

Energie nucléaire :

Gestion des risques et impacts socio-économiques

Laboratoire porteur du projet

Bureau d'Economie Théorique et Appliquée (BETA)
UMR 7522 CNRS/Université Louis Pasteur/Nancy-Université
61 Avenue de la Forêt-Noire
67085 Strasbourg CEDEX
Tél. : 03 90 24 20 69 (secrétariat), Fax : 03 90 24 20 71

Responsable scientifique : Sandrine Spaeter

(spaeter@cournot.u-strasbg.fr ou Sandrine.Spaeter-Loehrer@univ-nancy2.fr)

Chercheurs impliqués

Professeurs (statut au 1^{er} septembre 2007)

- **Marie-Hélène Broihanne**, finance de marché, économie expérimentale, LARGE, ULP - Strasbourg 1.
- **Johanna Etner**, économie du risque, GAINS - Université du Maine jusqu'au 31 août 2007 ; Univ Paris 5 depuis le 1^{er} sept. 2007.
- **Eric Langlais**, économie du risque et de l'assurance, économie du droit, UFR Administration Economique et Sociale – Nancy Université.
- **Maxime Merli**, finance comportementale, finance de marché, LARGE, ULP - Strasbourg 1.
- **Sandrine Spaeter**, économie du risque et de l'assurance, gestion des risques majeurs, BETA – Nancy Université.

Maître de conférences habilitée à diriger des recherches

- **Meglana Jeleva**, économie du risque et de l'assurance, théorie de la décision, GAINS - Université du Maine et chercheur associé à EUREQua, Paris1.

Maîtres de conférences

- **Yannick Gabuthy**, négociation et résolution des conflits, économie expérimentale, BETA – Nancy Université.
- **André Schmitt**, finance de marché, gestion des risques majeurs, LARGE, ULP - Strasbourg 1.

*** Contexte de l'étude**

Les points qui doivent être considérés dans la réflexion sur l'orientation à prendre en matière d'énergie en général et d'énergie nucléaire en particulier relèvent de préoccupations économiques et environnementales. D'abord, la production d'énergie à partir du nucléaire ne génère pas, ou peu, de gaz à effet de serre et est, en ce sens, plus respectueuse de l'environnement que la production à partir d'énergies alternatives telles que celles produites à partir de gaz ou de charbon. En ce sens, le développement du nucléaire permettrait alors de mieux faire face aux engagements de réduction des gaz à effet de serre pris dans le cadre du protocole de Kyoto en décembre 1997. Par ailleurs, les impacts ponctuels sur les eaux du fleuve ou de la mer qui refroidissent les installations, les impacts chimiques dus aux rejets des effluents et l'impact radioécologique font l'objet de contrôles réguliers et de plus en plus stricts, ce qui semble aller dans le sens d'une meilleure gestion des risques liés au nucléaire.

Rappelons encore que le fort taux d'électricité produite à partir du nucléaire permet à la France d'acquérir un avantage compétitif certain une fois le processus de retour sur investissement amorcé, le coût de production variable étant plus faible que celui des autres énergies. Le nucléaire permet également d'acquérir une certaine indépendance par rapport aux autres combustibles, comme le pétrole ou le gaz, dont l'offre mondiale et le prix subissent d'importantes fluctuations peu prévisibles à moyen ou long terme. Le fait que les ressources non renouvelables soient limitées relance encore la question de l'indépendance énergétique et du développement du nucléaire, aux côtés des énergies renouvelables.

Toutefois, si la production d'énergie nucléaire est propre, les déchets qu'elle génère sont particulièrement dangereux. Si leur traitement, leur transport et leur stockage ne sont pas strictement encadrés, les risques pour la société actuelle et pour les générations futures peuvent, à eux seuls, justifier l'abandon du nucléaire. Dans ce contexte, les risques d'accident, d'exposition au rayonnement, à la radio-toxicité des combustibles irradiés et des matériaux qui interviennent dans la constitution des réacteurs ainsi que les risques liés à un mauvais stockage des déchets ne sont pas toujours considérés de manière objective par les agents économiques (riverains de centrales, ménages en général, mais également industriels). De là découle presque immédiatement un problème d'acceptabilité (ou de rejet) de l'énergie nucléaire sur la base des enjeux véritables et non uniquement de croyances propres aux agents économiques. La prise en compte de cet aspect lié au comportement microéconomique des agents est primordiale si la France veut réunir toutes les conditions d'un développement efficace et en phase avec le développement durable de l'énergie nucléaire.

Aux côtés de la perception du risque, la question de son assurabilité est tout aussi importante, surtout parce que l'on parle ici de risques fortement corrélés entre les agents. Cette corrélation rend le risque du nucléaire difficile à assurer via les seuls mécanismes standard d'assurance.

*** Objectifs et résultats**

Dans ce contexte, le BETA a proposé de fédérer, autour de la question de la perception du risque nucléaire et de celle de sa couverture, les compétences en microéconomie de ses chercheurs, de certains collègues financiers du LARGE (Laboratoire de Recherche en Gestion et en Economie, ULP) ainsi que celles de deux autres collègues, chercheurs au GAINS de l'Université du Maine et chercheurs associés à EUREQua (Paris 1).

1) Un premier travail a reposé sur la question de la perception des risques par les agents et de l'influence de cette perception, que l'on peut modifier, sur leurs comportements (de consommation, de production, ...). Il a fait appel à la microéconomie du risque et de l'incertain, à l'économie de l'information.

Dans Etner (2006), nous analysons comment les risques associés à l'énergie nucléaire sont perçus par la population et comment ces perceptions permettent d'expliquer les décisions individuelles en matière de choix énergétique. Nous constatons que le risque nucléaire est très souvent surestimé par l'opinion publique. Aussi, la transmission d'information par les autorités publiques doit-elle se faire dans un contexte de déformation de l'information. Nous présentons une série de modèles développés à la suite d'études expérimentales permettant d'introduire les perceptions individuelles des risques et ainsi de mieux appréhender les comportements observés.

Dans Etner, Jeleva, Langlais et Spaeter (2007), nous développons un modèle de choix énergétique intertemporel. Nous considérons à la fois le secteur de la production d'un bien à partir d'énergie nucléaire et/ou fossile (et de travail) et les aspects liés à la consommation de ce bien par des agents dont les préférences sont représentées par le modèle RDEU (utilité espérée dépendante du rang). Cette modélisation nous permet de considérer que les consommateurs déforment les probabilités objectives du risque nucléaire et sont soit pessimistes soit optimistes, tandis que le producteur utilise les probabilités objectives annoncées par les experts. Chaque type d'énergie a une efficacité énergétique qui lui est propre et véhicule un risque de dommage à l'environnement. Dans ce contexte, nous cherchons l'optimum social et l'équilibre décentralisé.

Les résultats auxquels nous aboutissons sont les suivants :

- Si la valeur attendue du risque nucléaire PERCUE par les consommateurs est toujours inférieure au niveau de pollution certain induit par la production de l'énergie fossile, cela ne suffit pas pour justifier l'abandon de l'énergie fossile. L'optimum social dépend à la fois de la perception que les agents ont du risque nucléaire, qui influe négativement sur leur bien-être, et de l'efficacité énergétique. Si le premier effet contrebalance le second, un optimum social avec deux solutions intérieures émerge : une production à la fois d'énergie fossile et d'énergie nucléaire.

- Si le risque attendu de l'utilisation du nucléaire (traitement et stockage des déchets compris) est supérieur à la pollution due à l'utilisation de l'énergie fossile, différentes situations sont possibles. Elles mettent toujours en jeu la perception des risques par les agents à travers la forme de leur fonction de transformation de probabilités et le coût psychologique dû à la présence de risque. Ce coût est positif dès lors que l'agent a une fonction d'utilité concave, mais il est affecté par la distribution (transformée) du risque. Chaque agent a alors un coût psychologique qui lui est propre malgré la connaissance commune des probabilités objectives des risques.

- Un agent pessimiste au sens du modèle RDEU a toujours un coût psychologique supérieur à celui d'un agent VNM ayant la même fonction d'utilité. Ce résultat n'est pas aussi immédiat qu'il n'y paraît. En effet, le pessimisme est un concept différent de celui de l'aversion au risque. Ce dernier signifie qu'un agent n'aime pas le risque et est prêt à payer pour s'en débarrasser, tandis que le pessimisme reflète une « méfiance » par rapport à une information donnée sur la distribution. Le pessimisme se traduit par une déformation de la distribution selon les croyances propres de l'individu.

Nous montrons également que le coût psychologique perçu (donc calculé avec la distribution transformée) augmente avec le degré de pessimisme.

2) L'approche complémentaire à la précédente et relative à l'utilisation de l'économie expérimentale a permis de tester en laboratoire¹ les comportements d'agents face à différentes situations de choix risqués et de types de risques. Elle a été précédée d'une analyse de la littérature relative aux aspects psychologiques de la perception des risques. (Broihanne, Gabuthy et Merli, 2007).

Le point central des travaux en psychologie cognitive peut être résumé comme suit : face à un choix complexe, les individus opèrent des simplifications ou des raccourcis de raisonnement. Les décisions prises par ces derniers sont alors régies par des règles simplifiées qualifiées d'heuristiques. Les spécificités des heuristiques de représentativité, de disponibilité et de l'affect ont, en particulier, été analysées. Les deux dernières tiennent une place particulière dans le cadre de la perception du risque nucléaire.

Les résultats relatifs aux comportements des agents et leurs perceptions du risque nucléaire ont fait l'objet d'expérimentations en laboratoire. Elles complètent les résultats obtenus jusque là *via* l'usage de questionnaires effectués par téléphone et/ou courrier, dont le mode de communication et d'interaction utilisé ne permet pas de contrôler le contexte décisionnel du sujet testé. L'objectif de notre étude et de notre expérience était double. D'une part, il s'agissait de déterminer s'il existe effectivement une corrélation négative entre la perception des risques et celle des bénéfices dans le contexte particulier de l'énergie nucléaire. D'autre part, l'objectif était de déterminer si cette corrélation ainsi que l'appréciation distincte des risques et des bénéfices sont influencées par la nature de l'institution à l'origine de l'information. Nous avons

¹ Ces expériences ont été menées au sein du LEES (Laboratoire d'Economie Expérimentale de Strasbourg).

ainsi considéré que l'information était transmise soit par les autorités étatiques soit par une organisation non gouvernementale. Les expérimentations effectuées mettent en lumière deux résultats majeurs.

- L'information fournie aux individus joue un rôle dans la perception que ces derniers peuvent avoir des risques et bénéfices relatifs à l'énergie nucléaire. En effet, l'information modifie globalement près de 10% des croyances initiales, avec un impact relativement plus important concernant les croyances ayant trait aux bénéfices de cette technologie. Il convient tout de même de relativiser cette influence dans la mesure où elle reste faible et centrée sur les cas où cette information concerne une affirmation du même type.

- Bien que l'impact de l'information sur la formation des croyances soit plus important lorsque cette information provient d'une association plutôt que du gouvernement, il apparaît que cet impact est statistiquement non significatif.² D'un point de vue qualitatif, ce résultat tend néanmoins à confirmer que le rôle de l'émetteur de l'information est primordial dans la manière dont cette dernière est traitée par l'individu. A cet égard, il devient important de tenir compte de cet effet potentiel de l'émetteur d'information dans la mise en place des politiques de communication relatives au nucléaire.

Ces résultats sont à prendre avec précaution car cette expérimentation constitue une première étape dans l'appréhension des phénomènes étudiés. A ce jour, aucune autre expérience du même type n'a été menée à notre connaissance.

3) Dans le cadre microéconomique relatif aux comportements des agents face aux risques, nous nous sommes intéressés **dans un dernier travail** à la couverture des risques par l'industrie du nucléaire. A partir d'une analyse assurantielle et financière, nous avons notamment abordé la question des captives et de la diversification par les marchés financiers. Cette étude ne pouvant pas se faire en dehors du cadre des législations qui régissent l'activité nucléaire civile, nous avons également mené un travail d'investigation sur les textes législatifs et d'analyse économique des comportements des opérateurs face aux contraintes législatives actuelles et envisagées dans le futur (Schmitt et Spaeter, 2007).

Deux ensembles de conventions internationales régissent la responsabilité civile du producteur : la Convention de Paris du 29 juillet 1960 portant sur la responsabilité du parti tiers complétée par la Convention de Bruxelles du 31 janvier 1963 portant sur les fonds supplémentaires, ont été élaborées sous l'égide de la NEA (*Nuclear Energy Agency*) et la Convention de Vienne, mise en place sous les auspices de l'IAEA (*International Atomic Energy Agency*) et promulguée le 21 mai 1963.

Ces conventions stipulent notamment la responsabilité stricte de l'opérateur nucléaire, la limitation de la responsabilité en montant et dans le temps et l'obligation faite à l'opérateur de se couvrir jusqu'aux plafonds spécifiés.

Les plafonds définissant les montants de responsabilité à charge de l'exploitant et des Etats Parties sont des éléments d'une architecture à trois tranches de réparation complémentaire définissant respectivement les responsabilités de l'exploitant, de l'Etat et de l'ensemble des Etats Parties (mutualisation en dernier ressort).

La responsabilité de l'opérateur limitée à un plafond prédéterminé a été critiquée dans la littérature et il est parfois suggéré qu'elle soit remplacée par une responsabilité illimitée (comme en Suisse, en Allemagne, au Japon) qui devrait permettre une internalisation complète des risques par les opérateurs (Faure (1995); Trebilcock et Winter (1997)).

Dans Schmitt et Spaeter (2007) nous modélisons cette problématique. Nous montrons notamment que tout rehaussement du plafond n'est pas nécessairement socialement désirable. Précisément, lorsque la responsabilité de l'opérateur est limitée aux deux premières tranches des conventions internationales, toute augmentation du niveau de responsabilité de l'opérateur incite ce dernier à augmenter son niveau de prévention. En revanche, si la responsabilité de l'opérateur est fixée à un niveau supérieur au plafond de la deuxième tranche, Il existe un seuil à partir duquel toute augmentation du plafond de responsabilité de l'opérateur entraîne une diminution de ses investissements en prévention. L'opérateur est maintenant incité

² Le caractère international, et non local, de l'association retenue dans l'expérience peut être un élément explicatif de ce résultat.

à réduire son niveau de prévention si sa responsabilité est "trop" grande, voire illimitée. Ce résultat tient aux propriétés, réalistes, de la fonction de coût de la prévention et de la distribution du risque nucléaire.

Dans une seconde partie, nous avons traité de la question de la couverture du risque nucléaire.

L'obligation faite aux producteurs de se couvrir par garanties bancaires ou par assurance, pour des montants stipulés dans les conventions internationales, a conduit à l'élaboration d'une architecture de couverture originale et propre au secteur nucléaire : des pools nationaux regroupent les fonds versés par les sociétés d'assurance d'un même pays afin de couvrir la responsabilité civile. Ces pools nationaux se réassurent ensuite auprès d'autres pools nationaux créant ainsi une toile mondiale de couverture réciproque. Plus récemment, pour couvrir le risque de dommage matériel, les opérateurs se sont auto-assurés à travers la création de captives telles que NEIL (*Nuclear Electric Insurance Limited*) aux Etats-Unis ou EMANI (*European Mutual Association for Nuclear Insurance*) en Europe. Ces captives ont progressivement concurrencé les sociétés d'assurance traditionnelles sur le terrain de la responsabilité civile. Elles permettent une réduction et une stabilisation des coûts ainsi qu'un accès facilité au marché de la réassurance. Ces avantages doivent être appréhendés sous l'angle de la théorie de la structure du capital et des théories informationnelles pour en expliciter leur origine et en mesurer leur portée effective. Elles permettent également de pallier les limites de l'assurance traditionnelle dues à différents facteurs (risque moral, incertitude sur les risques futurs, évolution de la responsabilité et faiblesse de l'offre, responsabilité limitée et faiblesse de la demande d'assurance, assurance au tiers). Nous mettons ainsi en avant les avantages que l'on peut retirer d'un système dans lequel les deux types de couverture sont complémentaires. Dans ce contexte de forte concentration sectorielle, les captives ont en effet un rôle important à jouer pour accroître la concurrence et faire baisser les primes. Leur poids actuel dans le domaine de la responsabilité civile est encore relativement limité : la captive européenne EMANI assure jusqu'à 100 millions € en responsabilité civile pour un montant minimum obligatoire de 700 millions € par pays signataire suite aux derniers amendements des Conventions de Paris et de Bruxelles.

Nous discutons également des avantages et limites de couvertures alternatives (*cat-linked securities*).

Broihaune M-H., Gabuthy Y. et M. Merli, (2007), « La perception du risque nucléaire : théorie et expérimentations », miméo Université Louis Pasteur/ Nancy-Université.

Etner J, (2006), « Les risques associés à l'énergie nucléaire et leurs perceptions », *Economie et Société* 10-11..

Etner J. et M. Jeleva, (2004), « Pessimism or optimism : A justification to voluntary contributions toward environmental quality », Document de travail Maison des Sciences Economiques, EUREQua, Série Verte n°2004.99, Université Paris 1.

Etner J., Jeleva M., Langlais E. et S. Spaeter, (2007), « Optimal decision on energy production with heterogeneous risk perceptions », miméo Nancy-Université / Université du Maine.

Schmitt A. et S. Spaeter, (2007b), « Instruments de couverture du risque nucléaire et impact des législations internationales », à paraître dans la *Revue Economique*, novembre.

Rapport final BETA/CFE, (2007), «Energie nucléaire : Gestion des risques et impact socio-économiques», juin, 68 pages.