

Comment estimer le coût d'un accident nucléaire ?

Remarques préliminaires

Ce papier présente quelques modestes observations issues de l'expérience du praticien et traitant de l'estimation du coût d'un accident nucléaire avant qu'il ne se produise, dans le but de soutenir les décisions publiques.

Avant de procéder, notons que le coût d'un accident nucléaire DOIT être estimé. En l'absence de quantification, les décisions qui feraient naturellement intervenir ce coût seraient nécessairement prises sur des bases qualitatives. Elles seraient alors vulnérables à de nombreux biais, notamment les idéologies de tous bords et la pression des intérêts privés. L'intérêt général ne pourrait qu'en pâtir. Par ailleurs, la quantification offre un cadre à l'analyse des phénomènes et permet d'en faire progresser la connaissance. Par exemple, dans le domaine de la lutte contre l'effet de serre, le rapport Stern marque un tournant en apportant une quantification de l'ampleur du risque. Après la publication de ce rapport, on peut certes le critiquer, mais les débats s'inscrivent naturellement dans le contexte de cette quantification.

Cette nécessité de quantifier les risques afin de pouvoir les traiter en connaissance de cause, de la façon la plus rationnelle possible, toutes les parties prenantes devraient la comprendre et la soutenir. Les politiques devraient réclamer de telles études et fournir les ressources organisationnelles et financières permettant de les effectuer ; les industriels devraient se montrer friands de telles quantifications, les appeler de leurs vœux, voire les soutenir et les financer, car elles ne peuvent qu'améliorer la culture du risque, dans leurs organisations, au sein des administrations et dans le grand public. Car la culture du risque c'est d'abord connaître ses risques et chercher à les estimer toujours mieux — pour ensuite y faire face. Enfin, les intellectuels (chercheurs, professeurs, observateurs, etc.) devrait également soutenir ce type d'études, non seulement en théorie, mais également dans leur pratique comme sources de faits susceptibles d'être étudiés.

S'agissant du coût de l'accident nucléaire, l'IRSN a proposé des estimations dès 2007 et s'efforce de les améliorer. Elles ne sont pas encore publiées en raison de la difficulté à s'exprimer dans le domaine nucléaire sans être instrumentalisé...

La présente contribution s'organise en deux parties : dans une première partie, deux remarques sur le processus d'estimation, dans une seconde, deux remarques autour et après l'estimation des chiffres. Elle se conclut en suggérant quelques problématiques à l'intention des universitaires et des chercheurs en économie.

1. Pendant l'estimation

Il n'est pas question ici de proposer un cours d'analyse coût-bénéfice, mais seulement de développer rapidement deux points : comptabiliser tous les coûts ; actualiser les chroniques de coûts au taux d'actualisation public.

Comptabiliser tous les coûts

Historiquement, les coûts d'accident nucléaire ont été estimés sur la seule base des coûts radiologiques hors site. Ces coûts comprennent : les conséquences sanitaires de l'accident et les coûts des contre-mesures mises en œuvre pour les réduire, essentiellement les interdictions de consommation de denrées contaminées.

Or les coûts radiologiques hors site ne constituent souvent qu'une faible part du coût complet de l'accident. Il existe de nombreuses autres sources de coûts consécutifs à un accident nucléaire comme l'accident de Fukushima vient de le confirmer. Par exemple : les coûts sur ce site, avec la perte du réacteur accidenté et dans certains cas la perte du site entier ; les coûts d'image qui se traduisent par des baisses d'exportations et des baisses d'activité touristique ; les coûts pour le système électrique du pays, sans parler de celui des autres pays ; le coût des territoires contaminés ; etc. Or, omettre un coût revient à estimer ce coût à zéro. La simple énumération des coûts autres que radiologiques montre que se limiter à ce dernier est nécessairement une sous-estimation non négligeable.

Pour jauger l'ampleur de cette sous-estimation, il est nécessaire d'effectuer un calcul complet. Et dans ce domaine, les résistances ont été nombreuses. Les plus élémentaires objecteraient par exemple que les coûts seront différents en été et en hiver et que par conséquent, on ne peut pas estimer les coûts : bien sûr, rien n'empêche de calculer deux coûts et l'estimation proposée sera de nature probabiliste. Une autre objection consisterait à demander : « Mais où s'arrêter ? », suggérant ainsi que les conséquences entraînent des conséquences qui entraînent des conséquences, que la tâche est infinie, et que par conséquent on ne peut pas s'y lancer...

Une fois l'estimation réalisée, aussi complètement que possible, il s'avère en effet que le coût radiologique hors site est une composante mineure du coût dans le cas des accidents non catastrophiques¹. C'est l'occasion d'observer que l'indicateur du nombre de morts ne doit pas être utilisé dans le cas des accidents nucléaires. Pour la plupart des grands accidents et des catastrophes, le nombre de morts représente souvent de façon satisfaisante la gravité de l'événement. Ce n'est absolument pas le cas de l'accident nucléaire : le nombre de morts immédiates est en général très faible, les cancers ne sont pas toujours nombreux, ne sont pas toujours mortels, et quand ils le sont, les décès correspondants sont souvent différés de 10, 20 voire 30 ans ou plus. Dans le cas de l'accident nucléaire, il vaut mieux, en théorie, utiliser le coût complet de l'accident pour repérer sa gravité, et si l'on cherche un indicateur plus simple, plus parlant, il vaut mieux utiliser le nombre de réfugiés radiologiques, c'est-à-dire le nombre de personnes qui doivent être déplacées pendant de longues durées voire de façon définitive.

¹ Il s'agit des accidents produisant des rejets plus ou moins contrôlés, ce qui exclut les rejets massifs. L'accident de Fukushima impliquait des rejets massifs en trois épisodes non contrôlés.

Actualiser au taux d'actualisation public

Pour un économiste, il est sans doute évident que l'estimation du coût d'un accident nucléaire comprend tout naturellement des opérations d'actualisation, et que celles-ci doivent être réalisées au taux d'actualisation public. Les conséquences d'un accident nucléaire s'étalant sur de nombreuses années, il faut évidemment actualiser les coûts pour proposer *un* chiffre actualisé à comparer, par exemple, aux coûts de la prévention. Cela doit être fait avec le taux d'actualisation public. Tout d'abord même des accidents aussi « ordinaires » que les accidents de la circulation relèvent d'une politique publique. En effet, chaque Français est concerné par les accidents de la circulation routière, les déplacements étant inhérents à la vie de chacun et de très nombreux déplacements se faisant par la route. Chaque Français est donc une victime potentielle et en cas d'accident le coût est potentiellement énorme pour lui. D'où l'implication du politique dans la prévention routière. Comment, dans ce contexte, la gestion de l'accident nucléaire ne relèverait-elle pas de la politique publique ? En outre, dans le cas de l'accident nucléaire grave :

- le coût se mesure en points de PIB, l'ensemble de l'économie est touché ;
- le territoire national est touché, et pour de nombreuses années ; l'image du pays est dégradée ;
- les retombées médiatiques sont aussi pénalisantes que les « retombées radioactives » et en font un objet politique ;
- les irradiés et les réfugiés radiologiques sont potentiellement nombreux ;
- ils vivraient leur perte comme un désastre injustement subi.

Il est donc clair que l'actualisation doit être menée au taux d'actualisation public.

Pour être simple, cette remarque n'en a pas moins des implications *de grande portée*. En effet, pour connaître le coût complet du nucléaire, il convient d'ajouter aux coûts de production tous les autres coûts, notamment le coût du risque d'accident ; le coût complet du nucléaire ne peut donc plus être envisagé au taux d'actualisation privé. Il serait illogique, par exemple, de calculer les coûts de production au taux d'actualisation privé et les coûts d'accident au taux d'actualisation public. La prise en compte des coûts relatifs à l'effet de serre, autre effet externe de la production d'électricité, aboutit à la même conclusion : la production de gaz à effet de serre, par exemple dans les centrales allemandes au lignite, représente un coût du point de vue public, qui ne peut être calculé qu'avec un taux d'actualisation public.

Par conséquent, les comparaisons entre filières de production d'électricité doivent être réalisées au taux d'actualisation public. Or, malgré leurs différences, les taux d'actualisation publics des pays occidentaux se situent

majoritairement entre 3% et 4%, valeurs auxquelles la filière nucléaire apparaît très rentable. En revanche, au-dessus de 7%, la rentabilité du nucléaire peut être mise en question².

Plus généralement, un système libéral à l'américaine fonctionne avec de nombreuses entreprises de taille moyenne. Le risque que présente chaque entreprise est plus élevé que dans un système régalien. Chacune fait donc face à des taux d'intérêt nettement plus élevés : les taux de marché additionnés de plusieurs primes de risque. Malgré la générosité de la politique monétaire américaine, ces taux sont probablement de l'ordre de 8% et plus (un rapport du MIT calcule 15% courants). Cela condamne en pratique la production nucléaire ; cela n'a pas d'influence majeure si le nucléaire est dominé par d'autres technologies, par exemple la filière gaz ; mais sinon, cela rend l'électricité plus onéreuse... et le système est globalement inefficace ! Comme dit en substance Gary Becker : en présence de risque, la théorie économique ne fonctionne plus normalement.

2. Après l'estimation d'un coût

Le travail d'estimation d'un coût est évidemment essentiel, mais doit s'accompagner de règles plus générales. Je voudrais en aborder deux : l'importance d'une attitude d'honnêteté, de transparence et de solidarité d'une part, la nécessité du « *story telling* » d'autre part.

Honnêteté, transparence et solidarité

Cette problématique gagne à être abordée à partir de la question suivante : « Comment torpiller l'approche rationnelle des problèmes ? » Par exemple en publiant le plus d'études possibles sur le sujet, études divergentes qui aboutiraient toutes à des conclusions contradictoires ! Confronté à une multiplicité de réponses, toutes semblant issues d'études sérieuses, le public serait nécessairement plongé dans le plus grand scepticisme (voir les travaux de Ulrich Beck). Il en serait de même du décideur qui se défierait alors de tous les analystes et ne croirait plus à aucune étude. Par suite, les décisions seraient prises sous le coup de l'émotion et/ou dans une optique purement politique³.

Ainsi, l'analyse coût bénéfice se déploie dans un monde où elle n'est pas nécessairement la bienvenue : ceux dont les intérêts sont contraires aux conclusions de l'analyse coûts-bénéfices ont tout intérêt à attaquer la rationalité qu'elle tente de soutenir. C'est particulièrement le cas des études réalisées du point de vue public, les bénéficiaires étant alors la société en général, c'est-à-dire personne en particulier.

Par conséquent, la communauté que forment ceux qui réalisent des analyses coûts bénéfices et des estimations de coûts a intérêt à développer une solidarité entre spécialistes ; en l'absence d'une telle solidarité, l'avenir de l'analyse coûts bénéfices n'est pas nécessairement des plus brillants. De nombreuses communautés scientifiques se sont trouvées confrontées à la publication d'études douteuses et ont établi en leur sein des règles de

² Voir, par exemple, OCDE, *Projected Costs of Electricity*, 2010

³ D'après certains, ce serait déjà le cas comme le montrerait le poids des sondages sur la décision publique.

comportement. Il serait souhaitable qu'il en soit de même pour l'analyse coûts-bénéfices, d'autant plus que ses conclusions peuvent mettre en cause des sommes tout-à-fait considérables.

La solidarité entre experts n'exclut absolument pas les divergences de vue, mais elle interdit tout dénigrement, impose une modération de bon aloi dans la critique, suggère le soutien explicite des études de qualité et le rappel de la nécessité des approches rationnelles.

L'honnêteté des études n'étant pas nécessairement supposée par les « clients » des estimations de coût, il serait bon d'aller vers une « honnêteté active », aller au-delà de l'abstention de pratiques douteuses, pour démontrer l'honnêteté de la démarche suivie d'une façon positive. C'est ici qu'intervient la transparence : les études devraient indiquer ce qu'elles traitent et ce qu'elles ne traitent pas. Dans le cas des estimations de coût, elles devraient se garder de biais systématiques, expliciter les lignes de coût traitées et celles qui ne le sont pas.

D'où le triptyque : honnêteté, transparence et solidarité. Honnêteté et probité dans le travail de recherche, transparence et honnêteté active dans le travail de rédaction, solidarité de la communauté, y compris les théoriciens, autour de la publication. Cette solidarité aurait pour but de favoriser l'approche rationnelle des problèmes, d'une façon générale, en particulier de soutenir l'analyse coûts-bénéfices et les estimations de coûts quand elles sont correctement réalisées. L'exercice n'est pas toujours facile, car la transparence contraint parfois à révéler que les estimations proposées ne sont pas parfaites et définitives...

Nécessité du « story telling »

Les attitudes qui viennent d'être proposées sont non seulement délicates à mettre en pratique, mais en outre, elles ne suffiront pas : elles pourront protéger contre certaines critiques, mais ne convaincront pas à elle seules. Il me semble que l'analyste doit, après son travail technique, s'efforcer de « vendre » ses résultats.

En effet, le chiffre, aussi honnête soit-il, est totalement insuffisant par lui-même. Il est comme les trois singes fameux : muet, sourd et aveugle. Par exemple, si le coût de l'accident nucléaire n'est qu'un input à l'analyse coûts/bénéfices, il devient "aveugle", comme un recoin où l'on ne peut aller voir où seuls les hyper-spécialistes peuvent se reconnaître. En lui-même, il ne porte pas de sens et par suite, il éveille la suspicion.

Le story telling permet de sortir du muet. D'abord en dissipant quelques idées fausses, par exemple dans le cas du coût de l'accident nucléaire :

- « *Ça explose et on est tous morts* » ; le réacteur à eau sous pression « n'explose » pas, il n'y aura pas de champignon nucléaire ; il est fort peu probable que l'on puisse observer dans le bâtiment réacteur les explosions de Fukushima, qui sont effectivement impressionnantes, même si elles n'ont causé aucune victime directe, à ma connaissance ;
- « *C'est la fin du nucléaire* » ; ce n'est pas la fin du nucléaire international, comme Fukushima l'a bien montré ; ce ne serait pas non plus la fin immédiate du nucléaire français, comme la décision allemande de

sortie du nucléaire le montre ; en revanche, c'est une profonde mise en cause et en débat de tout le système national, voire international, de production d'électricité ;

- Donc (!) on laisse tomber (sic !). Au contraire ! Plus l'événement est catastrophique, plus il doit être compris et prévenu...

Le but de l'explication du résultat, c'est de laisser le lecteur (l'auditeur) avec une vision, une idée claire de ce que l'estimation signifie et le sentiment qu'il est plus intelligent. Si ce sentiment est justifié... alors l'analyste lui aussi est devenu plus intelligent après avoir rédigé son histoire

3. De la pratique à la théorie...

Je joue dans cette session le rôle du praticien et je voudrais en profiter pour adresser aux théoriciens présents quelques suggestions qui correspondent aux besoins des praticiens tels que je les ressens.

Quelles méthodes pour couvrir tous les coûts ?

J'ai indiqué qu'une règle essentielle de l'analyse coûts-bénéfices est de couvrir tous les coûts (et tous les bénéfices). Tous les cours et tous les manuels d'analyse coûts-bénéfices le disent, bien évidemment ; ça tombe sous le sens. Mais l'estimation du coût de l'accident nucléaire montre que c'est plus facile à dire qu'à faire. D'autres secteurs confrontés aux estimations de coûts d'accident rencontrent la même difficulté, par exemple l'assurance avec le concept d' « iceberg du coût total ». Dans le secteur de l'assurance on parle de coûts directs et de coûts indirects. Mais qu'est-ce qu'un coût indirect pour un théoricien de l'économie ? Peut-il se contenter d'une définition à caractère juridique comme celle des assureurs ? Et qu'est-ce qu'un coût induit ?

Personnellement, je ne crois pas beaucoup à ces termes ; j'envisage la différence entre un état après accident et un état sans accident. Il n'en reste pas moins qu'il me faut établir la liste des coûts à quantifier et que je suis plongé là dans un exercice qui relève de l'artisanat plus que de la science. Certes, l'artisanat est le plus grand employeur de France, mais la Science pourrait-elle m'aider ?

Par ailleurs, je n'échappe pas au cas sans accident, c'est-à-dire le contrefactuel. Dans le cas de l'accident nucléaire, la contamination des territoires peut durer plus de 100 ans. Comment aborder le contrefactuel ? Ou, de façon plus réaliste : quelles sont les limites de la pratique usuelle consistant à considérer le statu quo comme l'état sans accident ?

La formule de Ramsey

Ma seconde remarque avait trait à l'actualisation : il faut mener les calculs en utilisant le taux d'actualisation public. Je prends donc le taux d'actualisation public tel qu'il est préconisé par la puissance publique. Je constate que celui-ci est basé sur la formule de Ramsey. Et là, je me pose des questions.

La première est de savoir si les petits graphiques à deux dimensions — qui donnent l'essence de la formule — représentent correctement la réalité. Certes, je comprends bien que les scientifiques qui se sont penchés sur ce problème ne croient pas que l'économie soit constituée d'un seul consommateur représentatif ni que l'optimum soit réalisé. Mais ce que j'aimerais savoir, c'est à quel point ce type de simplification représente correctement — ou travestit — la réalité. Les résultats étant souvent très sensibles au taux d'actualisation, j'aimerais disposer d'un petit vade-mecum qui expose les forces et les limites des approches actuelles, ainsi que les implications pratiques de ces limites.

Une seconde question a trait au progrès technologique, innovations d'une part, ruptures technologiques d'autre part.

Le changement dû aux innovations peut en théorie être abordé par les valeurs d'options. Investir dans un EPR est une opération qui s'étend sur au moins 70 ans du tout début du projet jusqu'à la fin de vie de l'équipement. Il possède une valeur d'option positive en protégeant contre les variations, notamment du prix du gaz, qui pourraient perturber les pays qui s'appuient sur cette ressource ; mais aussi une valeur d'option négative dans la mesure où un vaste programme de remplacement par des EPR ne permettrait pas de profiter de possibles progrès techniques futurs sur lesquels on ne peut pas compter aujourd'hui.

Plus concrètement, investir aujourd'hui dans un ordinateur ou dans un téléphone censé durer 20 ans étant idiot ; les énergies rassemblées pour concevoir de nouvelles filières de production d'énergie étant considérables ; n'est-il pas raisonnable d'envisager des ruptures technologiques voire l'entrée dans une « ère de l'innovation » au cours de laquelle les innovations pourraient se succéder rapidement ? Quand on y pense, un mastodonte comme l'EPR, quelles que soient ses grandes performances de productivité et de sûreté, fait plutôt penser aux grands ensembles industriels du 19^{ème} ou du début du 20^{ème} siècle avec leurs bâtiments immenses et leurs tonnes d'acier... très loin des ordinateurs ou des téléphones d'aujourd'hui...

Plus radicalement, certains prédisent un changement de paradigme économique comparable à ceux du passage de la chasse à l'agriculture, puis de l'agriculture à l'industrie. Pour ces futuristes radicaux, les taux de croissance pourraient devenir « astronomiques » au cours de ce siècle en raison de l'explosion des capacités de calcul, de l'intelligence artificielle, de la robotique, des nanotechnologie et de la génétique⁴. Bref, la question est : comment prendre en compte le progrès technologique et ses ruptures ? Par exemple, concrètement encore et pour finir, si la médecine progressait au point de rendre le cancer aussi bénin qu'une grippe, le coût de l'accident nucléaire s'effondrerait. Le spécialiste du coût de cet accident serait au chômage... et bien content de l'être !

⁴ Robin Hanson, Economics Of The Singularity, <http://hanson.gmu.edu/IEESpectrum-6-08.pdf>