

Le coût des accidents nucléaires

La Société Française d'Énergie Nucléaire (SFEN) est le carrefour français des connaissances sur l'énergie nucléaire. Créée en 1973, association régie par la loi de 1901, la SFEN est un lieu d'échanges pour les spécialistes de l'énergie nucléaire français et étrangers. Elle rassemble 3 600 professionnels de l'industrie, l'enseignement et la recherche.

La contribution du nucléaire aux grands problèmes énergétiques est un des sujets d'étude de la section technique « Economie et stratégie énergétique » (ST8) de la SFEN. Elle s'intéresse aux grands problèmes énergétiques aux échelles nationale et mondiale. Ses membres étudient la contribution du nucléaire à la solution de ces problèmes et aux aspects économiques, environnementaux, sociétaux et financiers des problèmes énergétiques.

La rédaction de la présente note par la section technique « Economie et stratégie énergétique » (ST8) de la SFEN s'appuie en particulier sur les échanges organisés par la section le 3 juillet 2014, où se sont exprimés l'Agence pour l'Énergie Nucléaire (OCDE/AEN), l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), EDF et l'ENEF¹ (« *European Nuclear Energy Forum* »).

Nous abordons ici les conséquences économiques d'un accident nucléaire grave survenant au sein d'une centrale nucléaire de production d'électricité, c'est-à-dire un accident classé au niveau 6 ou 7 de l'échelle INES².

¹ Et avec la participation du CEA, de Westinghouse, d'AREVA, de GDF-Suez et de l'ANDRA.

² L'échelle internationale de classement des événements nucléaires, dite échelle INES sert à mesurer la gravité d'un incident ou d'un accident nucléaire civil.

Résumé

L'évaluation du coût d'un accident nucléaire repose essentiellement sur 3 piliers

1. Le scénario de « terme source » (rejets de radioéléments en dehors du réacteur)
2. Le scénario des conséquences réputées induites par l'accident
3. La méthode de quantification économique

Les résultats obtenus sont eux-mêmes plus ou moins probables (selon la probabilité du scénario) et plus ou moins incertains (selon le degré de précision du calcul de tel ou tel impact, puis de ses coûts associés). Cette note traite des calculs de coûts, mais très peu de l'évaluation des probabilités associées. D'ailleurs, celles-ci ne sont pas toujours examinées (voir la catégorie 1 plus bas) même si une estimation de dommages/pertes/coûts sans préciser les probabilités associées n'a qu'un caractère opérationnel assez limité.

Dispositions de sûreté et conséquences d'un accident

Avant tout, il ne peut y avoir de nucléaire sans une profonde culture de sûreté des exploitants et de leurs sous-traitants éventuels, ainsi qu'une gestion de crise performante par les Etats. Une démarche de prévention suppose par nature de prévoir l'éventualité d'un accident grave. Les dispositions prises de la conception à l'exploitation visent à rendre la probabilité d'occurrence d'un tel accident aussi faible que possible et, en tout état de cause, à en limiter les conséquences (principalement via la limitation du terme source).

Dans le contexte européen, les mesures de sûreté d'ores et déjà prises rendent un accident avec rejets importants et immédiats très fortement improbable. Ces mesures de sûreté mises en œuvre, ou en cours de mise en œuvre suite à l'accident de Fukushima, et surveillées par les autorités de contrôle, visent à garantir des rejets limités et différés même en cas de fusion du cœur. De ce fait, le scénario à retenir pour les études en Europe est un accident avec des conséquences limitées dans le temps et dans l'espace. En d'autres termes, les dispositions prises ont pour but de permettre d'éviter l'évacuation à long terme des populations des territoires environnant le site accidenté.

C'est la conclusion de l'ENEF concernant le scénario de référence (avec un terme source limité de type S3³) à prendre en compte en Europe. Cette conclusion s'appuie largement sur les résultats de l'ENSREG⁴. Ces analyses ne reposent pas sur les probabilités mais sur les études des séquences conduisant à l'accident. Elles concluent que les scénarios conduisant à des termes sources S1 ou S2 sont pratiquement éliminés⁵.

³ Les termes sources sont définis plus loin. S3 est le plus faible des trois niveaux S1, S2 et S3.

⁴ European Nuclear Safety Regulators Group: groupe d'experts indépendants créé à l'initiative de la Commission européenne.

⁵ Un tel objectif est aussi rappelé par l'AIEA et Wenra (IAEA, Safety Standards Series No. SSR-2/1, WENRA, Safety objectives).

Pour l'AIEA (IAEA, Safety Standards Series No. SSR-2/1), toute possibilité d'occurrence de certaines conditions est considérée comme pratiquement éliminée s'il est physiquement impossible pour cette séquence de se produire ou si l'occurrence de ces conditions peut être considérée, avec un haut niveau de confiance, comme étant extrêmement invraisemblable.

Ce document de synthèse vise à préciser les principales hypothèses utiles pour estimer les conséquences économiques d'un accident et non les probabilités d'occurrence d'accident. Nous ne traiterons donc pas ici de cette question pour laquelle une étude approfondie est nécessaire.

Néanmoins, afin d'éclairer au mieux le lecteur, des ordres de grandeur des probabilités attachées à chaque scénario de rejet peuvent être rappelés. L'AIEA⁶ a fixé (rapport INSAG 12), comme objectif à atteindre pour les centrales existantes en 1999, une probabilité d'endommagement grave du cœur se situant au-dessous d'environ 10^{-4} /année-réacteur ; et pour les centrales futures, une valeur améliorée ne dépassant pas 10^{-5} /année réacteur. Ces objectifs globaux regroupent les événements initiateurs internes chaudières, ainsi que les agressions internes et externes.

En pratique, les études probabilistes de sécurité (EPS) indiquent des probabilités d'accident encore plus faibles. Ainsi, pour l'EPR, le rapport préliminaire de sûreté estime que la fréquence de fusion de cœur, incluant les agressions internes et externes, est de $7.6 \cdot 10^{-7}$ / année-réacteur.

Plusieurs acteurs concernés par le nucléaire cherchent à évaluer des coûts d'accidents

Depuis plusieurs décennies, des évaluations de coûts sont menées en France et dans le monde⁷. Ces évaluations peuvent entre autres contribuer à consolider des « coûts complets » des technologies de production d'électricité ou visent à mettre en évidence des moyens de prévenir ou de limiter les conséquences d'accidents éventuels de la façon la plus pertinente économiquement. Cependant, l'élaboration de telles études reste encore dans sa phase de jeunesse, de telle sorte que les méthodes et pratiques n'ont pas été encore pleinement partagées et évaluées de façon contradictoire.

Ainsi, la communication de telles études doit elle-même être prudente. D'une part, nous recommandons que leurs auteurs veillent à la lecture que peut en avoir un public non-averti et, d'autre part, le public doit garder à l'esprit que les discussions entre spécialistes, en voie de construction organisée, ne sont pas encore pleinement abouties. Ceci tant en ce qui concerne les méthodes que l'identification et l'analyse des points de désaccords éventuels.

Comment évaluer un ou des coûts d'accident nucléaire ?

Une évaluation repose sur le recueil de données et/ou sur la construction d'un scénario d'accident et des conséquences réputées liées à l'accident.

Tout d'abord, les coûts relèvent de plusieurs catégories bien différentes : coûts directs, indirects, voire impacts macro-économiques. Les premiers coûts sont ainsi directement liés aux dommages subis par le réacteur, aux éventuels impacts sur les opérateurs et conséquences directes des émissions de produits radioactifs hors du réacteur accidenté et sont donc ceux que l'exploitant peut minimiser en amont via les mesures de prévention prises, sous le contrôle de l'autorité de sûreté. Les coûts indirects, tels que les coûts d'image (par exemple, diminution des exportations nationales de produits non-contaminés induits par un déficit d'image du pays) sont très difficiles

⁶ Agence Internationale de l'Énergie Atomique

⁷ Notamment le très gros travail effectué au cours des années 90 dans le cadre du projet ExternE/NEEDS européen. L'OCDE/AEN (voir plus loin) dresse un panorama des études disponibles à ce jour. Depuis quelques années, le nombre d'étude augmente significativement.

à évaluer et méritent la plus grande prudence dans leur prise en considération ; ils relèvent davantage de la gestion politico-médiatique de la crise que de l'accident lui-même. Les coûts macroéconomiques portent sur les grands agrégats (PIB, consommation des ménages...) : leur calcul nécessiterait de décrire un scénario de façon détaillée, de modifier les variables exogènes d'un modèle macroéconomique adapté et d'en analyser les résultats si possible de façon comparative. Ces catégories étant très hétérogènes, certaines difficilement quantifiables, adressant des objectifs différents, et supportées par des agents économiques différents, nous recommandons de ne pas les additionner.

Ainsi, il n'existe pas un coût unique pour un accident nucléaire, mais plusieurs coûts selon les objectifs poursuivis. Sans objectif précis, les évaluations de coûts d'un même accident peuvent aller de un à cent. L'utilisation isolée d'un chiffre, hors de son contexte, peut conduire à une communication schématique pouvant générer plus de polémique que de progrès quant à la connaissance du sujet. Dans le passé, cette situation a pu ainsi parasiter ou rendre difficile un débat serein. Elle peut produire de la confusion entre des démarches menées par différents auteurs poursuivant des objectifs différents, en limitant significativement leur compréhension et leur utilité. Il est donc important de clarifier autant que faire se peut des grilles d'analyse et de résultats.

Un besoin de progrès méthodologique : des catégories d'objectifs

L'estimation du coût d'un accident nucléaire n'a donc de sens que si l'objectif de l'évaluation est précisé. S'agit-il de comparer des filières de production, d'évaluer des actions de prévention ou de prévoir l'indemnisation ? De cet objectif dépendent en effet le scénario lui-même (et en particulier son degré de précision) et la méthode d'évaluation, qui sont les deux principaux facteurs expliquant les écarts entre les chiffres publiés jusqu'alors.

La SFEN a identifié trois catégories d'objectifs techniques pour l'estimation des coûts d'accidents qui ont chacun leur logique propre :

1. *S'agissant de la question de l'efficacité des mesures de sûreté à privilégier, plusieurs pays (Etats-Unis, Canada par exemple) réalisent des analyses coûts-bénéfices sur un périmètre de coût précis : c'est à dire les coûts directs puisque se rapportant à des actions dont l'exploitant est responsable. En France, l'IRSN a récemment développé une approche de coût global sur un périmètre large, incluant les coûts indirects et des impacts macro-économiques. Cette approche ne nous semble pas destinée à l'amélioration des mesures de prévention de l'exploitant mais apparaît plutôt chercher à sensibiliser l'Etat sur la gestion de crise : un intérêt est en effet de montrer que des accidents, même sans émissions radioactives notables, pourraient engager des coûts très importants s'ils étaient mal gérés en termes techniques et organisationnels, mais surtout ici médiatiques et politiques⁸.*

⁸ La méthode de l'IRSN consiste à calculer un ensemble de coûts pour un accident grave dont la probabilité n'est pas évaluée, ni le scénario technique décrit. Le point de départ est un niveau de relâchement massif. La démarche est normative et peut être qualifiée d'« ex ante », c'est-à-dire sans prise en compte de l'ensemble des dispositions liées à la sûreté du réacteur (puisque le terme source est défini a priori) ni de celles liées à la gestion des crises induites par l'accident. Le but de l'étude est en effet d'éclairer les pouvoirs publics sur la nature des dispositions à privilégier, sans les supposer dans l'étude dès le départ.

2. *S'agissant de responsabilité civile nucléaire (RCN), donc d'indemnisation des victimes*, la question est d'évaluer les préjudices indemnisables, c'est-à-dire les coûts directs et indirects des accidents (hors coûts propres de l'exploitant). La France est partie à la Convention de Paris et à la Convention de Bruxelles relatives à la responsabilité civile pour dommage nucléaire. Ces conventions ont fait, chacune, l'objet d'un protocole de révision en 2004 (dont l'entrée en vigueur est espérée au 1^{er} janvier 2016) et le projet de loi de transition énergétique prévoit l'augmentation du plafond d'indemnisation à la charge de l'exploitant (700 M€). Le montant de la RCN révisé⁹ sera alors porté au total à 1,5 Md€. On peut noter que ce niveau est cohérent avec les montants calculés par l'ENEF, ce qui indique que leur mobilisation permettra en règle générale de faire face à des demandes d'indemnisation de court terme (c'est-à-dire dans les toutes prochaines années suivant l'accident).
3. *S'agissant de comparaisons entre filières électriques*, l'intégration des coûts d'un accident nucléaire doit s'accompagner de la prise en compte de l'ensemble des externalités de ces différentes filières (ainsi que le propose le rapport ExterneE/NEEDS de la Commission Européenne)¹⁰. Par ailleurs, le coût énergétique d'une décision politique d'arrêt du nucléaire après un accident (comme au Japon) ne devrait pas, en toute rigueur, être intégré dans cette approche d'évaluation de filières car il reflète, au contraire, la compétitivité du nucléaire (remplacement des réacteurs nucléaires par d'autres moyens de production plus coûteux).

Par ailleurs, il ne faut pas confondre évaluation de coûts d'accident et évaluation du risque. Celui-ci peut être défini comme le produit du dommage et de sa probabilité. Ce type de calcul nécessite d'établir la probabilité de catégories d'accidents, ce qui est pratiqué depuis des décennies par les autorités et l'industrie nucléaire. Cette démarche soutient les travaux sur les indemnisations et les assurances, lesquels combinent au moins en partie coûts et probabilité (catégorie 2 ci-dessus)¹¹. Elle est aussi à la base des comparaisons de coûts de filières (catégorie 3). L'impact de la prise en compte du risque sur le coût de production du MWh électronucléaire reste très faible : de l'ordre de quelques euros (cf. Rapport de la Cour des Comptes sur le coût du nucléaire, 2014). Mais le public est en moyenne plus inquiet de l'exposition au risque nucléaire qu'à d'autres risques¹² et plus sensible au coût en valeur absolue qu'à la valeur probabilisée.

⁹ En additionnant les trois tranches de garanties : garanties de l'exploitant, de l'Etat du lieu de l'accident et des Etats signataires de la Convention de Bruxelles.

¹⁰ Les externalités sont les coûts et bénéfices qu'aucun système de prix ne traduit économiquement (par exemple liés à la santé ou à la qualité de l'environnement). De telles études sont régulièrement produites par l'OCDE. Cet organisme a aussi mené une étude sur la mortalité induite par les différentes filières électrogènes en 2010. Le charbon a induit un nombre de décès de très loin supérieur au nucléaire.

¹¹ Il faut noter toutefois que la logique de la RCN est particulière en ce sens qu'elle n'est pas analogue à une assurance avec un mécanisme de prime annuelle. Le principe est de fixer un montant garanti par convention, sous l'hypothèse que l'accident se produise. La probabilité d'occurrence de cet accident n'est pas un des facteurs intervenant dans cette démarche. Elle le deviendrait si l'on s'intéressait au coût de la garantie apportée par l'état.

¹² Le récent ouvrage de François Lévêque « Nucléaire on/off » (2013) aborde cette question de façon rigoureuse et pédagogique. Nous le conseillons au lecteur intéressé. De même, l'étude ExterneE/NEEDS s'est penchée sur cette question de l'aversion au risque et en a proposé une quantification.

Au total, nous proposons que les travaux futurs soient appréciés et comparés au regard de leurs objectifs. Un résultat donné ne vaut que pour un objectif donné, explicité. Ainsi par exemple, le calcul d'un « coût global » fondé sur un scénario très incertain, représentatif d'une catégorie d'accidents à probabilité jugée très faible, additionnant tous les impacts possibles et débouchant sur des montants de plusieurs centaines de milliards d'euros ne peut avoir du sens que dans un cadre très restreint. Ces chiffres doivent être publiés avec beaucoup de prudence et de pédagogie sur les objectifs poursuivis.

Plus généralement, les travaux doivent continuer selon des méthodologies structurées et évaluées de façon contradictoire. Partant d'un certain nombre d'études « pionnières », ces travaux sont en cours. La SFEN saura y contribuer.

Contacts

SFEN

103 rue Réaumur - 75002 PARIS

T. 01 53 58 32 10

www.sfen.org

Synthèse de la réunion de travail du 3 juillet 2014

Plusieurs études ont récemment tenté d'évaluer un « Coût global d'un accident nucléaire majeur ». La présente note de synthèse explicite la portée et le sens de ces exercices, sur la base des connaissances actuelles et de l'expertise de la section économique de la SFEN. Par contre, elle n'a pas vocation à dresser un panorama organisé des études existantes, action actuellement à l'agenda du groupe de travail thématique de l'OCDE/AEN¹³.

La rédaction de cette note de synthèse s'appuie en particulier sur les échanges organisés par la section technique « Economie et stratégie énergétique » (ST8) le 3 juillet 2014, où se sont exprimés l'OCDE/AEN, l'IRSN, EDF et l'ENEF¹⁴.

De quoi parlons-nous ?

Nous abordons ici les conséquences d'un accident nucléaire grave au sein d'une centrale nucléaire de production d'électricité, c'est-à-dire un accident classé au niveau 6 ou 7 de l'échelle INES. Cette définition reste large et recouvre des conséquences diverses. L'évaluation du coût d'un tel accident nucléaire repose essentiellement sur 3 piliers :

1. Le scénario de « terme source » (rejets de radioéléments en dehors du réacteur)
2. Le scénario des conséquences réputées induites par l'accident
3. La méthode de quantification économique

Certains scénarios, les plus graves au niveau du réacteur (scénario S1¹⁵) aboutissent à des émissions radioactives significatives sur le long terme, les habitants des territoires ne pouvant pas revenir chez eux. D'autres scénarios (S3¹⁶) aboutissent à des émissions très limitées et le retour des populations sur le territoire est possible.

Avant d'identifier les coûts de l'accident par nature, deux points doivent être précisés pour situer chaque étude et mieux comprendre les évaluations disponibles :

- *L'information apportée par des résultats globaux est généralement faible voire trompeuse si incomplètement présentée* : des chiffres de coûts d'accidents, parfois très importants (jusqu'à plusieurs centaines de milliards d'euros), ont été proposés par certains auteurs. D'autres sont très inférieurs. Cette différence d'évaluation s'explique essentiellement par deux facteurs :
 - des scénarios plus ou moins pénalisants, selon les pays, les localisations des réacteurs et les technologies,
 - des périmètres de coûts plus ou moins larges et des objectifs variés pour les études.

13 Notons aussi, au plan national, que l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a lancé une étude dans le cadre du Comité directeur pour la gestion de la phase post-accidentelle d'un accident nucléaire (CODIRPA) sur la méthodologie et les hypothèses à prendre en compte pour le chiffrage d'un accident nucléaire

¹⁴ Et avec la participation du CEA, de Westinghouse, d'Areva, de GDF-Suez et de l'Andra.

¹⁵ Accident avec fusion du cœur avec rejets importants dans l'espace et dans le temps (par ex. Tchernobyl). Les rejets d'iode et surtout de césium) sont directs et immédiats.

¹⁶ Accident avec fusion du cœur avec conséquences limitées dans l'espace et dans le temps. Les rejets sont indirects (dans le cas de la France, filtrés) et différés (au moins 24h, laissant ainsi la possibilité de mettre en place des mesures de protection des populations : prise de pastille d'iode, évacuation, ...).

Une utilisation isolée de ces chiffres hors de leur contexte risque de conduire à une communication schématique pouvant générer plus la polémique que du progrès de la connaissance sur le sujet. Ce type de situation est de nature à rendre difficile un débat serein entre spécialistes et à produire de la confusion entre des démarches menées avec des objectifs différents, par différents auteurs, en limitant significativement leur compréhension et leur utilité. Inversement, il faut aussi communiquer avec le public : des ouvrages de l'OCDE ou le récent livre de François LEVEQUE constituent des avancées dans ce domaine. Un des objectifs de cette note est aussi de contribuer à cette information, notamment en précisant les questions et méthodes et en traçant des pistes pour le futur.

- *Les études diffèrent selon que les estimations sont basées sur des accidents génériques ou historiques* : Les chiffres de coûts qu'on trouve dans la littérature sont soit relatifs à des accidents historiques, soit reposent sur des scénarios construits dans le but d'évaluations économiques.

Nous ne disposons pas d'une base statistique large. A ce jour, on compte deux accidents graves de réacteurs électrogènes avec rejets radioactifs significatifs dans l'environnement (Tchernobyl (1986) et Fukushima (2011)¹⁷). Rappelons aussi que le réacteur de Three Mile Island 1 (Pennsylvanie) a vu 1/3 de son cœur fondre en 1979 sans conséquence majeure pour la population et l'environnement. Il est donc heureusement impossible de disposer d'une base statistique des conséquences d'accidents nucléaires graves, tant ces événements sont rares et impliquent des technologies différentes. De ce fait, une part notable des évaluations de coûts, même si quelques travaux portent sur les deux accidents cités ci-dessus, est basée sur des scénarios d'étude, hypothétiques par nature, ce qui peut donner lieu à des écarts considérables entre les résultats des travaux.

Les différentes natures des coûts d'accidents nucléaires

Il n'existe pas de concept unique de coût d'un accident nucléaire mais plusieurs coûts selon l'objectif et le périmètre de l'étude. Les coûts sont décomposés en plusieurs catégories : coûts directs, indirects, voire impacts macro-économiques.

- *Tout d'abord, il faut souligner que ces catégories de coûts sont difficilement additionnables et que le « coût global », s'il est calculable, ne doit être considéré que dans un cadre robuste, par nature très limité.*

La notion de coût global n'a d'ailleurs pas un sens économique évident et robuste, même si la réflexion sur l'évaluation de chacun des types de coûts a un sens. En règle générale, des causalités multiples et des conséquences à différents niveaux induisent des natures de coûts différentes, dont la sommation est économiquement délicate :

- (1) Causalités : liées plus ou moins directement à l'accident, elles doivent être pondérées par les mesures prises par les autorités pour gérer l'accident (elles-mêmes génératrices de coûts), elles sont aussi liées au comportement des populations à court, moyen et long terme.

¹⁷ L'accident de TMI (échelle Ines, niveau 5) n'a pas eu d'impact sur l'environnement. L'exploitation de la tranche voisine de la tranche accidentée s'est d'ailleurs poursuivie.

- (2) Natures des conséquences : elles portent potentiellement sur différents agents économiques (ménages, collectivités, Etat, assureurs), des zones géographiques qui peuvent être diverses, avec plusieurs natures de préjudices (physiques, commerciaux, image, stress des populations...).
- (3) Nature de coûts : ceux-ci sont directs (réacteur, zones à réhabiliter, déplacements de populations), indirects (perte de production électrique, impact sur l'activité économique des territoires concernés) ou plus globaux (effets macroéconomiques potentiels induits : PIB, consommation des ménages, balances de paiements...). Ces coûts sont détaillés ci-dessous.
- (4) Des coûts parfois difficilement quantifiables et/ou monétisables. La comptabilisation en termes monétaires est de plus en plus délicate, voire hasardeuse, dès lors que l'on s'éloigne d'impacts directs (par exemple, perte du réacteur accidenté) vers des impacts d'autres natures (sur la santé notamment), à des distances géographiques importantes, dans le champ de décisions dont la causalité peut être multiple (choix de parcs électriques post accident, par exemple), et dans des temps longs.
Enfin, les agents économiques qui supportent ces coûts ne sont pas les mêmes et leurs effets dépendent de paramètres multiples (comme la conjoncture). Une façon de « sommer » mieux les impacts serait de recourir à un modèle macroéconomique : ce qui n'a pas été fait jusqu'à aujourd'hui à notre connaissance.

- *Les différentes catégories de coûts d'un accident nucléaire vont de coûts quantifiables avec une bonne précision jusqu'à des coûts difficilement évaluables et grevés d'une forte incertitude*

Les travaux disponibles permettent de distinguer différentes natures de conséquences, donc de coûts.

Une première catégorie de conséquence engendre les coûts directs (dont les coûts sur les territoires contaminés) estimables sur la base d'éléments concrets, interprétables et techniquement discutables. Citons principalement : impacts sur la santé, arrêt définitif du réacteur accidenté (perte de l'outil industriel dont coûts de la production électrique de substitution), coût de la gestion de l'accident sur le site et mise à l'état sûr, démantèlement du réacteur (lequel devient très nettement plus complexe que pour un réacteur arrêté avec les procédures opératoires standards), déplacement éventuel de populations, pertes agricoles et de « jouissance » des éventuels terrains contaminés.

D'autres coûts, périphériques, ne portent pas sur les territoires contaminés : « coûts d'image », impacts macroéconomiques éventuels (cf. supra) modification de la politique énergétique nationale...

L'ordre de grandeur monétaire de ces différents coûts est très variable. La perte d'un réacteur (soit ici la somme du coût de la gestion de l'accident, du coût de l'électricité de remplacement et du coût du démantèlement) peut atteindre quelques milliards d'euros, alors que les coûts induits sur la gestion du système électrique (en termes de changement de la structure de parc) pourraient atteindre ou dépasser la dizaine de

milliards d'euros d'après certaines études¹⁸. Les coûts liés aux effets sanitaires pourraient, avec des termes sources très élevés, être du même ordre¹⁹. Enfin, les coûts souvent les plus importants sont imputés à des impacts de dégradation de l'« image » de la zone touchée par l'accident, au-delà même des précautions sanitaires nécessaires. Ces coûts sont par exemple des pertes de ventes de produits agricoles ou de recettes touristiques. Dès lors que l'on s'éloigne d'impacts directs, vers des impacts d'autres natures, à des distances géographiques importantes, dans le champ de décisions dont la causalité peut être multiple, et dans des temps éloignés de l'accident, plus ces impacts sont entachés d'incertitudes fortes, moins leur causalité est indiscutable... et souvent plus on leur affecte des ordres de grandeurs importants.

Ainsi, les évaluations qui débouchent, en additionnant tous les coûts, sur des sommes de plusieurs centaines de milliards d'euros apparaissent-ils par nature très fragiles, en dehors même du choix d'un scénario avec rejets massifs.

En complément des données monétaires, des évaluations physiques des impacts sont généralement plus pertinentes. Par exemple, qualifier ces impacts en termes de nombre de décès ou de maladies induites peut permettre d'éviter des débats souvent complexes et surtout mal compris sur la valeur de la vie humaine.

- *La pertinence de certaines catégories de coûts est discutable.* La modification éventuelle du mix énergétique et la substitution du nucléaire par d'autres moyens de production, suite à un accident, peuvent être analysées comme un coût, notamment dans l'étude de l'IRSN. Néanmoins, si diminuer ou arrêter le nucléaire dans un pays après un accident est coûteux, c'est parce que des décisions en rupture sur des périodes courtes sont toujours coûteuses. C'est aussi et surtout, parce que le remplacement de réacteurs nucléaires par d'autres moyens de production électrique serait, dans la grande majorité des cas, plus onéreux que de continuer avec le nucléaire. Ce coût supposé est donc paradoxalement le reflet de la compétitivité du nucléaire. Doit-on alors imputer au nucléaire des surcoûts qui viendraient de sa moindre utilisation ou de son abandon? Ces coûts de moindre utilisation ne seraient-ils pas, plutôt, la mesure de l'intérêt à en poursuivre l'exploitation? Et si la question était celle d'un bilan qui se voudrait global, ne devrait-on d'ailleurs pas mettre en regard du coût (réaliste) d'un accident grave (dans ce cas multiplié par une probabilité²⁰) le gain économique total apporté par l'exploitation du parc depuis son origine? On conçoit que les questions de méthode n'appellent pas qu'une réponse unique.
- *Les conséquences d'accidents peuvent s'inscrire dans des dynamiques parfois longues,* depuis la date de l'accident jusqu'à des années, voire des dizaines d'années après, si les impacts radiologiques s'avéraient significatifs dans la durée (ce qui est le cas dans au moins un

¹⁸ Voir l'étude de l'IRSN rapportée dans la bibliographie. C'est aussi ce qui est en cours au Japon suite au report du redémarrage des réacteurs. Dans ce cas, une des raisons de fond de la situation est le discrédit de la classe politique japonaise, qui n'a pas su prendre les mesures, y compris préventives (donc avant l'accident, pour l'éviter ou en diminuer très fortement les conséquences), qui s'imposaient en temps et en heure, et n'a pas non plus su diffuser et promouvoir une culture de sûreté suffisante. Discriminer entre ce qui vient de l'accident nucléaire et ce qui vient des difficultés plus systémiques est ici particulièrement ardu. De plus, tous les coûts ne sont pas à imputer à l'accident nucléaire : le tsunami a causé la quasi-totalité des décès par son impact direct.

¹⁹ Voir l'étude de l'IRSN rapportée dans la bibliographie. Ces résultats sont liés au terme source et ne peuvent être atteints avec un niveau de type S3, comme ce qui est présenté plus loin pour l'Europe de l'Ouest.

²⁰ Ce questionnement est en fait très proche de l'analyse comparée des filières électriques, avec prise en compte des accidents pour chacune d'entre elle.

des deux accidents majeurs « historiques » cités ci-dessus), les quantifications devraient tenir compte de cet aspect temporel. En pratique, cette question se pose pour des accidents avec des rejets très significatifs (type S1 ou S2). Les méthodes économiques pour prendre en compte les durées longues sont en cours de réflexion²¹, avec notamment en toile de fond le changement climatique annoncé. Des progrès sont nécessaires dans ce domaine.

- *Le lien entre un accident et un coût est difficile à établir.* D'une part, l'accident nucléaire survient dans un contexte économique particulier et parfois, comme par exemple lors de l'accident de Fukushima, dans des circonstances très exceptionnelles. L'accident nucléaire peut être la conséquence d'un événement plus grave. Le tsunami, survenu au Japon le 11 mars 2011, est la cause directe de l'accident de Fukushima et a de surcroît très fortement complexifié les interventions en phase accidentelle. Quels coûts doit-on alors imputer au « seul nucléaire » ? D'autre part, les décisions de grande ampleur (qui ressortent généralement de la « sphère politique ») sont susceptibles d'entraîner des coûts supplémentaires pour le pays, mais ne sont pas la conséquence d'un unique événement selon une logique déterministe. Plus des décisions (coûteuses) ont de l'ampleur, et moins il est simple de leur donner une cause unique. Les choix énergétiques post-accidentels en sont une illustration.
- *Il apparaît donc qu'un effort de méthode important reste nécessaire* pour repérer les différentes études les unes par rapport aux autres, en comprendre les hypothèses et les calculs, et éventuellement les comparer. Les considérations développées ci-dessus n'interdisent certainement pas de chercher à évaluer des coûts d'accidents. Mais elles soulignent le besoin de prudence et surtout de rigueur dans la démarche, par exemple en mettant en évidence l'impact des hypothèses de scénarios sur les résultats, via des études de sensibilité, soit sur les scénarios eux-mêmes, soit sur leur comptabilisation (nous avons en effet évoqué combien les choix « techniques » peuvent peser à ce stade). La SFEN suit avec intérêt le groupe de travail organisé au sein de l'OCDE/AEN dans ce but et contribuera, dans la durée, à de tels travaux.

Les grands facteurs explicatifs des postes de coûts

La sûreté est la priorité et il ne peut y avoir de nucléaire sans une profonde culture de sûreté des exploitants et de leurs sous-traitants éventuels, ainsi qu'une recherche de l'amélioration de la gestion de crise par les Etats. Une démarche de prévention suppose par nature de prévoir l'éventualité d'un accident grave. Les dispositions prises de la conception à l'exploitation visent à en rendre la probabilité d'occurrence aussi faible que possible et, en tout état de cause, à en limiter les conséquences. Dans tous les cas, elles doivent permettre le retour à court terme des populations dans les territoires environnant le site accidenté, dans des conditions sûres.

Comprendre les principaux facteurs explicatifs des postes de coûts peut ainsi en théorie permettre d'améliorer les dispositifs de sûreté en identifiant les facteurs impliquant les conséquences sociales les plus lourdes, via une quantification monétaire de ces conséquences. De fait, cette méthode est encore très peu utilisée et n'a pas encore donné lieu à des résultats très significatifs. Ce point est développé plus bas. D'autres méthodes, plus proches de la réalité

²¹ Voir par exemple les travaux de Christian Gollier, de la Toulouse School of Economics

physique des accidents (évaluant notamment les doses aux personnes, c'est-à-dire en « amont » d'une quantification économique) sont largement utilisées actuellement pour l'amélioration de la sûreté.

- *Les impacts des accidents (selon la typologie ébauchée ci-dessus) dépendent de plusieurs facteurs* : le terme source (quantité de radioéléments disséminés dans l'environnement), les conditions de diffusion de ce terme source (notamment le « panache » gazeux), l'environnement autour du réacteur (répartition de la population, économie), la gestion de la crise (qui vise notamment à mettre le réacteur à l'état sûr et à réduire les impacts sanitaires induits, notamment en prenant en compte la météo lors de l'accident et dans le court terme après l'accident), la perception de la gravité de l'accident par les différentes parties prenantes et les publics (qui a un impact déterminant sur les décisions non directement liées à l'accident lui-même, comme par exemple le tourisme dans le pays concerné).
- *Le moyen le plus efficace pour limiter les conséquences des accidents est évidemment la limitation des émissions radioactives*. Cet objectif est l'objet de l'amélioration des dispositions de sûreté depuis des décennies, menée sur la base du retour d'expérience. Des mesures nouvelles ont été prises depuis l'accident de Fukushima pour la plupart des réacteurs européens ou sont en cours de mise en œuvre (réacteurs existants et nouveaux réacteurs de 3ème génération) pour prendre en compte des accidents « hors dimensionnement »²² ou bien encore le cumul de causes d'accident. L'avis de l'ENEF²³, qui fait autorité en la matière en Europe, est que le terme source maximal pour un accident nucléaire en Europe de l'Ouest est du type « S3 ». Ce type décrit des rejets gazeux différés dans le temps, laissant ainsi la possibilité de mettre en place des mesures de protection des populations (prise de pastille d'iode, évacuation, ...) et filtrés avant rejet à l'atmosphère (les éléments radioactifs restent donc en très large majorité confinés dans l'installation²⁴). L'ENEF a compilé les résultats d'études de coûts d'accidents, et montre que - dès lors que le terme source est du type S3 - les montants des coûts « globaux » (avec les réserves ci-dessus) seraient de quelques milliards d'euros au plus, restant dans les ordres de grandeurs pris en compte par les conventions internationales.

²² C'est-à-dire en imaginant des accidents au-delà des scénarios de référence qui structurent l'analyse de la sûreté des réacteurs. Cette démarche peut aller jusqu'à bâtir des scénarios par nature irréalistes (ou plus simplement à postuler des rejets massifs, sans se préoccuper de décrire la séquence accidentelle), mais qui ne peuvent être totalement exclus, pour s'assurer des capacités des réacteurs et des moyens mis en place à maintenir l'essentiel de la radioactivité, même dans ces cas extrêmes. Elle est donc susceptible de mener à prendre en considération des rejets de type S1.

²³ ENEF (European Nuclear Energy Forum) est une plateforme de partage et de discussion sur les sujets de transparence ainsi que sur les risques et opportunités liés à l'énergie nucléaire. Créée en 2007, ENEF est ouverte à toutes les parties prenantes concernées par le nucléaire : gouvernements des 27 Etats Membres, institutions européennes dont le Parlement et le Comité Economique et Social Européen (CESE), les industriels nucléaires, les consommateurs d'électricité et la société civile.

²⁴ Pour les réacteurs français, selon les cas, plusieurs dispositifs assurent cette rétention : enceinte de confinement (et sa protection), recombineurs d'hydrogène, filtres métalliques, filtres à sable, récupérateur à corium... Pour les autres pays de l'Europe, des dispositions similaires sont disponibles. Les études nationales menées après l'accident de Fukushima ont accru ces dispositifs et amélioré les moyens de leur mise en œuvre. Une nouvelle directive européenne encadre l'ensemble de la démarche (Directive 2014/87/EURATOM du 8 juillet 2014

Malgré ces dispositions rendant l'accident de type S1 et S2 extrêmement peu probables, des scénarios décrivant de tels accident ont été proposés par certains auteurs en Europe (notamment anciennement Externe/NEEDS et récemment l'IRSN). Le choix des conséquences supérieures au maximum envisagé dans l'étude ENEF est défendu dans ces études par la volonté d'agir en amont (prévention) mais surtout en aval (mitigation) des accidents²⁵.

L'objectif de l'évaluation est ainsi inséparable de ses propres résultats : ici, imaginer et quantifier « le pire », consiste à le rendre tellement peu probable que le coût calculé n'a in fine pas de sens économique (c'est ainsi un résultat intermédiaire, qualifiable d'« ex ante » par les économistes, car ne prenant pas en compte les réactions induites par les dispositions destinées à le limiter, construit dans une analyse de type sûreté et non économique par nature, à une échelle globale).

Pourquoi des études sur les coûts d'accidents ?

Les motivations recensées pour mener des études sur les coûts d'accident peuvent être regroupées en trois catégories :

- « Mitiger » le risque/ améliorer la gestion de l'accident pour guider les actions des pouvoirs publics visant à protéger les populations en limitant les conséquences des accidents
- Contribuer à une évaluation des risques pris en charge par les régimes d'assurance ou les états
- Mener des calculs exhaustifs des coûts des filières énergétiques : c'est un objectif de long terme de choix de mix énergétique. Pour un choix optimal du mix, un travail identique d'estimation des externalités liées au risque d'accident doit être aussi fait sur les autres moyens de production, sur l'ensemble de leur cycle de vie y compris l'accident.

Catégorie 1 : Efficacité des mesures de sûreté à privilégier pour « mitiger » le risque via une amélioration de la gestion de l'accident

Les études de coût des accidents devraient pouvoir contribuer à mettre en évidence des moyens de limiter les conséquences d'accidents éventuels de la façon la plus pertinente économiquement. Pour cela, des scénarios très pénalisants (sans être strictement impossibles), « enveloppe » des cas réels, peuvent être étudiés.

Ainsi, le scénario à la base des estimations de l'IRSN reprend-il un périmètre de coûts larges et additionne-t-il l'ensemble de ces coûts. Il vise la description d'une situation en cas d'une gestion de l'accident qui induit des conséquences très significatives. Ainsi, les mesures d'ores et déjà prises, en termes de gestion de crise, rendent ce scénario très improbable tant au plan de la sûreté du réacteur et de la probabilité d'accident (dont la séquence accidentelle n'est pas décrite),

²⁵ Il semble ainsi que l'on puisse distinguer les études qui s'attachent à décrire des processus accidentels et à les chiffrer (en leur attribuant des probabilités) de celles qui cherchent à établir des scénarios enveloppes très pénalisants. Les premières sont homogènes avec la démarche de sûreté axée sur la prévention des accidents et fondées sur des quantifications du risque. Les secondes peuvent trouver du sens, en « imaginant le pire », dans une logique de gestion des impacts des accidents hors des réacteurs. Cette démarche est en quelque sorte analogue à certaines des Etudes Complémentaires de Sûreté de l'après Fukushima, qui partent de situations normatives extrêmement dégradées, même si aucun scénario plausible n'est fourni. De telles situations sont imaginées pour permettre de les éviter : en évaluer le coût a potentiellement du sens comme une hypothèse intermédiaire de travail, mais pas comme un résultat.

que vis-à-vis de son développement au-delà des hypothèses de terme source et de dissémination des radioéléments, donc d'impact.

Par ailleurs, notons que l'analyse économique des choix relatifs à la sûreté est utilisée par beaucoup d'autorités de sûreté dans le monde, à l'exception de la France. L'évaluation de coûts d'accidents reste donc assez hétérogène à la pratique de notre pays.

Dans ce domaine, il convient de distinguer :

- Les moyens de prévention des accidents et de limitation des conséquences mis en œuvre par l'exploitant (responsable de la sûreté) et pour lesquels l'analyse coût-bénéfice²⁶ fait partie des critères
- Les dispositions de protection de population par les pouvoirs publics. Si les évaluations donnent un ordre de grandeur de certains coûts en postulant des actions des pouvoirs publics et des exploitants qui ne seraient pas les plus appropriées, elles doivent être interprétées avec prudence. La doctrine doit primer sur le calcul en la matière, en particulier pour ce qui concerne les accidents graves à probabilité très faible.

La culture de sûreté est et reste le principal moteur de la réduction du risque nucléaire (les analyses menées montrent qu'elle faisait gravement défaut en URSS et en partie au Japon avant les accidents de Tchernobyl et Fukushima). Des progrès restent possibles dans la prévention et la gestion des crises, mais, l'évaluation d'éléments de coûts d'accidents n'est clairement pas, à ce jour, le premier outil opérationnel à mettre en œuvre pour une démarche de réduction des risques liés au nucléaire. Peut-être pourrait-elle devenir un complément aux démarches actuelles dans les prochaines décennies ?

Une chose est sûre aujourd'hui : le calcul d'un coût global unique n'est pas prêt d'être un outil pertinent dans ce genre d'approche.

Catégorie 2 : Indemnisation des victimes et responsabilité civile nucléaire

L'évaluation de coûts d'accidents a aussi, pour certains auteurs, comme objectif de contribuer à une refonte du système international de couverture des risques nucléaires. Ce point ré-ouvre le débat sur la limitation de la responsabilité financière de l'exploitant du fait du régime de responsabilité civile nucléaire et, d'une façon générale, du principe de limitation de la responsabilité.

Ici aussi, l'intérêt d'un coût unique n'est pas évident. Les coûts sont de natures différentes (cf. supra), concernent différents acteurs, impliquent des responsabilités diverses et peuvent pour certains d'entre eux être déjà couverts par des assurances spécifiques... Et surtout une démarche d'assurance ne peut être entreprise sans une analyse fouillée des probabilités d'occurrence des accidents, des scénarios afférents et des types de dommages en résultant, ce que nombre d'études de coûts d'accident ne font pas (dont celles de la catégorie 1 supra).

²⁶ Prise de décision d'investissement en comparant par exemple les bénéfices espérés (ici, amélioration de la sûreté) et les coûts de cet investissement.

Enfin, des discussions portent actuellement sur la reconnaissance de la garantie des Etats pour les montants importants comme une subvention cachée au nucléaire²⁷. Du point de vue économique, il est plus exact de l'identifier comme un coût externe... qui pourrait ne pas être totalement internalisé (ce qui, effectivement, mérite d'être débattu). Il faut aussi rappeler qu'il y a une double contrepartie à la limitation de la responsabilité de l'exploitant : sa responsabilité exclusive et objective, et son obligation de disposer d'une garantie financière à hauteur du montant de sa responsabilité (700 M€ dans un avenir proche). Les victimes n'ont ainsi pas à faire la preuve d'une faute quelconque de l'exploitant (ou d'un tiers) : le dédommagement est automatique et immédiat (sous réserve de la preuve du lien entre le dommage et l'accident). Le fondement du régime de RCN n'est pas la limitation de la responsabilité de l'exploitant ou l'exclusion de celle des fournisseurs ou prestataires, mais la protection des victimes et leur indemnisation rapide (c'est-à-dire en évitant la lenteur et les aléas des procédures judiciaires).

Enfin, la responsabilité en dernier recours de l'Etat doit être conservée car elle contribue à l'inciter à investir dans la prévention et la gestion des crises.

Catégorie 3 : Comparaison des filières de production électriques et évaluation des externalités pour l'orientation des choix publics

La principale étude tentant de calculer un « coût complet du nucléaire » en internalisant le plus possible d'externalités²⁸ est ExterneE/NEEDS, menée dans le cadre de projets européens depuis la fin des années 80. Elle vise à orienter les choix publics et compare le nucléaire à d'autres moyens de production d'électricité. Le principe retenu pour prendre en compte le coût des accidents est de pondérer un coût global important (c'est le montant d'un accident de grande ampleur avec terme source issu d'un scénario « S1 à S2»), avec une probabilité telle que calculée par les spécialistes d'alors. Pour prendre en compte une aversion pour le risque spécifique au nucléaire, le rapport propose un facteur multiplicatif de ces coûts de 20²⁹. La démarche consiste à considérer ce montant comme un coût externe, et à sommer ces coûts.

²⁷ Il n'est par ailleurs pas prouvé que le meilleur régime d'assurance soit celui qui exonère les Etats de toute responsabilité financière. En effet, plus les pouvoirs publics sont prêts à gérer la part qui leur revient au-delà de ce qui engage l'exploitant, plus ils seront vigilants...et cette vigilance diminuera en retour les risques d'accidents. Une illustration des limites d'un système qui ne responsabiliserait pas fortement les Etats porte sur des cas de construction (voire d'exploitation) d'un réacteur par un pays tiers dans un pays « hôte ». Ces situations sont appelées à devenir plus fréquentes avec le recours accru au nucléaire qui s'amorce. Elles ne sauraient être envisagés sans une forte implication de l'Etat hôte, doté d'une autorité de sûreté autonome et forte et de moyens correctement dimensionnés, formés et entraînés pour gérer de possibles crises. Un système d'assurance n'impliquant que l'exploitant et des institutions étrangères ne serait pas acceptable s'il ne devait pas contribuer à une implication de l'Etat hôte au meilleur niveau.

²⁸ Une externalité est une conséquence, avantage ou détriment, qu'induit une action économique sur des agents, sans que celle-ci soit intégrée dans un marché (et donc que le marché définisse sa valeur). Une des externalités les plus communes est celle induite par les émissions de polluants, qui affectent environnement et santé.

²⁹ Ce facteur est basé sur l'étude de Markandya et Schneider citée en bibliographie. Un tel facteur (qui n'affecte pas les coûts des accidents des autres filières dans l'étude ExterneE) est très discutable. Même en admettant qu'il soit le résultat d'enquêtes ex ante (c'est-à-dire avant un accident), il pose la question de la rationalité des populations et des décideurs, qui ne peuvent ni ne doivent coïncider à chaque moment et en tout point du territoire. Incorporer sans d'extrêmes précautions de tels facteurs dans les calculs économiques amènerait les décideurs à opter pour des choix fortement tributaires de perceptions des citoyens, qui peuvent s'avérer très contingentes. Les réponses à cette question ne sont pas uniques et dépendent notamment de la conception de l'expertise des économistes concernés et de leurs commanditaires. A tout le moins, il semble préférable d'aider les décideurs en leur présentant des résultats avec et sans aversion pour le risque, en paramétrant l'influence de cet effet dont la mesure est très délicate.

Même en agissant ainsi, le coût d'accident ne constitue in fine qu'une contribution mineure (quelques pourcents) du coût total. Dans le même esprit, le récent ouvrage de François LEVEQUE³⁰, tend à montrer que le coût externe résiduel du nucléaire est assez modeste, quand on le compare à ceux des autres filières de production d'électricité.

³⁰ Voir bibliographie

Bibliographie sommaire

Agence pour l'Énergie Nucléaire (OCDE/AEN) (2010) « Evaluation de risques d'accidents nucléaires comparés à ceux d'autres filières énergétiques » 2010, AEN n°6862 ISBN 978-92-64-99123-1

Agence pour l'Énergie Nucléaire (OCDE/AEN) (2012), " Japan's Compensation System for Nuclear Damage", www.oecd-nea.org/law/fukushima/7089-fukushima-compensation-system-pp.pdf

Agence pour l'Énergie Nucléaire (OCDE/AEN) (2015) « Estimation of potential losses due to nuclear accidents » to be published, Paris, 2015

Agnès Ferrier (2014) « Terme source pour les accidents avec fusion du cœur » EDF/Septen ½ journée SFEN sur le coût des accidents nucléaires, 3 juillet 2014, Paris

Canada / COG (2002): Candu Owners Group, COG 01-002, « Benefit-Cost Analysis: Principles and Process », August 2002.

Caroline Schieber, Thierry Schneider (2001) "The external cost of the nuclear fuel cycle", CEPN, France <https://www.oecd-nea.org/ndd/reports/2002/nea3676-externalities.pdf>

ENEF (2014) "Severe nuclear accident and assumptions for third party liability costs" par l'ENEF (2014) http://ec.europa.eu/energy/nuclear/forum/risks/doc/nuclear_installation_safety/2014_03_04/severe_accident_cost_-_14_02_14_complete_b2.pdf OCDE/NEA

ExternE (2002) « Externalities of Energy », Vol. 5 Nuclear, 1995
https://ec.europa.eu/research/energy/pdf/kina_en.pdf

Hirschberg S., Burgherr P., Spiekerman G., Vitazek J., Cazzoli E., Cheng L. (2003) "Assessment of severe accident risks". In: Eliasson B., Lee YY. (eds) "Integrated assessment of sustainable energy systems in China: The China Energy Technology Program" Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London, 2003, pp 587-660.

Lévêque François (2013) « Nucléaire On-Off : Analyse économique d'un pari », Dunod, Paris Novembre 2013 ISBN 978-2-10-070510-8

Lévêque François, Escobar Lina(2012) "How to predict the probability of a major nuclear accident after Fukushima Daichi?" Cerna Mines-Paritech Mars 2012

Markandya A., Dale N., Schneider T. (eds.) (1998) "Improvement of the assessment of severe nuclear accidents" CEPN Report No. 260, Fontenay aux Roses (F), Decembre 1998.

Momal P et al. (2013) « Méthodologie appliquée par l'IRSN pour l'estimation des coûts d'accidents nucléaires en France » PRP-CRI/SESUC/2013-00261

Pelzer N. (2010) "Main Features of the Revised International Regime Governing Nuclear Liability – Progress and Standstill", International Nuclear Law: History, Evolution and Outlook, OECD, Paris, pp. 355 - 386, www.oecd-nea.org/law/isnl/10th/isnl-10th-anniversary.pdf

Reitsma S. ,Tetley M. (2010), "Insurance of Nuclear Risks", International Nuclear Law: History, Evolution and Outlook, OECD, Paris, pp. 387 - 412, www.oecd-nea.org/law/isnl/10th/isnl-10th-anniversary.pdf

Schwartz J. (2010), "Liability and Compensation for Third Party Damage resulting from a Nuclear Incident", International Nuclear Law: History, Evolution and Outlook, OECD, Paris, p. 307 - 354, www.oecd-nea.org/law/isnl/10th/isnl-10th-anniversary.pdf

Tetley M. (2006), "Revised Paris and Vienna Nuclear Liability Conventions – Challenges for Insurers", Nuclear Law Bulletin, No. 77, OECD, Paris, pp. 27 - 39, www.oecd-nea.org/law/nlb/nlb-77/027_039.pdf

UK / COCO (2008) "COCO-2: A Model to assess the economic impact of an accident", November 2008.

USA / NRC (1997) « Regulatory Analysis Technical Evaluation Handbook, Nureg / BR -0184, January 1997 »

Addendum : modalités d'écriture de la présente note

La SFEN, via la ST8 " Economie et Stratégie Energétique", a organisé une matinée d'exposés et de discussions sur le thème des "coûts d'un accident nucléaire".

Ce séminaire a eu lieu le 3 juillet 2014 au matin. Son objet était triple :

- Echanger sur la base des présentations de spécialistes ayant publié sur ce sujet, d'organismes internationaux ou de parties prenantes impliquées dans ces sujets,
- Discuter les objectifs, hypothèses, méthodes et résultats en les comparant, le cas échéant, entre eux,
- Etablir les bases de la présente note.

Les exposés présentés ont été les suivants :

« Présentation de l'état d'avancement des travaux du Groupe de travail international sur le coût des accidents nucléaires » Alexey Lokhov/ OCDE/AEN,

« Méthodologie appliquée par l'IRSN pour l'estimation des coûts d'accidents nucléaires en France » Patrick Momal/IRSN,

- "Severe nuclear accident and assumptions for third party liability costs" Véronique Decobert/ENEF,
- « Terme source pour les accidents avec fusion du cœur » Agnès Ferrier/ EDF-SEPTEN.

Les Participants (une vingtaine) étaient les suivants : membres du comité d'animation de la ST08, salariés des entités juridiques fondatrices de la SFEN, économistes, spécialistes de la sûreté nucléaire.

Cette note est issue des présentations et réflexions de cette demi-journée. Elle a été enrichie de réflexions postérieures et a été présentée pour avis à l'ensemble des personnes présentes, orateurs compris. Elle n'engage toutefois que la SFEN.