

Les rejets radiologiques massifs sont très différents des rejets contrôlés

Ludivine Pascucci-Cahen et Patrick Momal

Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN)
31 av Division Leclerc, 92260 Fontenay-aux-Roses

Titre original : *Massive radiological releases profoundly differ from controlled releases*
Edité par EUROSAFE, lien : <http://www.eurosafe-forum.org/2012-seminar-2>

Traduction française : Odile Girard, Catherine Thirion, Pierre Fetet

Résumé:

Se préparer à un accident nucléaire nécessite de comprendre les conséquences potentielles de cet accident. Alors que de nombreux experts spécialisés ont travaillé sur divers aspects particuliers d'un tel accident, il est surprenant que si peu d'efforts aient été consacrés à obtenir une vue d'ensemble et à fournir une image globale et équilibrée de toutes les conséquences majeures. L'IRSN a travaillé sur le coût des accidents nucléaires, un exercice qui se doit d'être aussi complet que possible, étant donné que toute omission sous-estimerait évidemment le coût. Il fournit donc (idéalement) une estimation de tous les éléments de coût d'un accident, révélant la nature de ces coûts et esquissant ainsi une image globale. Sur un réacteur à eau pressurisée français (REP), il apparaît que des rejets contrôlés provoqueraient un accident « économique » ayant des conséquences radiologiques limitées par rapport à d'autres coûts ; en revanche, des rejets massifs déclencheraient une crise majeure ayant des conséquences radiologiques importantes. Ces deux types de crises confronteraient les décideurs à différents types de défis.

1. LES COÛTS ESTIMATIFS DOIVENT ÊTRE COMPLETS POUR DONNER UNE VUE GLOBALE

L'IRSN a développé une estimation du coût d'un accident nucléaire sous la pression des détenteurs d'une licence d'exploitation. La culture dominante dans le secteur de l'énergie nucléaire étant celle de la technique, ce champ d'investigation n'avait pas été envisagé. Cependant, la pression économique est omniprésente et dans le monde entier les opérateurs tendent de plus en plus à utiliser des arguments économiques dans leurs discussions avec les autorités de sûreté. C'est pourquoi l'IRSN a entrepris une estimation du coût des accidents nucléaires dès 2005.

1.1. L'estimation des coûts doit être complète

Le premier point essentiel, en ce qui concerne la méthodologie, est que les estimations doivent être complètes et qu'aucun élément de coût ne doit être laissé de côté. Parce que, à un moment ou un autre, il faudra trouver un compromis entre le coût des accidents et les dépenses consacrées à la prévention des accidents. Si un élément de coût est négligé, les estimations de coûts sont sous-estimées et si le coût des accidents est sous-estimé, la valeur de la prévention sera également sous-estimée. Les dépenses de prévention seront alors inférieures à ce qui serait optimal et un risque excessif sera maintenu. Ce point est donc crucial.

Il y a plusieurs (mauvaises) raisons qui expliquent pourquoi les éléments de coût pourraient être négligés. Une des plus importantes est que certains coûts semblent très difficiles à estimer et les chiffres qui en résultent peuvent manquer de précision si on les compare à ceux fournis par une science comme l'astronomie. Par conséquent, pourquoi acquérir le savoir-faire et perdre un temps précieux et de l'argent pour des résultats aussi maigres et contestables ? Ces arguments peuvent contenir une part de vérité... mais ils se traduiraient néanmoins par une non estimation, ce qui assurément est biaisé et généralement pire qu'un « mauvais » chiffre. Une mauvaise estimation est meilleure que pas d'estimation du tout. En outre, une mauvaise estimation peut être transformée en une estimation paramétrique...

L'une des autres raisons quelquefois invoquée est que les décisions seraient purement politiques et ne tiendraient pas compte des estimations de coûts. En réalité, si l'on adhère à ce point de vue, les estimations de coûts seraient purement politiques et avec des objectifs politiques, on peut produire n'importe quels chiffres. Alors pourquoi les experts devraient-ils se casser la tête quand ils ne peuvent que s'attendre à voir leur avis ignoré ou dédaigné par les hommes politiques de toute façon ? Pour nous, cet argument équivaut à peu près à dire que, puisque le crime existera toujours, cela ne sert à rien de dépenser des ressources pour entretenir les forces de police. C'est bien évidemment le contraire qui est vrai ! Précisément parce qu'il est *possible* de produire de mauvais chiffres, ce devrait être un objectif explicite que de contribuer au professionnalisme dans ce domaine et parce que les décisions politiques passent *quelquefois* outre aux considérations économiques (quoique ce soit assez rarement le cas...), il faut justement réaliser, rendre disponibles et expliquer largement au public des analyses éclairées et équilibrées.

1.2. Les grandes catégories de coûts

Dans le domaine des accidents nucléaires, la composante de coût classique est ce que nous appelons les coûts radiologiques hors-site. Ceux-ci ont fait l'objet d'un examen approfondi après les accidents de Three Mile Island (TMI) et de Tchernobyl et ont permis d'établir plusieurs codes de calcul pour l'évaluation des conséquences au début des années 1990, comme le code Cosyma en Europe ou le Maccs aux États-Unis. Ces codes calculent principalement la dispersion du nuage radioactif et les conséquences pour la santé publique ; des contre-mesures comme l'interdiction de certaines denrées alimentaires peuvent être étudiées en changeant les normes de concentration. Mais il existe bien d'autres coûts concernant à la fois la zone proche du site touché et les zones beaucoup plus éloignées.

Les coûts sur site ne sont pas négligeables et doivent être estimés parce qu'ils correspondent à des pertes réelles. Certes ces coûts sont supportés par l'opérateur (voir cependant le cas de TEPCO) mais ils représentent néanmoins une perte de valeur pour la société dans son ensemble. L'argument développé plus haut s'applique bien ici : si on n'inclut pas les coûts sur site, on sous-estime les pertes liées à l'accident, on sous-évalue les efforts de prévention et on maintient des risques qui dépassent le niveau optimal.

Les pertes agricoles dues à la pollution radioactive sont couvertes dans les coûts radiologiques hors-site ; toutefois, des denrées parfaitement saines, mais

soupçonnées d'être contaminées, peuvent provoquer des pertes supplémentaires. Ce type de perte est regroupé avec les autres coûts d'image comme les conséquences sur le tourisme. Les coûts d'image et [note du traducteur : il semble qu'il manque une partie de la phrase ou bien le « and » n'a pas été effacé] peuvent être relativement importants.

L'expérience a montré que les accidents nucléaires peuvent avoir de graves conséquences sur la production électrique, dans le pays concerné, mais aussi dans le monde entier. Après Three Mile Island, les États-Unis n'ont plus construit un seul réacteur nucléaire pendant 30 ans ; après Tchernobyl, l'Italie a renoncé à l'énergie nucléaire et n'a jamais utilisé des réacteurs qui en étaient pourtant presque au stade de la production ; après Fukushima, le Japon a été confronté à de sérieuses difficultés dans ce secteur et l'Allemagne a décidé de sortir du nucléaire. Cet élément doit être pris en compte.

Dans les scénarios d'accidents les plus graves, de vastes superficies de terres peuvent être sévèrement contaminées et il se peut que des zones d'exclusion doivent être mises en place, avec les coûts que cela entraînerait. Les autres territoires moins contaminés engendrent également des coûts importants.

Ce sont ces grandes catégories de coûts que nous avons gardées dans les estimations qui suivent pour un accident survenant en France. Comme nous le verrons, on peut en déduire une description très claire qui peut fournir des indications précieuses aux gestionnaires de crise et aux autorités de sûreté.

Il peut y avoir d'autres coûts, par exemple les perturbations qui affecteraient l'économie. Ce phénomène a été observé après l'accident de Fukushima, mais une partie peut être attribuée aux ravages provoqués par le séisme et le tsunami. Cette situation peut se produire dans certains des scénarios d'accident prévus pour la France. Les autres coûts pourraient également inclure les conséquences sur la dette nationale, les conséquences sur la Bourse, l'impact sur les investissements étrangers, et ainsi de suite. Ces coûts ne sont pas inclus, ce qui suggère que les estimations, qui sont censées être les meilleures estimations [best estimates], ne sont pas des estimations prudentes mais qu'elles sont sous-estimées plutôt que sur-estimées. Il est essentiel pour le lecteur d'être conscient que certains domaines ne sont pas inclus dans les estimations proposées, s'il veut comprendre les chiffres correctement ; cela signifie aussi que les coûts omis sont peu importants par rapport aux autres coûts. Dans le cas présent, le principal argument est que tous les coûts qui ont été inclus étaient supérieurs à un milliard d'euros ; les autres coûts seraient tous en-dessous de ce chiffre.

1.3. Détail des postes de coûts

Avant de passer aux résultats, le tableau ci-dessous fournit le détail des postes de coûts. En fait, chaque grande catégorie de coût se compose de plusieurs postes. Étant donné que chaque poste a été estimé pour être le moins biaisé possible (meilleures estimations), on peut espérer que les erreurs d'estimation peuvent au moins partiellement se compenser.

Tableau 1 : Détails des postes de coûts

Postes	Commentaires
<u>Coûts sur site</u>	
Décontamination et démantèlement	Sur la base des enseignements tirés de TMI
Remplacement de l'électricité	Correspond à la valeur du réacteur perdu et aux coupures subies par les autres réacteurs sur le site
Autres coûts sur site	Marginaux par rapport aux coûts ci-dessus
<u>Coûts radiologiques hors-site</u>	
Contre-mesures d'urgence	Marginales par rapport aux autres coûts
Coûts sanitaires (radiologiques)	Dépendent très largement de la quantité de nourriture contaminée ingérée par la population. Un boycott par les consommateurs et les détaillants est considéré comme possible.
Coûts psychologiques	Principalement les journées de travail perdues et les coûts des traitements à long terme. Il n'a pas été tenu compte des souffrances des patients (ni d'une volonté sociale de payer au-delà des coûts vérifiables [hard costs])
Pertes agricoles	Dépendent grandement des normes ou d'un boycott par les consommateurs/détaillants
<u>Coûts d'image</u>	
Impact sur les exportations agricoles et alimentaires	Concerne des produits parfaitement sains ; s'appuie sur l'expérience acquise grâce à des épisodes comme la crise de la vache folle, la grippe aviaire ou la crise du concombre espagnol de 2011 en Europe.
Impact sur le tourisme	S'appuie sur les crises du tourisme survenues dans le monde au cours de 10 dernières années.
Réduction des autres exportations	Expérience dans ce domaine quasiment inexistante.
<u>Coûts liés à la production électrique</u>	Le scénario le plus plausible étant donné les procédures françaises serait une réduction de 10 ans de la durée de vie des réacteurs.
<u>Territoires contaminés</u>	
Zones d'exclusion	Coût des réfugiés radiologiques (population des zones d'exclusion) ; coût des terres considérées comme un capital (en l'absence d'une volonté de payer en plus pour la « valeur de la patrie »)
Autres territoires contaminés	Données fondées sur les retours de Biélorussie ; prennent en compte les coûts réels de contamination et de transferts, ces derniers donnant une mesure du préjudice infligé aux populations.

2. UN ACCIDENT NUCLÉAIRE GRAVE EN FRANCE SERAIT UN DÉSASTRE NATIONAL MAIS RESTERAIT NÉANMOINS GÉRABLE

Nous distinguons deux familles d'accidents, toutes deux impliquant la fusion du cœur d'un réacteur produisant de l'électricité. Un accident grave est défini comme une fusion du cœur, suivie d'émissions radioactives qui sont plus ou moins contrôlées et donc *non massives*. Les termes source peuvent être plus ou moins graves dans cette famille d'accident ; les conditions météorologiques peuvent être plus ou moins favorables.

Les chiffres suivants sont estimés du point de vue de la France en tant que nation ; l'évaluation serait différente si on calculait du point de vue de la région affectée ; ils seraient encore différents du point de vue de l'Union Européenne.

En résumé, un accident représentatif de cette famille impliquerait les coûts suivants :

Tableau 2 : Coût d'un accident représentatif grave en France

	Milliards d'euros	%
Coûts sur site	6	5%
Coûts radiologiques hors site	9	8%
Territoires contaminés	11	10%
Coûts relatifs à la production d'électricité	44	37%
Coûts d'image	47	40%
Total (arrondi)	120	100%

2.1. Un désastre national

Un coût total de 120 milliards d'euros est tout à fait considérable pour la France. Un accident industriel majeur comme l'explosion de l'usine d'engrais AZF à Toulouse (2001) ou la fuite de pétrole de l'Erika (2000) a été évalué autour de 2 milliards d'euros - un ordre de grandeur tout à fait différent.

Le PIB français annuel étant autour de 2 000 milliards d'euros, un accident nucléaire grave pourrait impliquer des pertes avoisinant 6 % de PIB annuel. Les coûts n'affecteraient pas le PIB d'une année, mais s'étendraient sur une période de temps, la plus grande partie survenant dans les trois premières années après l'accident.

Au total les pertes représenteraient de 3 à 6 ans de croissance économique, en fonction du taux de croissance. Ce serait donc un désastre d'importance nationale. Les variations de coût en raison de l'emplacement existent, mais ne sont pas majeures.

Une caractéristique supplémentaire rend ce désastre national plutôt que local : les coûts d'image et les coûts d'énergie représentent 77% du total et ne sont pratiquement pas liés à la région particulière affectée par l'accident.

2.2. Une crise gérable

Malgré l'énorme coût global, les coûts purement radiologiques représenteraient moins de 20 % des coûts totaux (coûts radiologiques hors site et territoires contaminés). Le nombre de réfugiés radiologiques pourrait être de l'ordre de 3 500, que le pays peut certainement gérer d'une manière satisfaisante. De plus, la nature plus ou moins contrôlée des émissions permet d'appliquer des contre-mesures assez efficacement.

Ainsi, les gestionnaires de crise de haut niveau affronteraient le chaos médiatique et des enjeux économiques considérables plutôt qu'une catastrophe radiologique généralisée.

2.3. Variabilité

L'estimation ci-dessus est un ordre de grandeur pour un accident grave représentatif ; une réalisation réelle d'un tel accident dévierait probablement de ce modèle pour des raisons décrites ci-après.

Pour donner une idée des variations possibles du coût, nous suggérons qu'un cas favorable puisse coûter 50 milliards d'euros tandis que les coûts pourraient doubler dans un cas défavorable (240 milliards d'euros). Cette fourchette (-55 % ; +100 %) devrait inclure la plupart des variations, mais des cas extrêmes peuvent toujours dépasser ces chiffres.

Des écarts de l'accident représentatif doivent être attendus de la combinaison des facteurs suivants :

- le terme source, la direction du vent, sa vitesse et de possibles précipitations déterminent le profil radiologique de l'accident ; sans vent et avec de fortes précipitations, la pollution à long terme serait principalement limitée au voisinage de la centrale ; les coûts radiologiques seraient réduits, ce qui calmerait le sensationnalisme des médias ; cela rendrait, de même, plus facile la gestion de l'image et de la production d'énergie ;
- la qualité des actions défensives prises pour sauvegarder l'image de produits propres serait un paramètre essentiel ; un haut niveau d'efficacité à cet égard peut exiger qu'un groupe de travail particulier soit monté très tôt pendant la crise, pourvu d'un assortiment adéquat de spécialistes et doté de ressources en proportion des intérêts économiques menacés. La mise en application de normes de concentration zéro concernant les produits alimentaires contaminés pourrait être une option pour la protection d'exportations parfaitement saines, même si ce n'est clairement pas nécessaire d'un strict point de vue sanitaire.

- Le réalisme des mesures politiques en ce qui concerne le secteur de production d'électricité serait aussi d'une importance primordiale dans la réduction des coûts pour la société.

3. UN ACCIDENT NUCLÉAIRE MAJEUR EN FRANCE PROVOQUERAIT UNE CATASTROPHE EUROPÉENNE INGÉRABLE

Le terme accident majeur désigne ici tout accident affectant un réacteur de production d'électricité qui serait à l'origine de rejets *massifs* de radioactivité. Ici encore, les termes source peuvent être plus ou moins sévères dans le cadre de ce genre d'accident ; les conditions météorologiques peuvent être plus ou moins favorables. L'estimation suivante prend en compte un scénario d'accident représentatif des accidents majeurs dans un réacteur à eau pressurisée (REP) français de 900 MW, sur la base d'une durée de vie de 40 ans.

Tableau 3 : coût d'un accident représentatif majeur dans une centrale nucléaire française

	Milliards d'euros	%
Coûts sur site	8	2%
Coûts radiologiques hors-site	53	13%
Territoires contaminés	110	26%
Coûts d'image	166	39%
Coûts liés à la production d'énergie	90	21%
Total (arrondi)	430	100%

3.1. Une catastrophe radiologique majeure

Le coût des conséquences radiologiques pourrait se monter à plus de 160 milliards d'euros après un accident nucléaire majeur, c'est-à-dire 8 fois plus que pour un accident grave typique et dépasser le coût *total* d'un accident grave. Les coûts radiologiques hors-site seraient multipliés par 6. Les coûts liés à la contamination des territoires excèderaient 5 % du PIB annuel. L'importance de ces chiffres indiquent l'extrême sévérité radiologique de tels accidents.

Il est peut-être plus facile de donner une idée de l'ampleur de la contamination en estimant le nombre de réfugiés radiologiques, c'est-à-dire la population des zones d'exclusion, soit des gens qu'il faudrait installer ailleurs de façon permanente. Cela pourrait concerner en moyenne 100 000 personnesⁱ, ce qui serait extrêmement difficile à gérer.

Le nombre de cancers attendus serait élevé. Les effets physiologiques seraient importants. Les quantités de denrées agricoles dont il faudrait se débarrasser seraient considérables. La gestion des territoires contaminés (sans compter les zones d'exclusion) resterait un défi permanent pendant de longues années. Souvent

les pays voisins seraient aussi touchés par la contamination. Des effets physiologiques aussi vastes imposeraient des souffrances considérables aux populations concernées. Les coûts correspondants pourraient être désignés comme coûts « humains » et accroître chez les décideurs la volonté de payer pour la prévention. En tout, ces coûts « humains » représenteraient 40 % des coûts totaux, mais pourraient peser encore plus lourd dans les décisions.

3.2. Des coûts économiques élevés

Les autres coûts sont plus diffus et supportés par la population entière. On peut les appeler coûts « économiques ». Ils incluent principalement les coûts d'image et les coûts liés à la production d'électricité.

Les coûts d'image seraient multipliés par 3,5 par rapport à un accident représentatif grave, et atteindraient le chiffre colossal de 160 milliards d'euros, autant donc que les coûts liés à la radioactivité. Cette estimation est évidemment plus aléatoire que dans le cas d'un accident grave, parce qu'on n'a pas l'expérience de ce scénario (mégacrise + contamination radioactive de grande ampleur).

Si l'on compare avec Fukushima, les zones contaminées après un accident majeur dans une centrale nucléaire française auraient beaucoup plus de chances d'être des zones agricoles intensives. Des productions symboliques comme le vin seraient probablement affectées. Des paysages et des monuments très populaires pourraient se trouver contaminés et nuire à l'activité touristique. Une couverture médiatique intense exacerberait les problèmes d'image tout de suite après l'accident, puis à chaque anniversaire, renforçant régulièrement les difficultés pour les activités concernées et les moyens d'existence de ceux qui en dépendent.

Les coûts liés à l'électricité pourraient être typiquement deux fois plus élevés qu'après un accident grave ; ceci s'explique par le besoin de remplacer plus rapidement [que prévu] l'énergie nucléaire par d'autres moyens de production et pour plus longtemps. Une fois encore il s'agit d'une estimation raisonnée d'éventuelles décisions politiques ; ces chiffres donnent un ordre de grandeur des coûts correspondants.

3.3. Des pertes énormes

Au total, un accident majeur typique pourrait coûter plus de 400 milliards d'euros, soit plus de 20 % du PIB français annuel, ou l'équivalent de plus de 10 ans de croissance économique. À défaut d'autres références, on ne peut que comparer cela au coût d'une guerre régionale. Le pays serait en état de choc pendant longtemps et l'Histoire se souviendrait de la catastrophe pendant de longues années. Toute l'Europe de l'Ouest serait affectée.

Deux effets s'additionneraient : le pays serait irradié et de surcroît, il lui faudrait faire face à des pertes extrêmement lourdes. Ceci amènerait en toute probabilité de profonds changements politiques et sociaux.

Le coût typique d'un accident majeur pourrait varier de - 60 à + 120 %, ce qui rapproche les deux catégories d'accident pour ce qui est de la variabilité telle qu'elle est mesurée par ces pourcentages. Cependant, les écarts du cas représentatif sont différents dans les deux catégories d'accident :

- Un accident majeur extrême dont le coût excéderait la fourchette proposée serait absolument désastreux, surtout parce qu'on ne peut totalement exclure qu'une pollution sévère des grands centres urbains aboutirait à un phénomène à queue épaisse nettement plus prononcé que dans un cas d'accident grave.
- Les cas extrêmes d'accident grave seraient non seulement « moins graves » mais pourraient être atténués par une bonne préparation de crise. En d'autres mots, des conditions météorologiques défavorables auraient des effets limités, tandis qu'une bonne gestion d'image et une politique énergétique d'après-crise avisée pourrait indéniablement avoir un impact important sur les coûts sociaux. Combinées à une communication bien pensée, ces qualités devraient rendre la crise tolérable.
- Par contre, le vent et la pluie influent fortement sur l'ampleur des conséquences radiologiques d'un accident majeur et par conséquent sur celle du coût total de l'accident : dans un cas typique, ils constituent en effets quelque 40 % de ce coût. Des rejets massifs laissent typiquement très peu de temps pour mettre en place une gestion d'urgence ; en général, les gestionnaires de crise de haut-niveau se trouveraient confrontés à une contamination étendue a posteriori et leur contribution se limiterait à modérer une situation dans l'ensemble désespérée. Une bonne gestion d'image et une politique d'après-crise avisée seraient utiles, mais l'accident demeurerait largement intolérable.

4. REMARQUES DE CONCLUSION

La première des conclusions tirées des chiffres ci-dessus a inspiré le titre de ce rapport : les rejets radiologiques massifs diffèrent profondément des rejets contrôlés. Ces derniers provoquent une crise principalement économique, et la plupart des coûts sont supportés par toute la population. Les principales victimes sont les agriculteurs locaux qui vont souffrir économiquement à cause de la contamination de leurs terres et de leurs produits ; ils devront peut-être partir de chez eux, redémarrer leur activité ou en changer et, en outre, peuvent être confrontés à des problèmes de santé. Des rejets massifs, au contraire, provoquent des conséquences radiologiques massives ; le nombre de victimes peut être considérable et inclure des personnes issues de tous les milieux.

Ce genre d'information devrait être utile aux gestionnaires de crise. La vision qu'ils peuvent en tirer devrait les aider à éviter les erreurs majeures dans les stades initiaux, erreurs qui peuvent revenir très cher à long terme. La préparation de crise pourrait être améliorée si on se rend compte que les conséquences radiologiques ne sont qu'un élément de la crise, et peuvent même n'être qu'un élément mineur en termes économiques.

Cette façon de voir les choses peut également servir aux décisions relatives à la sûreté, en particulier si on admet que les cas les plus graves peuvent constituer un enjeu énorme pour la nation et que par conséquent, leur faible probabilité ne compense pas l'ampleur de leur potentiel catastrophique.

ⁱ Les zones d'exclusion sont définies comme étant contaminées par du césium 137 à un taux supérieur à 15 Ci/km² (sur la base de l'expérience de Tchernobyl). Ce niveau équivaut à 555 KBq/m². Les zones d'exclusion de Fukushima reposent sur des considérations de dose correspondant à des niveaux de radioactivité similaires. Le chiffre de 100 000 réfugiés correspond à une moyenne arrondie de médianes calculées à partir de trois sites français.

