

Synthèse de la recherche intitulée : “*Analyse des substitutions entre différentes formes d’énergies dans l’industrie*”

Les résultats de nos travaux de recherche sur le thème “*Analyse des substitutions entre différentes formes d’énergies dans l’industrie*” comprennent des travaux économétriques et des travaux théoriques. Les travaux économétriques utilisent des données individuelles d’entreprises recueillies par le service statistique du Ministère de l’Industrie. Les observations disponibles portent sur la période 1983-1996 et concernent entre 13 000 et 20 000 entreprises selon l’année d’observation considérée. Les données comportent principalement des consommations d’énergie, mesurées en unités physiques, et des dépenses de consommation, mesurées en FF ; toutes les formes d’énergies effectivement utilisées dans l’industrie sont concernées.

L’utilisation de telles données dans un modèle économétrique se heurte à un problème particulier, l’existence d’un nombre très important de dépenses nulles : beaucoup d’entreprises ne consomment pas une ou plusieurs formes d’énergies. La littérature existante propose deux solutions à ce problème. La première consiste à considérer que les entreprises sont contraintes par la technologie disponible et ne peuvent donc choisir que parmi un nombre fixe et limité de formes d’énergies différentes ; c’est le modèle que nous appelons “*modèle à technologie fixe*”. La seconde solution consiste à considérer que les consommations nulles résultent d’un choix de l’entreprise fondé sur la minimisation des coûts : l’entreprise préfère ne pas consommer car le prix relatif de l’énergie considérée a atteint un seuil au-delà duquel son coût d’utilisation est trop élevé. Nous appelons le modèle correspondant “*modèle à technologie flexible*”. Ce dernier modèle est beaucoup plus difficile à estimer que le précédent et on ne trouve, pour cette raison, que très peu d’exemples de son utilisation dans la littérature. De plus, aucune de ces utilisations ne repose sur des données de panel. Nos estimations constituent donc, à notre connaissance, la première application du modèle à technologie flexible à

de telles données.

Une autre apport de nos travaux économétriques est de montrer qu'il est possible d'étendre l'analyse des substitutions entre différentes formes d'énergies à plus de trois formes d'énergies différentes. Cette limite, jusqu'ici incontournable n'a pu être dépassée que grâce à l'application d'une technique d'estimation très récemment mise au point : "*la méthode du maximum de vraisemblance simulée*". Le principal intérêt de cette extension est de tester l'existence de biais éventuels sur les élasticités de substitution qui aurait pu résulter du niveau d'agrégation élevé auquel nous obligeait jusqu'ici le modèle flexible. Sur les données du SESSI et pour un secteur de production particulier, le secteur du "papier carton", les biais apparaissent négligeables. Compte tenu de la lourdeur de la méthode, ce résultat est très utile pour une extension de l'analyse à d'autres secteurs de production.

La comparaison des résultats obtenus à l'aide du modèle à technologie fixe avec les résultats obtenus à l'aide du modèle à technologie flexible donne une information essentielle à l'interprétation des travaux économétriques disponibles dans la littérature. Nous montrons en effet que les deux modèles conduisent à des estimations des possibilités de substitution entre formes d'énergies dans l'industrie très significativement différentes. Ainsi par exemple, faire l'hypothèse d'une technologie fixe alors que la vraie technologie est flexible, implique une erreur de l'ordre de 30% sur les réductions d'émissions de CO₂ qui résulteraient d'un même niveau de taxe, 30 euros par tonne de carbone.

Ce résultat s'explique aisément par le fait que ces deux modèles reposent sur des hypothèses diamétralement opposées en ce qui concerne les technologies énergétiques : rigidité parfaite dans un cas, flexibilité parfaite dans l'autre. Sachant que la réalité est très probablement entre les deux modèles, son principal intérêt est de mesurer les enjeux d'une recherche théorique permettant de développer un modèle plus pertinent.

Dans une encyclopédie récente consacrée à l'énergie, Kenneth B. Medlock écrit "When combined with energy-using capital equipment, energy provides the work necessary to produce good and services in both the industry and the household. As such, energy consumption, whether in the firm or household, is the result of a set of simultaneous decisions. Energy consumers must determine the quantity and type of capital equipment to purchase, where type is differentiated by technological characteristics such as efficiency and fuel input, and they must also determine a rate of capital utilization".¹

Cette phrase suggère une direction de recherche tout à fait con-

¹Voir Cleveland J.(Editor in Chief), "*Encyclopedia of Energy*", chapitre 2, "*The Economics of Energy Demand*", pages 65-78.

forme à celle que nous avons adoptée. Nos travaux théoriques nous ont en effet permis de proposer différents modèles, dans lesquels les rigidités de court terme des demandes d'énergies sont prises en considération. Dans ces modèles, ce sont les équipements disponibles qui limitent la consommation d'énergie ou les substitutions entre les différentes formes d'énergies. Or, ces équipements sont choisis dans un contexte d'incertitude sur les prix futurs des énergies et/ou sur la demande adressée à l'entreprise. Cette dernière pourra donc se trouver dans une situation où les équipements préalablement choisis sont inadaptés à ses besoins.

Le but ultime de ces recherches théoriques serait de déboucher sur un modèle économétrique nécessitant un échantillon d'observation dont la construction serait réalisable. Les modèles théoriques faisant référence aux équipements utilisant l'énergie, des observations sur les caractéristiques de ces équipements sont évidemment indispensables. De telles informations ont pu être réunies pour un secteur de production donné grâce au CEREN ; elles sont donc venues compléter, pour ce même secteur de production, la base de données tirée des enquêtes EACEI du Ministère de l'Industrie. Nos efforts pour construire un modèle économétrique, dérivé des modèles théoriques que nous avons écrits, et compatible avec les données dont nous disposons, sont proches d'aboutir. Cependant il reste encore du travail à faire du fait d'une difficulté que nous n'avions pas anticipée et qui résulte de la très grande diversité des équipements utilisés dans les entreprises du secteur.

De notre point de vue, le prolongement naturel de la recherche que nous avons réalisée est clair. L'effort doit d'abord être concentré vers l'estimation de modèles permettant d'estimer des élasticités de substitution sur des données individuelles d'entreprises, telles que celles dont nous disposons, à l'aide d'un modèle économétrique dérivé de nos travaux théoriques. Bien sûr l'estimation d'élasticités de substitution n'est pas un objectif en soit. Derrière ces estimations se profile l'intérêt majeur pour les décideurs, et par voie de conséquence pour les entreprises, de connaître les marges de manoeuvre réelles dont disposent ces dernières pour s'ajuster à des politiques visant à réduire les émissions de CO₂. Quelle que soit en effet la politique retenue en pratique, elle aura nécessairement pour conséquence d'accroître les prix des énergies les plus carbonées relativement aux prix des énergies les moins carbonées. Ce sont donc bien les capacités de substitution entre les différentes formes d'énergies des entreprises qui vont déterminer l'efficacité et le coût économique de ces politiques.

Notre recherche nous a permis de développer les modèles théoriques indispensables à la mise en oeuvre de modèles économétriques nouveaux

et pertinents au regard de ce que nous enseignent différentes enquêtes, et notamment celles du SESSI et du CEREN, sur la flexibilité des technologies énergétiques. Ces nouveaux modèles pourraient servir à réaliser des simulations permettant d'évaluer les enjeux de différentes politiques de réduction des émissions de CO₂. En particulier, il serait possible d'évaluer les coûts pour les entreprises résultant de différents niveaux de sévérité de ces politiques et enfin de proposer un rythme de mise en oeuvre de ces politiques fondé sur les capacités réelles des entreprises à s'adapter.

Les simulations que nous avons réalisées nous ont permis d'estimer ce qui doit être considéré comme un minorant du niveau de taxe qui devrait être appliqué pour parvenir à un objectif donné de réduction des émissions de CO₂. Ainsi par exemple, pour un secteur gros consommateur d'énergie (le secteur du papier carton), le niveau de taxe qui permettrait de stabiliser les émissions de CO₂ sur la période 1990 - 2040 serait de l'ordre de 117€/tC (valeur évidemment calculée sous l'hypothèse d'une technologie flexible). Cela montre les enjeux d'une poursuite de nos travaux dans la direction que nous proposons ici.