminant pour éliminer cette position de monopole en donnant aux nouveaux acteurs des avantages spécifiques. La dynamique du progrès technique est fonction du degré des pressions concurrentielles (N. ROSE & P. JOSKOW 1990, R. VIETOR, 1994, et W. SHEPHERD, 1997).

Les mesures de déréglementation combinées à de nouvelles technologies modifient l'organisation de l'industrie électrique. Aux Etats-Unis, deux lois ont stimulé les innovations et introduit progressivement la concurrence. Après l'activité de production en 1978 (*PURPA Public Utility Regulatory Policies Act*), puis une partie du marché de gros en 1992 (*EPAct Energy Policy Act*), la déréglementation des activités de détail, dissociées de la distribution, est désormais discutée voire expérimentée dans certains Etats (Californie, Illinois, Massachusetts...). Les mesures engagées sont conçues pour encourager la concurrence dans l'activité amont et pour réformer la réglementation des fonctions de transport et de distribution qui sont encore perçues, dans certaines mesures, comme des monopoles naturels. La restructuration du secteur encourage le progrès technique dans les segments déréglementés. En amont, de nouvelles petites unités de production décentralisées sur les lieux de consommation transforment ainsi l'organisation de l'ensemble de l'industrie.

## II - LES UNITES DE PRODUCTION DISTRIBUEE

En amont de la chaîne de valeur du secteur de l'électricité, la concurrence et le besoin de réduire les coûts ont été accélérés par un bouleversement technologique. Les résultats des recherches ont permis le développement de centrales électriques à cycle combiné plus efficaces et plus petites que celles qui dominaient jusque-là.

Figure 1 : Taille optimale d'une centrale (courbe de coûts, MWh, 1930-1990)



Source : Inspiré de C. BAYLESS (1994)

La figure 1 met en évidence l'évolution en soixante ans du coût moyen et de la taille des centrales. Dans les années trente, une unité de 50 MW était la moins chère à construire. Avec les progrès techniques, les unités de production les moins onéreuses sont devenues des centrales de 200 MW dans les années cinquante, jusqu'à plus de 1 000 MW au milieu des années quatre-vingts. Cette période de rendement croissant favorisait l'efficacité économique par des unités de production de taille toujours plus importante (T. CASTEN, 1995).

Les avancées technologiques dans les turbines à gaz et cycles combinés ont permis de réduire la taille optimale des unités de production qui est aujourd'hui de 50 à 150 MW (Source : EIA,1999). Ces nouvelles turbines se diffusent de façon croissante dans l'industrie électrique : leurs commandes représentant en 1998 environ 50% du marché mondial des centrales thermiques au lieu de 15% en 1985.

Dès que le coût des nouveaux systèmes deviennent plus faibles que les coûts opérationnels des centrales traditionnelles, les nouvelles unités de production sont développées. Les investissements obsolètes représentent le prix payé par les anciennes firmes pour le progrès technique. J.SCHUMPETER déplorait les politiques qui freinaient les innovations ou dédommageaient les entreprises réglementées victimes. Le débat sur les coûts échoués ("*stranded costs*") repose sur la perte de valeur des centrales traditionnelles et est peut-être le problème le plus critique associé au développement des nouvelles technologies de production.

La réduction des tailles optimales des centrales électriques s'est accompagnée du développement d'unités de quelques kilowatts (moins de 5 MW) pour des usages locaux. Les récents progrès techniques ont favorisé l'émergence des unités qualifiées de **production distribuée** ("*distributed generation*"). Ce terme s'applique à différentes techniques de production d'électricité près des lieux de consommation. Ces technologies comprennent principalement les microturbines, les petits moteurs (diesel, à vent...) et les piles à combustibles.

Les unités de production distribuée présentent, non seulement une solution alternative de plus en plus compétitive pour la production d'électricité, mais également des avantages indéniables sur les systèmes traditionnels. De petites unités clé en main, requérant un espace réduit, non polluantes et silencieuses, procurent aux consommateurs, et à tout acteur, la capacité technique de posséder sa propre source de production d'électrons.

Le marché des unités de production distribuée demeure néanmoins réduit. Depuis 1993, plus de 10 000 MW de petites unités de moins d'5 MW sont vendues chaque année comme source première de production d'énergie dans le monde (tableau 1). Le segment des unités inférieures à 1 MW enregistre des taux de croissance (10% par an) deux fois supérieurs à la moyenne. A titre de comparaison, l'Agence Internationale de l'Energie prévoit une hausse de la demande de nouvelles capacités de production de 100 000 MW par an dans les dix prochaines années (Source , 1998).

Tableau 1 : Ventes annuelles d'unités de production distribuée

	1985	1990	1995	1997
< 5MW	7 500	9 500	12 000	14 500
< 1MW	2 000	2 900	4 600	5 800

Source : EIA, 1999

Ces nouveaux systèmes modifient une logique qui a guidé l'organisation du secteur pendant plus d'un siècle. La tendance des grandes centrales qui demandaient des années pour être construites et être payées (voir la discussion sur les coûts échoués) et qui nécessitaient des kilomètres de lignes, est progressivement abandonnée au profit d'unités plus petites. L'histoire semble se répéter. Cette nouvelle approche dans les activités de production et de distribution d'électricité est comparable aux changements importants survenus dans le domaine de l'informatique au cours des dix dernières années. Les unités de production distribuée présentent la même relation avec les centrales traditionnelles que le P.C. avec les ordinateurs centraux de grandes tailles, elles apportent la "puissance" directement aux consommateurs.

Un avantage inhérent à toutes ces technologies est "l'affaiblissement du besoin" du réseau électrique haute tension. Ce nouveau mode de production ne requière aucun investissement dans le réseau de transport et contourne les "goulots d'étranglement". A court et moyen termes, les unités de production distribuée ne remplaceront pas complètement les centrales traditionnelles. Elles serviront pour approvisionner et soulager le système de transport et de distribution, ainsi que pour la production sur le site de consommation (sources principale ou d'appoint). Les différents segments de la chaîne de valeur devraient être transformés. Les probabilités pour cela se produise et les implications sont encore difficiles à prévoir de nos jours.

### III - LES MICROTURBINES A GAZ

Une des options récentes de production distribuée sont les microturbinés à gaz qui produisent de l'électricité à des coûts inférieurs et à des degrés d'efficacité supérieurs à ceux des centrales traditionnelles. Les avancées techniques et le bas prix du gaz, ont défavorisé les piles à combustibles et autres unités avec des énergies renouvelables. Ces dernières ne sont pas parvenues à trouver une niche en raison de leurs coûts plus élevés (Tableau 2).

Tableau 2 : Comparaison des différentes technologies de production distribuée

	Capacité	Efficacité (% convertis en électricité)	Coût (installation par kW)	Maintenance (par kWh) *	Emissions (pounds/MW)
Microturbinés	30-300 kW	25%-50%	\$300-\$750	0.3¢ -1.0¢	0.1-0.5
Turbines à Gaz	1-30 MW	21%-42%	\$650-\$900	0.3¢ -0.8¢	0.1-2.0
Piles à Combustibles	3 kW - 3 MW	40%-65%	\$900-\$3000	0.5¢ - 1.0¢	0.1-0.2
Piles Solaires	1 kW- 100 kW	n.a.	\$1000-\$6000	\$8-\$12 un an	n.a.
Centrale à cycle combine à turbine à gaz	400 MW	60%	\$350-\$400	0.2¢- 0.4¢	0.2
Centrale traditionnelle à charbon	300 MW- 400 MW	32%-35%	\$900-\$1300	0.5¢ - 1.0¢	4.0-10.0

\* Coûts ne comprennent pas le prix des combustibles qui varient selon les sources

¢ = US\$ cents

Il est difficile d'effectuer des comparaisons entre ces technologies qui évoluent très rapidement : les résultats dépendent des générations de produits considérés

Source : Electric Power et Gas Research Institutes (1998, 1999)

L'avantage des microturbinés à gaz n'est pas que financier ; leur développement est stimulé par :

- Leur faible coût du capital (coût de construction plus court minimisant les risques),
- Leurs propriétés : pré emballées, relativement sans entretien, silencieuse....,

- Leur diversité d'application,
- L'abondance de gaz à prix modéré (baisse du prix du gaz depuis 1984),
- Le haut niveau d'efficacité atteint (environ 55% amis attendu s'améliorer)
- Leur impact réduit sur l'environnement.

Même si la demande de nouvelles capacités de production augmente de 100 000 MW par an dans les dix prochaines années (Source *EIA, 1999*), les unités de production distribuée ne vont pas remplacer complètement les grandes centrales traditionnelles. L'optimisme envers les microturbines apparaît prématuré puisqu'elles ne sont pas encore une réussite commerciale. Les coûts des microturbines de la première génération prévue à la vente en 1997 aux États-Unis ont été cinq fois supérieurs à ceux attendus (350\$ par kW). Actuellement, un obstacle à leur développement chez les consommateurs résidentiels demeure leur coût pour une utilisation journalière. Installer une microturbine dans un supermarché et la relier au réseau afin de l'approvisionner en combustible et vendre l'électricité excédentaire présente également des difficultés. Le problème de l'organisation de l'approvisionnement en gaz naturel de ces unités se pose dans de nombreux états Américains. Les distributeurs de gaz naturel travaillent sur une nouvelle structure de distribution pour faciliter l'essor de ces unités de production d'électricité à partir du gaz naturel.

Comme le souligne W. SHEPHERD (1997), "*L'industrie électrique américaine est désormais un laboratoire pour tester le rôle des nouvelles technologies dans la promotion ou le blocage de la concurrence*". L'essor de ces unités de production distribuée implique des évolutions dans le comportement des acteurs. Au lieu de développer ces systèmes, des compagnies de service public sont accusées d'avoir ralenti les recherches et intentionnellement reculé le développement de ces unités pour s'assurer le contrôle du marché de la production distribuée. Des économistes clament à la collusion et mettent en évidence des **pratiques anticoncurrentielles** : rétention d'information, obstruction à l'interconnexion des réseaux (en imposant des pénalités aux clients qui tentent d'être autoproducteurs) et corruption des entités qui menacent de produire elles-mêmes leur électricité à des taux inférieurs. Plusieurs producteurs indépendants de microturbines ont été cooptés par les firmes pour limiter l'accès à cette technologie. Les compagnies traditionnelles semblent se positionner de façon à maîtriser l'ensemble de la distribution d'électricité sur les marchés déréglementés.

## CONCLUSION

Les nouvelles unités de production distribuée font plus que produire à moindre coût, elles attaquent l'avantage économique des centrales traditionnelles. Plutôt que de continuer à tendre des milliers de kilomètres de lignes afin de livrer l'électricité aux particuliers, une autre solution se profile à l'horizon. Les défis auxquels se trouvent confrontées les microturbines à gaz pourraient bien anéantir les bénéfices de ces technologies. Tout le monde ne prédit pas un franc succès à ces unités de production distribuée ; pour certains sceptiques, la production à petite échelle ne sera jamais économiquement viable. Les nouvelles technologies sont néanmoins aujourd'hui l'un des moteurs les plus puissants du changement d'organisation industrielle dans le secteur de l'électricité.

Ces innovations font en réalité plus qu'éliminer les situations monopolistiques : elles accélèrent le mouvement. Au cours des dernières années, l'intérêt croissant pour les microturbines à gaz a entraîné une compétition intense avec de nouveaux acteurs à la recherche d'une rente de situation. Pour ne pas voir leur position s'éroder, certaines entreprises traditionnelles d'électricité montrent clairement qu'elles préfèrent contrôler ces nouvelles technologies plutôt que de les laisser miner leur position.

" *Les gagnants seront ceux qui auront affronté la concurrence avant les autres et qui auront appris à lutter. Mais en fin de compte, le message sera le même pour tous : changer ou mourir* " (C. BAYLESS, 1994). Depuis 1996, une vague de fusions entre des entreprises américaines d'électricité et de gaz naturel est notable. Les avancées technologiques en production d'électricité à partir du gaz naturel ont eu un impact particulièrement visible sur la concentration des industries. Au fur et à mesure que la concurrence s'intensifie, l'application vigilante des lois antitrust est essentielle pour la préservation d'une industrie concurrentielle.

## REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier le Professeur Jean-Marie CHEVALIER pour ses suggestions et ses encouragements. Je remercie également Alberto ELIZALDE-BALTIERRA ainsi que Christine HUYNH pour leurs judicieux conseils.

## REFERENCES

- AVERCH H. & JOHNSON L.L. (1962)**, "*Behavior of the firm under regulatory constraint*", The American Economic Review, vol. 52, n°5, December, pp. 1052-1069.
- BAYLESS C.E (1994)**, « *Less is more : why gas turbines will transform electric utilities* », Public Utilities Fortnightly, vol. 132, n°22, December, vol. 21, pp. 21-25.
- CHEVALIER J.M. (1997)**, "*Contestabilité des marchés et nouvelle dynamique concurrentielle : une nouvelle problématique économique de l'énergie*", Revue de l'Energie, n°486, Mars /Avril, pp. 209-216.
- IEA (1999)**, *Electric power technology, Opportunities and challenge of competition*, OCDE IAE, Paris.
- JOSKOW P.L. & ROSE N. (1985)**, "*The effect of technological change, experience and environmental regulation on the construction costs of coal burning generating units*", Rand Journal Of Economics, vol. 16, n°1, pp. 1-27.
- KHAN A.E. (1970)**, *The economics of regulation*, 2 vol. , New York, Wiley.
- KHAN A.E. (1988)**, *The economics of regulation : principles and institutions*, MIT Press, Cambridge.
- SCHUMPETER J.A. (1942)**, *Capitalism, socialism and democracy*, Harper & Row, New York.
- SHEPHERD W.G. (1996)**, *The Economics of industrial organization*, Englewood Cliffs, Prentice Hall.
- SHEPHERD W.G. (1997)**, "*Control over technology by deregulated monopolies*", Revue d'Economie Industrielle, n°80, pp. 25-45.
- SHERER F.M. & ROSS D. (1991)**, *Industrial market structure and economic performance*, Chicago Rand Mac Nelly, 3 ed.
- SWENNEY G. (1981)**, "*Adoption of cost saving innovations by a regulated firm*", American Economic Review, vol. 71, pp. 437-447.
- VIETOR R.H.K. (1994)**, *Contrived competition : Regulation and deregulation in America*, Cambridge, Harvard University Press.