

Ecole Normale Supérieure

CERES-ERTI

Centre d'Enseignement et de Recherches sur l'Environnement et la Société
Environmental Research and Teaching Institute

ATELIER *SANTE ENVIRONNEMENT*

2^{ème} semestre - Année 2011-2012

Accidents nucléaires et gestion des crises par les grandes institutions mondiales

Lorenza BUONO, Arnaud RISPE,
Clément SOUFFRIN, Johanne VAD

Accidents Nucléaires et Gestion des Crises par les Grandes Institutions Mondiales



Buono Lorenza
Rispe Arnaud
Souffrin Clément
Vad Johanne

Atelier Environnement et Santé
CERES
Janvier-Juin 2012

Table des matières

Introduction	2
Quelques rappels.....	3
a. Les différentes unités de mesure.....	3
b. Les effets sanitaires d'une exposition à la radioactivité.....	3
1) Les grandes crises nucléaires	4
a. Accident de Three Mile Island.....	4
b. Accident de Tchernobyl.....	6
c. Accident de Fukushima Dai-Ichi.....	8
2) Conséquences sanitaires et environnementales	11
a. L'accident de Three Mile Island a-t-il eu des conséquences extérieures?.....	11
b. L'accident de Tchernobyl aux conséquences discutées	11
c. L'accident de Fukushima : les premiers effets mesurés	14
3) État du parc nucléaire français et mondial	18
a. Parc Mondial.....	18
b. Sûreté nucléaire.....	21
c. Gestion de crise.....	24
Conclusion	26
Références bibliographiques	27

Introduction

A l'heure où nous venons de commémorer le premier anniversaire du tsunami de Fukushima et de l'accident nucléaire qui a eu lieu concomitamment, de nombreuses voix se sont élevées contre l'énergie nucléaire et les dangers inhérents à cette technique de production d'électricité. En effet, cet accident a fait resurgir de l'inconscient collectif les catastrophes passées de Three Mile Island et Tchernobyl.

Ces trois catastrophes posent la question de la sécurité du nucléaire et de l'impact sanitaire de tels accidents : s'il est vrai que des rapports concernant le déroulement et les conséquences de ces accidents existent, la grande divergence de leurs conclusions pose question. C'est précisément ce problème qui nous a amené à étudier ces trois catastrophes pour essayer d'en tirer un point de vue le plus objectif possible. Nous nous sommes également intéressés à l'état actuel du parc nucléaire et de ses organismes de contrôle pour savoir si une telle catastrophe pouvait à nouveau se produire.

Ainsi, nous allons tout d'abord vous présenter le déroulement de ces catastrophes, puis les conséquences objectivement causées par celles-ci et enfin l'état et le mode de surveillance actuels du parc nucléaire mondial.

Quelques Rappels...

a. Les différentes unités de mesure

Le becquerel (Bq) mesure l'activité radioactive c'est-à-dire le nombre de désintégrations radioactives.

Le gray (Gy) rend compte de l'énergie *déposée* et équivaut à un joule par kilogramme de matière irradiée.

Le sievert (Sv) mesure la dose *efficace reçue*. Elle tient compte de la nature du rayonnement, de la sensibilité variable des tissus et des effets sur l'Homme.

Le rad (rd) rend compte de l'énergie *absorbée par une cible*. Il s'agit d'une ancienne unité de mesure qui reste cependant encore utilisée aux Etats-Unis.

Le röntgen (R) est une ancienne unité permettant de quantifier l'exposition aux rayonnements ionisants. Il ne s'agit donc pas d'une unité de dose mais d'exposition. La dose naturelle d'arrière-plan (rayons cosmiques, surtout) est d'environ 10 µR par heure (elle augmente avec l'altitude).

D'après le Code de la Santé (Article R1333-8), la dose efficace limite autorisée pour le grand public est de 1mSv/an. Pour les travailleurs professionnellement exposés à la radioactivité, cette limite atteint 20mSv/an et est fixée par le Code du Travail (Article R231-76)

b. Les effets sanitaires d'une exposition à la radioactivité

Les effets sanitaires d'une exposition à des substances radioactives peuvent être résumés dans la figure suivante. Il est très important de préciser que l'effet des faibles doses (ici représenté par une ligne discontinue) est inconnu et est sujet à controverse. Nous ne pouvons pour le moment donner de réponse claire à cette question. Par contre l'effet de doses plus élevées est aujourd'hui mieux connu.

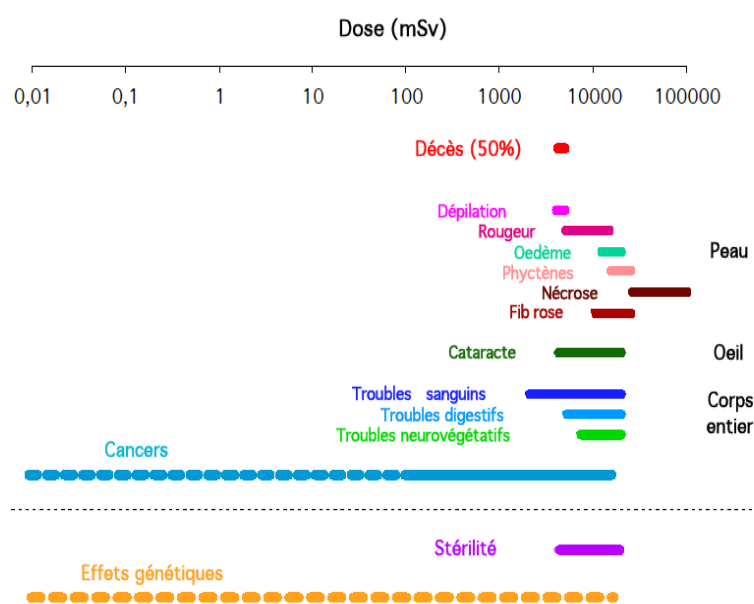


Figure 1 : Effets sanitaires supposés (faibles doses) et connus de l'exposition à des substances radioactives

La vanne du pressurisateur aurait dû se refermer dès la pression descendue mais ce ne fut pas le cas. Les opérateurs ne peuvent pas alors s'apercevoir du problème car les voyants affichent l'ordre de fermeture de la vanne mais pas son état physique réel (erreur de conception). Pour eux, elle est donc fermée. L'eau du circuit primaire s'échappe par cette brèche, déclenchant les pompes de secours d'alimentation en eau.

Avec la baisse de pression, l'eau commence à se transformer en vapeur perturbant le pressurisateur qui finit par se remplir d'eau. L'opérateur pense alors que tout le circuit est plein et stoppe les pompes de secours. La vanne toujours ouverte, l'excès de vapeur et d'eau est évacué vers un réservoir qui finit par déborder directement dans l'enceinte de confinement. Il aura alors fallu attendre plus de deux heures et le déclenchement de l'alarme de radioactivité élevée dans l'enceinte pour que la vanne soit fermée.

La vapeur qui se forme de plus en plus fait trembler les pompes du circuit primaire, elles sont donc coupées par respect de procédures mises en place ; l'hypothèse étant que la convection permettrait à l'eau de continuer à circuler (erreur de formation). Une deuxième vanne, en amont de la vanne du pressurisateur est alors fermée empêchant la fuite d'eau et de vapeur. Une pompe du circuit primaire est également remise en marche. Le cœur est alors presque entièrement hors de l'eau. Le combustible se dégrade rapidement. Lorsque la vanne est réouverte, l'eau qui recommence à fuir est alors fortement contaminée. Comprenant que le combustible est endommagé et que l'eau ne circule plus, les opérateurs déclenchent une injection de sécurité d'eau permettant peu à peu le retour à une situation stable.

Il s'agit d'une combinaison d'erreurs humaines et de mauvaise conception. D'un côté, la signalisation des problèmes aux opérateurs était mauvaise et confuse. De l'autre, les opérateurs étaient formés pour des cas précis, des procédures événementielles ce qui a détourné leur réflexion du problème général. Cet accident engendra de nombreuses améliorations dans la conception des centrales nucléaires, la formation des agents et la mise en place de plans d'urgence. Sur ce dernier point, il a été notamment décidé la création d'équipes extérieures à la centrale susceptibles d'avoir un regard distancié sur les problèmes à surmonter. (IRSN, <http://www.dissident-media.org>)

L'eau contaminée ayant envahi l'enceinte de confinement fut transférée vers un bâtiment annexe non-étanche engendrant une contamination de l'environnement par des vapeurs radioactives. Tout au long de l'accident, des mesures de radioactivité ont été prises autour de la station. Bien que la plupart fûrent inférieure à 1mS, soit un tiers du rayonnement naturel aux Etats-Unis, il a été mesuré une dose de 12mS au-dessus de la cheminée d'évacuation. A la suite d'échanges confus d'informations et face au risque d'une explosion d'hydrogène, il fut donné l'ordre d'évacuation aux autorités locales. L'ordre fut annulé puis décidé de nouveau par mesure de précaution pour les personnes vulnérables telles que les femmes enceintes et les enfants de moins de 2 ans dans un rayon de 8Km. Les personnes habitant dans un rayon de 16 Km ont été invitées à rester à l'intérieur et les écoles ont été fermées pendant 2 jours. 200 000 personnes décidèrent par elles-mêmes de quitter leurs maisons notamment poussées par les informations confuses diffusées à la population. (<http://www.world-nuclear.org>, « Three Miles Island 1979, 30 ans après » écrite par Ellen Van Roey en 2009).

Concernant plus précisément les mesures de radioactivité, les principales mesures prises à l'extérieure de la centrale ont été faites par 17 dosimètres à poste fixe. L'une des critiques a donc été que les mesures n'ont pas pris en compte la météo et le déplacement du nuage. Les études faites par la suite ont cherché à modéliser le nuage radioactif grâce aux mesures internes à la centrale et à la météo, et ont confronté ce modèle aux mesures des dosimètres fixes. Enfin, il a été estimé que la dose maximale individuelle était de l'ordre de 0,8 mSv pour une moyenne de 0.09 mSv soit une irradiation très inférieure à la dose naturellement reçue durant une année (> 1 mSv). On estime également que l'exposition fut de courte durée. (<http://www.dissident-media.org>)

b. Accident de Tchernobyl

Lorsque l'accident de Tchernobyl a eu lieu, 17 réacteurs RBMK dont ceux de la centrale de Tchernobyl étaient en fonctionnement, tous situés en URSS : 11 en Russie, 4 en Ukraine (centrale de Tchernobyl) et 1 en Lituanie. Actuellement, il ne reste plus en exploitation que les 11 réacteurs présents en Russie.

Les réacteurs RBMK sont des réacteurs à neutrons thermiques. Le graphite joue le rôle de modérateur et l'eau légère bouillante constitue le fluide caloporteur. Le combustible utilisé est quant à lui l'uranium 235 (enrichissement de 2%).

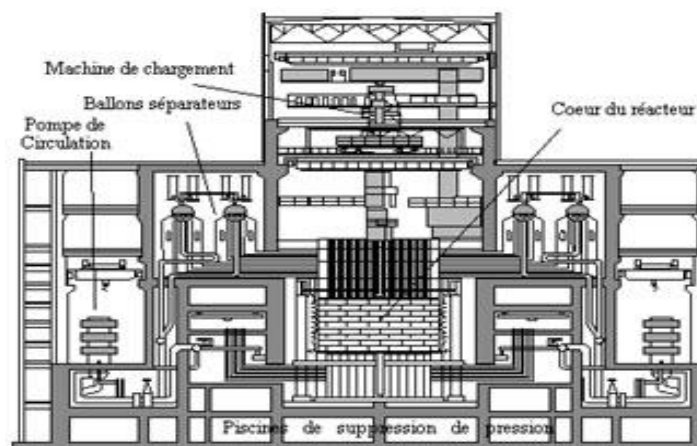


Figure 3 : coupe simplifiée d'un réacteur RBMK de puissance 1 000 MWe (IRSN, site internet, Les Leçons de Tchernobyl)

Les éléments caractéristiques de ces réacteurs sont les suivants :

- l'assemblage combustible est contenu dans un « tube de force » à l'intérieur duquel circule le liquide de refroidissement ; ces « tubes de force » sont au nombre de 1700 et sont placés verticalement dans l'empilement du graphite.
- les barres absorbantes de neutrons sont au nombre de 200.
- deux boucles indépendantes permettent le refroidissement du réacteur, chaque boucle comportant deux ballons séparateurs et quatre pompes de recirculation.
- un circuit de refroidissement de secours est présent pour refroidir le cœur.

Les avantages principaux de ce type de réacteur sont l'absence de cuve sous pression, l'absence de générateurs de vapeur et un contrôle du refroidissement canal par canal. Les

inconvénients sont en revanche la complexité du système de refroidissement, la difficulté de contrôle du cœur du réacteur et également l'absence d'enceinte de confinement (contrairement aux centrales REP).

Plus précisément, voyons quels étaient les défauts relatifs à la sûreté concernant le principe même de ces réacteurs RBMK :

- ces réacteurs ont par essence un « coefficient positif de température ». Cela veut dire que toute augmentation de température du cœur du réacteur implique une augmentation de réactivité et donc une augmentation de puissance qui elle-même conduit à une augmentation de température. Autrement dit, toute perturbation du système se révèle déstabilisante pour le cœur. Ce système est par nature incontrôlable dès lors qu'une perturbation fait son apparition.
- le système d'arrêt d'urgence présente de nombreuses failles. Les barres de contrôle (barres absorbantes de neutrons) ont un temps d'insertion relativement long et il s'agit d'un système très complexe et donc peu fiable...
- le système de dépressurisation du système de confinement se réduit à des zones étanches et non à une enceinte de confinement et n'a pas été conçu pour répondre à des ruptures multiples de tubes de force...

Les améliorations de ces systèmes se sont faites en deux temps : immédiatement après l'accident de Tchernobyl (« mesures post-Tchernobyl ») et plus tard, lors de travaux de modernisation. Les premières ont principalement consisté en une augmentation du nombre de barres fixes (qui ont vocation à absorber les neutrons) tandis que les secondes avaient pour objectif la mise en place de systèmes plus modernes et plus fiables. On peut néanmoins douter de l'efficacité de si faibles mesures sur des systèmes aussi faillibles (source : IRSN)...

Tout d'abord, voyons ensemble le déroulement de la catastrophe. Une procédure de réduction de la puissance de la centrale est entamée le lundi 25 avril au matin dans le but d'effectuer une phase d'essais au soir. Contrairement à ce qui avait été prévu et en raison de la demande du centre gérant et répartissant l'électricité, le réacteur est maintenu à mi-puissance de 13h à 23h. Ce n'est qu'après 23h que la diminution de puissance intervient. Malgré le fait que le réacteur n'est pas dans l'état prévu pour l'essai, celui-ci démarre quand même à 1h23min04sec. A cet instant, les vannes d'alimentation en vapeur de la turbine sont fermées, ce qui conduit à une augmentation de la température du réacteur. Comme nous l'avons précisé précédemment, ces conditions aboutissent à une augmentation de réactivité et donc à une augmentation de puissance qui fait encore augmenter la température. Le réacteur devient incontrôlable, si bien que l'arrêt d'urgence à 1h23min40sec (descente de la totalité des barres de contrôle) trop lent à mettre en place, n'arrive pas à stopper la réaction en chaîne. C'est ainsi qu'à 1h23min44sec le pic de puissance est atteint. La puissance est alors supérieure à 100 fois la puissance nominale.

De très fortes pressions sont atteintes. Ceci a pour conséquence de faire rompre les tubes de force et de pulvériser la dalle supérieure du réacteur dont le poids est de 2000 tonnes : l'explosion a eu lieu. Elle sera suivie d'un incendie lié à l'embrassement du graphite maintenant à l'air libre. Celui-ci ne sera stoppé que le 9 mai (source : IRSN).

Après le déclenchement de l'incendie, des pompiers de la ville voisine de Pripyat sont appelés mais aucune combinaison de protection n'est fournie. Etant données les doses de

radiation auxquelles ils ont été exposés, il semble évident qu'aucun d'eux n'a survécu (pour les chiffres, cf la partie conséquences sanitaires et environnementales de Tchernobyl). Pour éteindre l'incendie du réacteur, des sacs de sable et de plomb ont été largués à partir d'hélicoptères. Dans le même temps, une intervention de plongeurs a été effectuée pour éliminer l'eau contenue sous le réacteur et qui aurait pu conduire à une explosion si celle-ci était rentrée en contact avec le magma en fusion.

La deuxième étape de l'intervention sur la centrale a été de maîtriser l'incendie du graphite et du cœur du réacteur. Pour cela, près de 5000 tonnes d'un mélange de sable, argile, plomb, bore, borax et dolomite ont été larguées. Cette opération a duré du 26 avril au 14 mai 1986. Parallèlement, un tunnel a été creusé sous la centrale et une dalle en béton a été coulée pour empêcher le cœur fondu de descendre plus bas dans le sol.

Enfin, un travail de décontamination a été réalisé durant la période 14 mai 1986 – décembre 1986. Celui-ci a consisté en un nettoyage des abords de la centrale des débris radioactifs éjectés pendant l'explosion et en une construction du sarcophage. Ces travaux ont mobilisé près de 600 000 hommes. L'utilisation de robots a été abandonnée puisque ceux-ci tombaient en panne suite aux émissions radioactives trop importantes (sources : IRSN et www.eitb.com).

Concernant la gestion pour les populations, il faut savoir qu'aucune information n'a été délivrée 20 heures après la catastrophe. Ce n'est qu'après 30 heures qu'un plan d'évacuation est mis en œuvre ; les évacuations démarrent finalement 36 heures après la catastrophe. Après quinze jours, l'évacuation des 115 000 personnes habitant dans un rayon de 30 kilomètres autour de la centrale a été déclenchée (source : documentaire « La bataille de Tchernobyl »).

c. Accident nucléaire de Fukushima Dai-Ichi

Le Japon possède 18 centrales nucléaires qui représentent 25 à 30% de la production d'électricité du pays. Le 11 mars 2011, à 14h56 (heure locale), un puissant séisme se déclenche au large de la côte Est du Japon suivi d'un tsunami atteignant plus de 15 mètres à certains endroits. Le tremblement de terre déclenche l'arrêt automatique par insertion de grappes de commande dans les cœurs des quatre plus proches centrales dont Fukushima Dai-Ichi. Il s'agit d'une centrale comportant six réacteurs à eau bouillante utilisant de l'uranium enrichi comme combustible. La différence avec les réacteurs à eau pressurisée est que l'eau est maintenue à une pression plus basse permettant la formation de vapeur dans le réacteur. Il n'y a donc plus un circuit primaire et un secondaire mais un seul et unique circuit. La vapeur formée va passer dans des turbines afin de produire de l'électricité puis dans un condensateur où elle va être refroidie et redevenir liquide pour repartir dans le cœur.

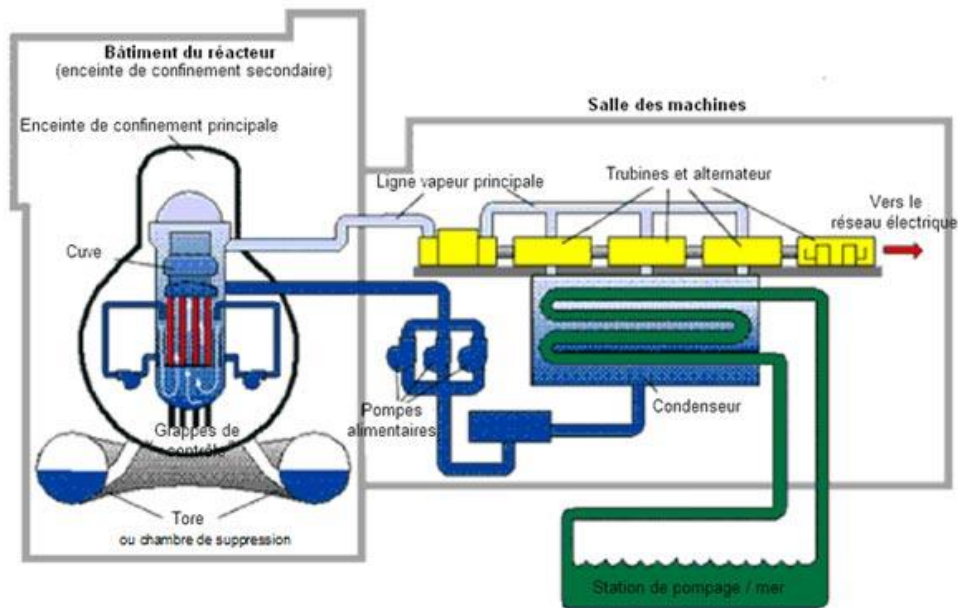


Figure 4 : schéma d'un réacteur à eau bouillante (source : <http://lesmoutonsenrages.wordpress.com>)

Le tremblement de terre a également comme conséquence un endommagement du réseau électrique extérieur qui alimente la centrale, des groupes électrogènes de secours se mettent alors en marche. La vague, quant à elle, endommage les groupes électrogènes de secours ainsi que la prise d'eau en mer. La centrale perd tout moyen de refroidissement. L'eau dans le cœur se met à s'évaporer et des bouffées de vapeurs sont relarguées dans l'air pour diminuer la pression. A ce moment, la vapeur n'est pas encore très radioactive. Au fur et à mesure que l'eau s'évapore, les crayons de combustible ne sont plus immergés et se dégradent. Les vapeurs qui continuent à être relarguées sont alors hautement radioactives. Tout ceci conduit peu à peu à la fusion du cœur des réacteurs 1 à 3. Les piscines de stockage des combustibles usés finissent par s'échauffer également. Pour éviter une trop forte évaporation, de l'eau de mer est injectée dans les cœurs et les piscines de stockage entraînant des fuites d'eau fortement contaminée vers la mer. Un système temporaire de refroidissement en circuit ouvert est mis en place puis une réparation des circuits de refroidissement des réacteurs est entreprise. La situation reste néanmoins précaire.

Aujourd'hui, seul un réacteur est encore en fonctionnement au Japon.

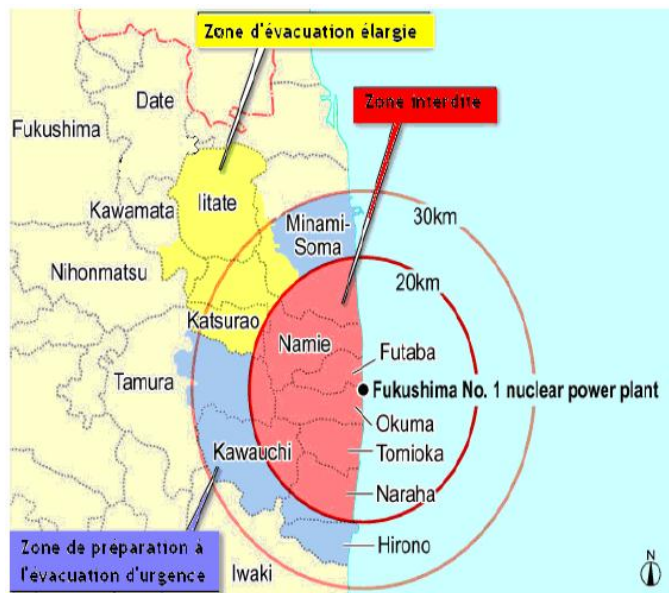
Le 11 mars 2011, à 19h03, l'état d'urgence nucléaire est déclaré par le premier ministre alors en fonction Naoto Kan. C'est un peu plus tard le même jour que la préfecture de Fukushima ordonne l'évacuation, tout d'abord des populations vivant dans un rayon de 2km puis de 3km autour de la centrale de Fukushima Dai-ichi. Le lendemain, suite à l'explosion survenue dans le réacteur n°1, les habitants vivant à moins de 20km de la centrale sont finalement évacués. Le 15 mars, une zone de mise à l'abri est définie dans un rayon de 20 à 30 km autour du site. Ainsi environ 78 200 personnes ont été concernées par les mesures d'évacuations successives et 62 400 par les mesures de mise à l'abri.

Le 16 mars 2011, les autorités japonaises auraient donné l'instruction d'utiliser des tablettes d'iodes stables au moment de l'évacuation dans le rayon de 20km autour de la centrale.

Aucun résident n'aurait cependant consommé de telles pastilles étant donné que l'évacuation était déjà terminée.

Début avril, les premières mesures de radioactivité révèlent d'importants débits de dose au-delà des zones évacuées. De nouvelles décisions des autorités gouvernementales sont prises pour compléter les actions de protection du mois de mars. Des interventions sont décidées au niveau local par les différentes Préfectures et correspondent à des évacuations supplémentaires (Figure 3).

Figure 5 : Zones de gestion des populations suite à l'accident nucléaire de Fukushima Dai-ichi (IRSN, Mars 2012)



De plus, d'autres mesures de protection sont également mises en place. Par exemple : dans le but de limiter l'exposition des enfants dans les cours d'école, le MEXT (Ministère de l'Éducation, de la Culture, du Sport, des Sciences et des Technologies) indique que les cours d'écoles seraient accessibles à condition que le débit de dose à 1m dans les écoles primaires ou à 50 cm dans les écoles maternelles soit inférieur à $3.8\mu\text{Sv/h}$.

Les dispositifs de contrôle des denrées alimentaires appliqués après l'accident nucléaire de Fukushima Dai-ichi ont suivi les normes définies par le MHLW (Ministère de la Santé, du travail et du Bien-Être (Ministry of Health, Labour and Welfare)) le 17 mars 2011 (figure 6) et des contrôles et des interdictions ont ainsi été appliqués au cas par cas.

Bq/kg	Aliments pour nourrissons	Lait et produits laitiers	Légumes	Céréales	Viande oeuf poisson
iodes	100	300	2000	-	-
Pu et transPu alpha	1	1	1	10	10
uranium	20	20	20	100	100
césiums	200	200	500	500	500

Figure 6 : Normes de consommation de différents produits japonais après la catastrophe nucléaire (IRSN, Mars 2012)

D'après la loi du 17 décembre 1999 pour la préparation à une urgence nucléaire, l'exploitant se doit d'avoir préparé un plan d'urgence dont il doit rendre compte à l'Autorité de Sûreté du Japon (NISA). Lors d'un accident nucléaire, un centre décisionnel local est ainsi établi près du lieu de l'accident. Ce centre coordonne toutes les mesures de gestion de l'accident. Dans le cas de l'accident de Fukushima Dai-ichi, ce QG fut installé à 5km de la centrale.

Le gouvernement doit également mettre en place une cellule d'urgence nucléaire (Nuclear Emergency Headquarters ou NERHQ). Cette cellule est dirigée par le premier ministre et permet l'exécution de toutes les mesures notamment proposées par le QG local. Après le tsunami du 11 mars, une partie du gouvernement japonais et la direction de la Commission de Sûreté Nucléaire japonaise ainsi que les dirigeants de la TEPCO se sont rassemblés au sein du NERHQ.

De nombreuses critiques quant à la gestion de la crise par l'Entreprise TEPCO et le Gouvernement Japonais (tant sur le plan administratif, décisionnel, informatif que préventif) ont rapidement émergé. Le centre décisionnel local a dû être (rapidement) abandonné par les autorités puisqu'aucun de ses moyens de communication ne fonctionnait, que les vivres manquaient et que le bâtiment ne protégeait pas des doses de radioactivité mesurées. Il semble également que Le NERHQ et le centre local aient eu du mal à coordonner leurs efforts. Des difficultés de transmission des informations entre les intervenants sur le terrain et les différents responsables expliquent notamment ce manque de coordination. Le rapport accablant de la TEPCO suite à l'accident nucléaire de Fukushima Dai-Ichi souligne un manque de connaissance quant au fonctionnement et au rôle des équipements des intervenants sur site.

2) Conséquences sanitaires et environnementales

a. L'accident de Three Mile Island a-t-il eu des conséquences extérieures ?

Les conséquences de l'accident de Three Mile Island ont été très peu étudiées.

Suite à l'accident, de grandes quantités d'eau légèrement contaminée (eaux usées, eaux de refroidissement, eaux de décontamination) furent relarguées dans la rivière Susquehanna. De plus, on estime que les conditions météorologiques ont favorisé une dispersion des vapeurs en un panache étroit de haute teneur en radioactivité. Des résidents locaux ont rapporté des goûts métalliques dans la bouche, des nausées, des diarrhées, des érythèmes et une perte de cheveux ainsi que la mort d'animaux de compagnie, de ferme ou sauvages et des dommages sur les plantes. (Wings *et al.*, 1997, « Three Miles Island 1979, 30 ans après » écrite par Ellen Van Roey en 2009)

La plus connue des études faites sur l'accident de Three Miles Island est celle conduite par Mervin Susser à l'université Columbia (Hatch *et al.*, 1990). Il trouve une corrélation positive entre les doses reçues suite à l'accident et les lymphomes non-Hodgkiniens, les cancers du poumon et tous les cancers combinés (y compris la leucémie). Néanmoins, considérant le peu de données disponibles et les faibles doses mises en jeu, elle conclut que les résultats ne sont pas significatifs. D'autres remettent en causes ces conclusions ainsi que les méthodes statistiques utilisées (Wings *et al.*, 1997) considérant alors qu'il y a une vraie corrélation entre les doses reçues et l'augmentation des cancers. A cette dernière étude, l'équipe de Columbia répond que les résultats sont les mêmes pour les deux études, seule l'interprétation, qui peut être très subjective en épidémiologie, est différente (Hatch *et al.*, 1997). Ils remettent en cause les symptômes tels que la perte des cheveux ou les vomissements, indiquant qu'il paraît étonnant qu'une publication aussi importante ne se trouve qu'en Russie (et en russe).

b. L'accident de Tchernobyl aux conséquences discutées

L'accident de Tchernobyl semble être l'accident nucléaire dont les conséquences ont été les plus étudiées même si les résultats dégagés font parfois l'objet de critiques.

Tout d'abord, évoquons les chiffres concernant le nombre de morts causées directement par Tchernobyl. Sur ce sujet, on assiste à un certain nombre de controverses. Selon un rapport officiel de l'ONU datant de septembre 2005, seulement 4 000 morts seraient imputables à cet accident nucléaire. Selon une étude britannique datant de 2006, ce serait plutôt entre

30 000 et 60 000 morts. Enfin, selon le Dr Khudoleï, 67 000 morts seraient directement attribuables à Tchernobyl. (Source : www.universcience.fr) Que faut-il en penser ?

Pour commencer, 1125 personnes (pilotes et équipages d'hélicoptères) ont pris part aux travaux des tous premiers jours à Tchernobyl visant à enrayer l'incendie. Les relevés effectués sur place révèlent les chiffres suivants : 2080 R au pied de la centrale le lendemain de la catastrophe, ce qui correspond à une dose mortelle atteinte en moins de 15 minutes sur place ; 200 mR à Pripyat douze heures après la catastrophe et 7 R un jour après l'accident ; le 28 avril 1986, à 200 mètres au-dessus du réacteur n°4, les appareils font état de valeurs supérieures à 500 R, parfois même de 3500 R. Un individu ne doit pas recevoir plus de 2R par an pour rester en bonne santé, la dose mortelle est de 400 R par an. On peut donc estimer que ces 1125 premiers liquidateurs qui sont pratiquement tous morts à l'heure actuelle sont des victimes directes de la catastrophe (sources : documentaire « La bataille de Tchernobyl » et IRSN)

Ensuite, le nombre total de liquidateurs mobilisés de 1986 à 1987 est de 226 000 et de 600 000 sur la période 1986-1990. Selon un membre de l'Union Tchernobyl, une des plus importantes organisations de liquidateurs, 60 000 de ces 600 000 liquidateurs seraient morts à cause de la catastrophe nucléaire et près de 165 000 d'entre-eux en seraient restés handicapés. Selon le film documentaire « La bataille de Tchernobyl », 20 000 liquidateurs de Tchernobyl seraient morts des suites de leurs travaux sur la centrale, tandis que 20 000 autres y trouveraient la cause de leurs invalidités. Etant donné le nombre de liquidateurs soumis à des radiations très fortes (en particulier les 226 000 intervenus de 1986 à 1987), ces chiffres ne semblent pas incohérents.

Parmi les personnes particulièrement exposées aux radiations, il existe deux groupes en sus des liquidateurs : les personnes évacuées (116 000 personnes) et les résidents des territoires fortement contaminés (270 000 personnes). A ces deux groupes, il faut également prendre en compte à un autre niveau un quatrième groupe de 6.8 millions de personnes exposés à des niveaux beaucoup plus faibles (sources : IRSN et www.ladocumentationfrançaise.fr).

Concernant l'ensemble des personnes exposées à des radiations, il faut distinguer deux groupes d'individus : ceux victimes d'irradiation aiguë (fortes doses reçues) et ceux exposés à de plus faibles doses. Les premiers correspondent ici principalement aux 1125 premiers liquidateurs tandis que les seconds correspondent à l'ensemble des autres personnes concernées par les radiations, à des niveaux divers suivant les doses reçues. Concernant le premier des deux groupes, la mort est quasiment automatique tandis que pour le second groupe, un certain nombre de pathologies existe : divers cancers dont celui de la thyroïde et la leucémie, cataractes, maladies cardio-vasculaires, anomalies chromosomiques, déficiences du système immunitaire, effets sur la reproduction, effets psychologiques. Nous allons voir dans ce qui suit quelles sont les conséquences avérées par les études et celles non prouvées.

Pour les cancers de la thyroïde, l'effet de la radioactivité est indiscutable : habituellement, il touche environ un enfant sur un million alors qu'à ce jour il a touché en Belarus, Russie et Ukraine 6848 enfants et adolescents de moins de 18 ans au moment de l'accident. Pour être plus précis, on observe un maximum dans la courbe concernant les enfants victimes d'un

cancer de la thyroïde âgés de 0 à 14 ans au Belarus dans les années 1993 à 1996. Pour ceux âgés de 15 à 29 ans au Belarus, ce maximum est atteint au début des années 2000 (source : IRSN). Au total, on constate une multiplication par cent du nombre d'enfants touchés par des cancers de la thyroïde. Des études ont prouvé cet effet : P. Jacobs *et al.* et Cardis *et al.*

Pour les leucémies, il faut garder en mémoire le fait que les bombes d'Hiroshima et Nagasaki avaient conduit à des augmentations des cas de leucémies au Japon dans les 15 ans qui avaient suivi. Dans le cas de Tchernobyl, des problèmes d'incertitudes statistiques (trop faible représentativité et méconnaissance des doses réellement reçues) amènent à ne pas pouvoir estimer la surexpression du cancer chez les personnes qui y ont été exposées. Néanmoins, compte tenu des résultats clairement observés à Hiroshima et Nagasaki et des résultats parcellaires des études réalisées à Tchernobyl, il y a, à n'en pas douter, des augmentations du nombre de leucémies à la suite de la catastrophe, la seule incertitude pèse sur le nombre de personnes concernées [source : IRSN].

Pour les maladies cardio-vasculaires, une seule étude nous donne des résultats. Elle a été menée par Ivanov *et al.* en 2000 et porte sur 60 910 liquidateurs russes et montre un excès significatif des maladies cardio-vasculaires sur ces personnes. (source : IRSN).

Enfin, certains travaux menés par Y. Bandazhevsky à l'Institut Médical de Gomel avec le concours du Professeur V. Nesterenko suggèrent que diverses pathologies comme des déficiences immunitaires, des anémies, des ulcères gastroduodénaux, des problèmes de cataracte, des problèmes de fatigue et des problèmes cardiaques concerneraient les personnes soumises à de faibles expositions radioactives. Ces résultats sont cependant très contestés dans le domaine scientifique et rien ne vient prouver les conséquences évoquées sur de très faibles expositions.

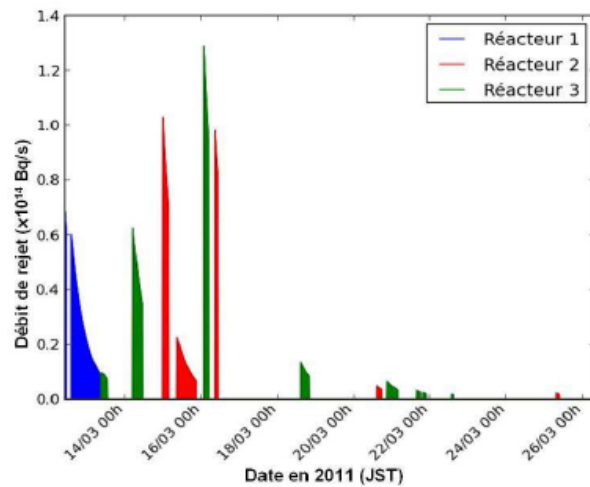
Au final, la catastrophe de Tchernobyl a eu des conséquences marquantes sur les plans humanitaire, écologique et économique. Elles concernent principalement l'Ukraine, la Russie et la Biélorussie qui ont reçu près de 70% des retombées radioactives. Pour la seule Biélorussie, c'est près de 23% du territoire qui a été contaminé par du Césium 137, dont la demi-vie est d'environ 30 ans ce qui implique que les effets se poursuivront pour les 270 prochaines années. Toujours pour la Biélorussie, 15% de sa population vit sur des territoires contaminés, c'est-à-dire 1.6 million de personnes. Les conséquences économiques et humaines portent également sur les zones inhabitées et inhabitables aux abords de la centrale et sur les travaux nécessaires à la sécurisation passée et future de la centrale (l'ancien sarcophage et le nouveau qui va être construit dans les prochaines années). On estime que le coût de la catastrophe pour les trois pays (dont une partie a été prise en charge par la communauté internationale) serait de plusieurs centaines de milliards de dollars... (source : www.ladocumentationfrancaise.fr). Enfin, et même si cela a déjà été évoqué, il convient de ne pas oublier les individus morts et handicapés par cette catastrophe dont il apparaît à la fin de cette étude que le nombre est probablement de 100 000 pour les premiers et de 200 000 à 300 000 pour les seconds.

c. L'accident de Fukushima : les premiers effets mesurés

Note : Les éléments présentés dans cette partie sont issus du Rapport IRSN/DG/2012-01 du 12 mars 2012 Fukushima, un an après.

L'accident nucléaire de Fukushima Dai-Ichi a entraîné le rejet de substances radioactives dans l'atmosphère et dans le milieu marin le 11 mars et les jours qui suivirent. L'IRSN a évalué ces rejets atmosphériques qui ont pris la forme de gaz et de particules radioactives.

Figure 7 : Débit de rejets cumulés pour tous les radionucléides dans l'atmosphère des différents réacteurs (IRSN, mars 2012)



Il s'agit d'une reconstitution (provisoire) des retombées de l'accident étant donné que peu de mesures d'activité radioactive dans l'air réalisées au Japon ont été rendues publiques. On estime à quinze le nombre d'épisodes de rejets dans entre le 12 et le 25 mars. La figure suivante représente l'estimation de l'IRSN du débit de rejet par réacteur pour l'ensemble des radionucléides rejetés dans l'atmosphère.

Une partie de ces radionucléides relâchés dans l'air a été déposée sur les surfaces au sol et a formé des dépôts radioactifs superficiels secs ou humides selon le mode de déposition. Les dépôts secs sont formés sur tous les types de surfaces contaminées sous l'effet de l'air. Les dépôts humides proviennent de l'entraînement des particules par les précipitations. Ces dépôts ont contaminé de manière persistante l'environnement terrestre avec pour conséquences :

- une augmentation du débit de dose (provenant des rayonnements gamma émis par les éléments radioactifs).
- une contamination des produits agricoles. Cette contamination agricole a particulièrement touché les légumes à feuilles et a été maximale immédiatement après la formation des dépôts.

Ces dépôts varient énormément dans l'espace, dans le temps et sont formés d'un ensemble de radionucléides à vie plus ou moins longue. C'est pourquoi il est possible de remettre en doute l'efficacité des évacuations mises en place de manière concentrique. Dans le but d'illustrer la composition d'un dépôt, les mesures d'un point de prélèvements (Namie) sont rapportées dans la figure suivante.

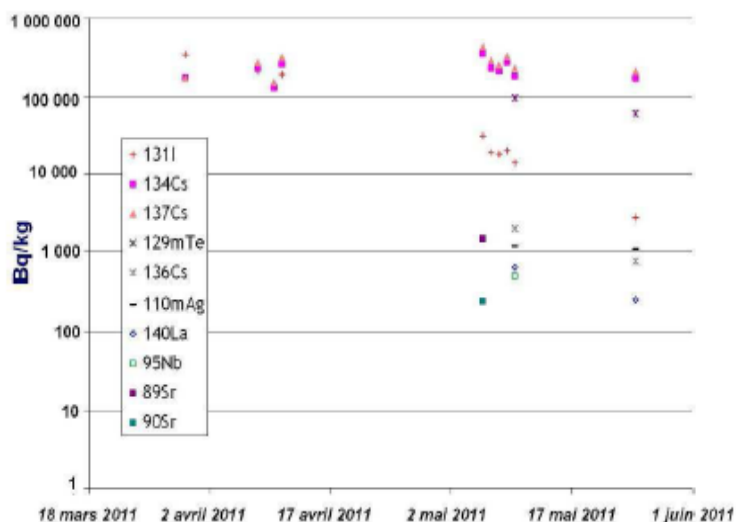


Figure 8 : Activité massique au cours du temps dans les sols superficiels prélevés à Namie (IRSN, mars 2012)

Les césiums 134 et 137 sont les éléments les plus détectés. Il s'agit également de radioéléments à durée de vie longue ce qui pourrait entraîner une contamination pérenne des sols.

De manière plus globale, la figure suivante permet de comparer l'accident de Tchernobyl et l'accident de Fukushima en prenant en compte la superficie des territoires contaminés au césium 137.

Accident de Tchernobyl		Accident de Fukushima	
Dépôts de ¹³⁷ Cs mesurés en 1986-87	Superficies par pays	Dépôts de ¹³⁷ Cs mesurés en été 2011	Superficies
<i>Zone d'exclusion</i>		<i>Zone d'exclusion (20 km)</i>	
Cercle de rayon 30 km	environ 2 800 km ²	Demi-cercle de rayon 20 km	environ 600 km ²
<i>Hors zone d'exclusion</i>		<i>Hors zone d'exclusion (20 km)</i>	
Supérieurs à 1 480 kBq/m ²	Russie : 300 km ² Biélorussie : 2 200 km ² Ukraine : 600 km ² Autres pays : /	Supérieurs à 1 000 kBq/m ²	Japon : 170 km ²
De 555 à 1 480 kBq/m ²	Russie : 2 000 km ² Biélorussie : 4 000 km ² Ukraine : 1 000 km ² Autres pays : /	De 600 à 1 000 kBq/m ²	Japon : 150 km ²
De 37 à 555 kBq/m ²	Russie : 56 000 km ² Biélorussie : 40 000 km ² Ukraine : 40 000 km ² Autres pays : 45 000 km ²	De 30 à 600 kBq/m ²	Japon : 8 200 km ²

Figure 9 : Tableau comparatif des superficies contaminées au Césium 134 et 137 après les accidents nucléaires de Fukushima et de Tchernobyl (IRSN, mars 2012)

Pour des niveaux de contamination égaux, les superficies concernées au Japon sont inférieures. Ce fait s'explique par l'importance des rejets de l'accident au-dessus de l'océan Pacifique. Les rejets océaniques sont d'origine atmosphérique (par retombées d'aérosols) ou liquide (provenant des eaux utilisés pour refroidir les réacteurs entre autre). Les principaux éléments rejetés en mer sont l'iode 131, le césium 137, le césium 134, le césium 136 et le Tellure 132/Iode 132.

L'IRSN a déterminé la quantité globale de césium 137 rejetée dans l'eau de mer (rejet liquide) jusqu'à mi-juillet. Cette quantité atteint 27.10^{15} Bq ce qui correspond au plus important apport ponctuel de radionucléides artificiels dans le milieu marin. L'IRSN estime que le dépôt cumulé d'origine atmosphérique de césium 137 sur la mer dans un rayon de 80km serait de 76.10^{12} Bq.

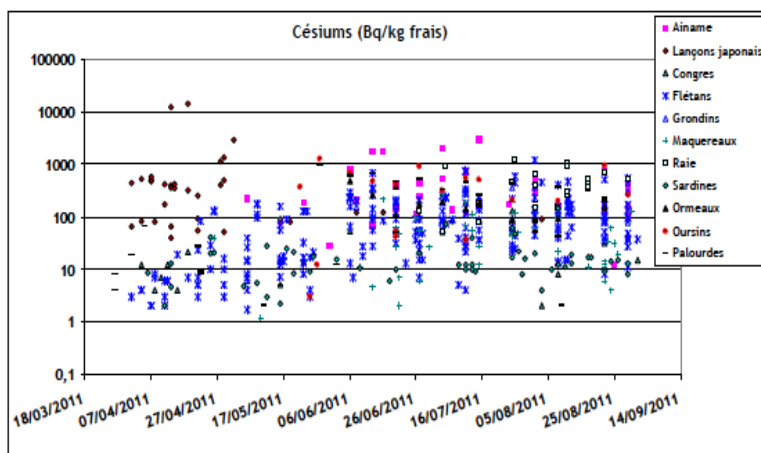


Figure 10 : Concentration de Césium 134 et 137 dans différents produits de la mer au cours du temps (IRSN, Mars 2012)

Il paraît évident que la faune et la flore aquatique ont été touchées par ces rejets. La figure suivante montre l'évolution temporelle des concentrations de Césium 134 et 137 dans quelques produits de la mer pêchés au large des préfectures de Fukushima et Ibaraki. La norme de commercialisation des produits marins pour les deux types de césiums se situe à 500 Bq/Kg.

Dose cumulée	TEPCO	Contractants	Total
> 250 mSv	6	0	6
200 - 250 mSv	1	2	3
150 - 200 mSv	22	2	24
100 - 150 mSv	117	17	134
50 - 100 mSv	409	347	756
20 - 50 mSv	646	2 078	2 724
10 - 20 mSv	494	2 667	3 161
< 10 mSv	1 645	11 662	13 307
Total	3 340	16 775	20 115
Maximum (mSv)	678,80	238,42	678,80
Moyenne (mSv)	24,72	9,35	11,90

Figure 11 : Doses enregistrée par TEPCO sur ces salariées et sous-traitant intervenant sur le site de Fukushima Dai-Ichi (IRSN, Mars 2012)

Les informations disponibles concernant les doses reçues par les intervenants travaillant à la Centrale de Fukushima Dai-Ichi sont uniquement celles fournies par la société TEPCO. Ces informations sont ainsi à considérer avec précaution. Le tableau suivant a été publié par la TEPCO le 29 février 2012 et décrit les doses reçues par les travailleurs du site. L'IRSN souligne notamment que ce rapport devrait porter sur l'ensemble des 3 405 salariés de la TEPCO or les doses de seulement 3 340 salariés sont publiées. De plus aucune information sur les doses reçues par les pompiers, militaires et policiers intervenants sur le site n'a été révélée. Enfin il est impossible,

pour le moment, de connaître comment ces doses ont été évaluées. Selon la TEPCO, seulement six personnes (toutes étant employées de la Tepco) ont reçu une dose supérieure à 250mSv et ce, suite à l'inhalation d'iode 131 et à l'absence de port de masques de protection. Toujours selon l'entreprise TEPCO, six décès de travailleurs depuis l'accident ont été déclarés et aucun ne serait lié à l'accident. L'un des décès éveille cependant des soupçons notamment de l'IRSN : l'un des travailleurs est décédé par un choc septique.

Les rejets radioactifs atmosphériques ont eu l'impact le plus immédiat sur les populations. Les rejets directs en mer ont également joué un rôle important dans cette exposition notamment via la consommation de produits contaminés issus de la mer. Dans le cas d'un rejet atmosphérique de composés radioactifs, on considère de manière générale que les populations peuvent être exposées de deux manières différentes :

- via une exposition externe par le rayonnement émis par les radionucléides.
- via une exposition interne par l'inhalation de radionucléides.

Lorsque les aérosols et gaz radioactifs se sont déposés dans les sols, les populations ont pu être contaminées par trois voies :

- une voie externe par le rayonnement émis par les radionucléides
- une voie interne par l'ingestion de denrées contaminées
- une voie interne secondaire moins importante, par ingestion de particules radioactives. Ici il s'agit du cas où une personne touche des surfaces contaminées

Un an s'est écoulé depuis l'accident nucléaire de Fukushima Dai-ichi. Les impacts sanitaires et environnementaux à long terme de la catastrophe ne sont pas encore mesurables. Du point de vue environnemental, on peut toutefois noter que des phénomènes de translocation pourraient contaminer de manière plus persistante les éléments végétaux. La translocation est le fait que la contamination déposée sur les feuilles peut être absorbée par la plante et transportée par la sève vers les tissus de réserve. Les nouvelles pousses peuvent ainsi être contaminées, principalement au cours de la première année mais aussi au cours des années suivantes. Des phénomènes de transfert racinaire à partir de nappes phréatiques contaminées (par des radionucléides ayant pénétré en profondeur les sols) peuvent également entrer en jeu. Cependant, le transfert racinaire concerne uniquement les radionucléides à période longue comme le césium 134 et 137. Le lessivage des terrains contaminés constituera principalement la source de contamination durable de l'environnement marin. En outre il sera important de continuer à surveiller les stocks de poissons pêchés dans les eaux contaminées. En effet les radionucléides ont tendance à se concentrer sur le long terme en haut de la chaîne trophique.

Du point de vue sanitaire, un suivi épidémiologique des populations exposées a été mis en place dès la fin du mois de juin 2011. Ce suivi est basé sur un questionnaire complété si nécessaire par des examens médicaux et devrait durer une trentaine d'années. Il sera donc complété par toutes les personnes se trouvant dans la préfecture de Fukushima pendant la phase de rejets ce qui correspond à 2 057 053 individus. Cette étude a pour but d'estimer la dose externe reçue par les personnes exposées mais également de déterminer si des comprimés d'iode stable et de produits alimentaires contaminés ont été consommés. Un bilan thyroïdien est également réalisé pour tous les enfants âgés de moins de 18 ans présents durant la phase de rejets dans la préfecture de Fukushima pour mesurer une augmentation éventuelle des cancers de la thyroïde. Ce bilan concerne environ 360 000 enfants nés jusqu'au 1^{er} mars 2012. Le nombre d'anomalies génétiques et congénitales apparues chez les enfants nés de femmes ayant déclaré une grossesse entre le 1^{er} août 2010 et le 31 juillet 2011 sera suivi. Cela correspond à environ 20 000 femmes. Enfin des bilans médicaux spécifiques seront faits comprenant des informations relatives au style de vie, à l'état psychologique et l'incidence de pathologies d'intérêt (comme les cancers, leucémies, diabète, troubles hépatiques et rénaux) des personnes les plus exposées. 210 000 personnes en sont concernées.

Les premiers résultats de cette étude épidémiologique ont été publiés. Sur la base des questionnaires complétés (1589 personnes), un logiciel spécialement développé par le NIRS (National Institute for Radiological Sciences) a permis de calculer les doses externes reçues. De plus, le 31 décembre 2011, 14 442 bilans thyroïdiens chez des enfants ont déjà été réalisés. La figure suivante rend compte des résultats des examens réalisés par l'Université médicale de Fukushima sur près de 3 800 enfants.

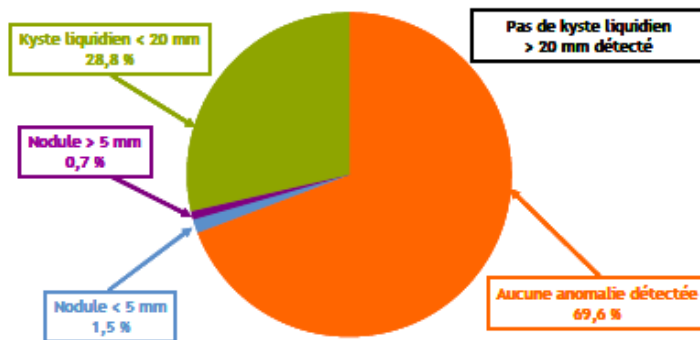


Figure 12 : Résultats préliminaires des échographies thyroïdiennes réalisées jusqu'au 31 décembre 2011 (IRSN, Mars 2012)

Il est important de souligner que cette étude épidémiologique se concentre sur l'effet de la contamination à l'iode. Ce radioélément a une durée de vie très courte contrairement aux différents types de césium par exemple. Cette étude épidémiologique est donc incomplète et ne tient pas compte d'importantes sources de contamination.

3) État du parc nucléaire français et mondial

a. Parc mondial

Différents types de réacteurs

Un réacteur nucléaire est constitué de trois principaux éléments :

- le combustible : à l'intérieur duquel va avoir lieu la réaction nucléaire ;
- le modérateur : son rôle est de ralentir les neutrons afin que ceux-ci aient la vitesse idéale pour engendrer de nouvelles fissions ;
- le caloporteur : il s'agit du liquide qui va transmettre la chaleur au circuit secondaire où se trouvent les turbines électriques.

En changeant l'un de ses trois composants, on obtient des réacteurs nucléaires différents. Le tableau ci-dessous présente les principales familles de réacteurs existantes.

Filières	Combustible	Modérateur	Caloporteur	Remarques
UNGG (Uranium Naturel Graphite-Gaz - GCR)	Uranium naturel	Graphite	Gaz carbonique	Première filière développée en France, la dernière centrale a été arrêtée en 1994.
CANDU (PHWR)	Uranium naturel	Eau lourde	Eau lourde sous pression	Filière développée au Canada
RBMK (réacteur bouillant de grande puissance - LWGR)	Uranium enrichi à 1,8 % d'uranium 235	Graphite	Eau bouillante	Constituent 40 % du parc soviétique. Exemple : Tchernobyl.
REB (réacteur à eau bouillante - BWR)	Uranium enrichi à 3 % d'uranium 235	Eau ordinaire rentrant en ébullition dans le cœur		Filière principalement développée aux USA, au Japon et en Suède. Exemple : Fukushima
REP (Réacteurs à Eau Pressurise - PWR)	Uranium enrichi à 3 % d'uranium 235	Eau sous pression maintenue à l'état liquide		Filière la plus répandue dans le monde et en France. Exemple : EPR, Three Miles Island
RNR (Réacteurs à Neutrons Rapide - FBR)	Uranium enrichi ou plutonium	Aucun modérateur	Sodium liquide (ne sert pas de modérateur)	Exemple : le prototype Phénix en France.

Source : CEA, dossier le nucléaire

Le graphique ci dessous indique la répartition du nombre de réacteurs en fonction de chaque type.

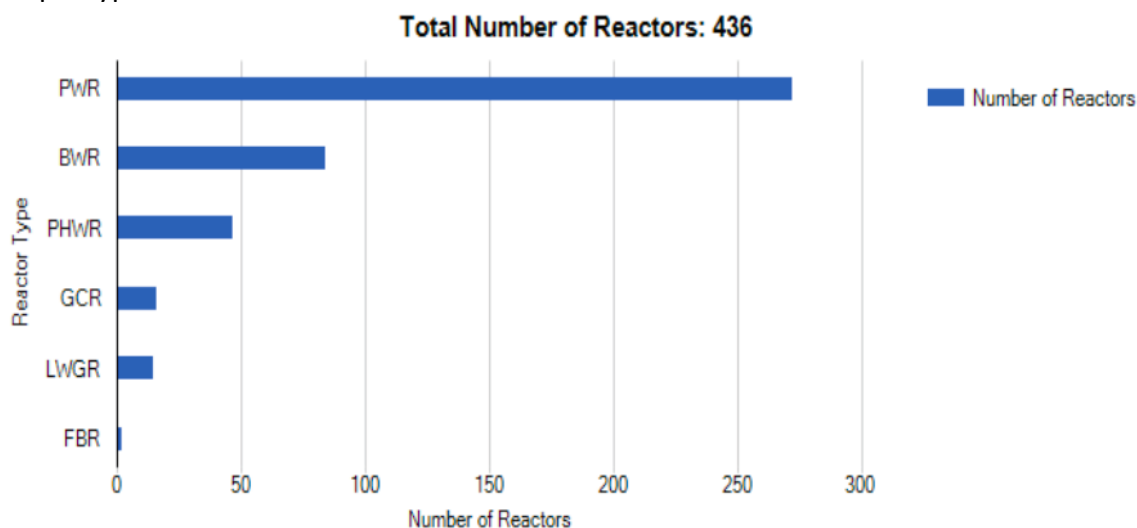


Figure 13 : Nombre de réacteurs en fonction du type de réacteurs

Source : AIEA, World database

Age moyen des centrales nucléaires

La plupart des grands programmes de construction de centrales nucléaires ont été commencés dans la fin des années 70, débuts 80. En à peine 20 ans, plus de 250 centrales nucléaires ont été construites, en majorité dans les pays « développés » de l'époque. Le vieillissement du parc nucléaire peut poser des problèmes de sécurité. En effet d'une part, avec le vieillissement des réacteurs on observe une augmentation du nombre d'incidents.

D'autre part, les matériaux des réacteurs s'affaiblissent aussi dans la durée, augmentant la gravité potentielle des incidents.

La figure ci-dessous présente la répartition mondiale du nombre de réacteurs en fonction de leur âge. L'âge moyen du parc mondial est de 26 ans.

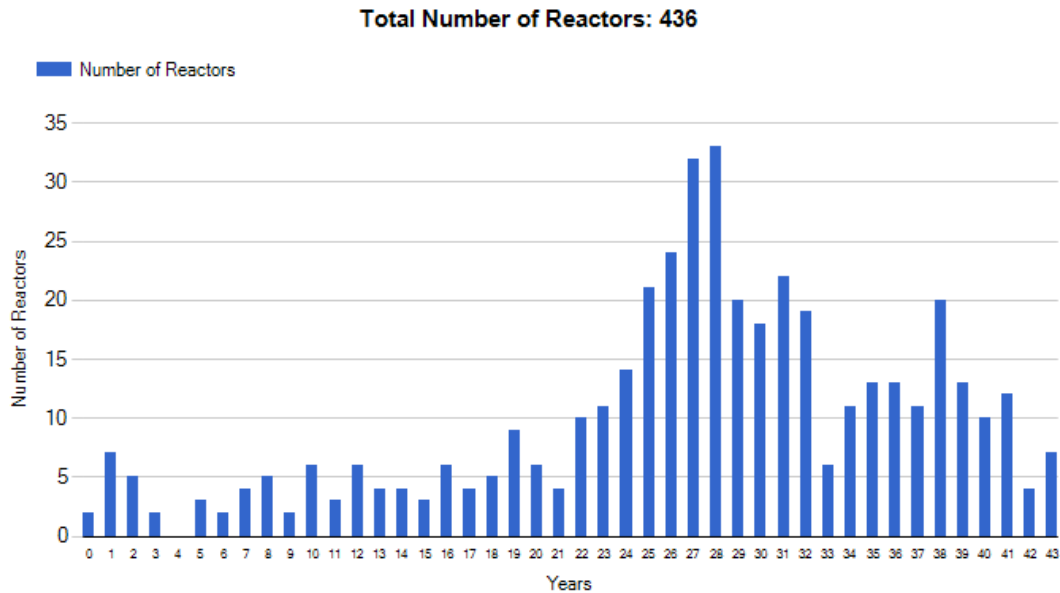


Figure 14 : Nombre de réacteurs en fonction de leur âge à l'échelle mondiale
Source : AIEA, World database

En France, l'âge moyen des réacteurs est de 27 ans, avec un tiers des centrales qui a plus de 30 ans (Source : AIEA).

Note : On remarque, sur le graphique, les influences des accidents nucléaires sur la construction de centrales. L'accident de TMI a eu lieu il y a 34 ans. L'année qui a suivi, la construction de réacteurs nucléaires a été divisée par deux. Il y a 27 ans a eu lieu l'accident de Tchernobyl, ce qui a entraîné une diminution durable du nombre de centrales construites.

Répartition géographique

La carte ci-dessous présente la localisation des 441 réacteurs nucléaires à travers le monde.



Figure 15 : Répartition 441 centrales nucléaires existantes (source Wikipedia)

On remarque que la majorité des centrales sont concentrées sur le continent européen, les Etats-Unis, et le Japon. Trois pays rassemblent près de la moitié des réacteurs nucléaires : les Etats-Unis (104 réacteurs), la France (58), et le Japon.

b. La Sûreté Nucléaire

Organisme International

L'AIEA, est une organisation internationale autonome, sous l'égide de l'ONU, son objectif est de promouvoir les usages civils des technologies nucléaires. L'AIEA exerce cette mission avec les fonctions suivantes :

- inspections des installations existantes pour s'assurer de leurs usages pacifiques ;
- liens pour la recherche d'applications et d'utilisations pacifiques des activités nucléaires ;
- informations et publications de standards pour la stabilité et la sûreté des installations nucléaires.

Les standards de sûreté, définis par l'AIEA, ne s'imposent pas aux états, chaque état peut donc décider de les appliquer de manière plus ou moins partielle. En effet, au niveau de la sûreté nucléaire, l'AIEA fonctionne principalement comme un système coopératif et bénévole. De même les évaluations de sûreté menées par l'AIEA donnent lieu à des recommandations, mais ne pointent pas d'obligations. Chaque état ayant néanmoins intérêt à avoir de bonnes évaluations car elles sont mises à disposition du public. De nombreuses ONG dénonce justement l'ambivalence des objectifs de l'AIEA qui d'un coté promeut l'usage du nucléaire et de l'autre se veut la référence en matière de standard de sûreté nucléaire.

Organismes français

Source : Site internet des organismes cités.

Trois organismes d'état sont impliqués dans la sûreté nucléaire : l'ASN, l'IRSN, et le HCTISN. De plus à chaque centrale nucléaire est associé un Comité Local d'Information. Tous ces organismes permettent d'assurer la sûreté nucléaire et de relayer les informations qui y sont relatives.

L'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) assure le contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France, trois missions principales lui sont rattachées :

- la réglementation : l'ASN aide le gouvernement à l'élaboration de la réglementation, elle peut aussi prendre des décisions réglementaires à caractère technique ;
- l'information du public : l'ASN est chargée de participer à l'information du public, y compris en situation d'urgence ;
- le contrôle : l'ASN est chargée de vérifier le respect des règles et des prescriptions auxquelles sont soumises les installations ou activités qu'elle contrôle.

L'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), organisme public d'expertise et de recherche sur les risques nucléaires et radiologiques, il évalue, pour les différentes autorités compétentes, les dispositions proposées par les exploitants sur la base des dossiers

qu'ils fournissent. Dans le cadre de son rôle d'expert public, il analyse le retour d'expérience du fonctionnement des installations et des transports, évalue l'exposition des hommes et de l'environnement aux rayonnements, et propose des mesures visant à protéger les populations dans l'hypothèse d'un accident.

Les Comités Locaux d'Information (CLI) ont été mis en place dans les années 80. Rassemblant des élus locaux, des représentants d'associations de protection de l'environnement, d'associations économiques et de syndicats, sa mission consiste en le suivi, l'information et la concertation en matière de sûreté nucléaire, de radioprotection et d'impact des activités nucléaires sur les personnes et l'environnement pour ce qui concerne les installations du site. Elle est le lien entre l'exploitant du site nucléaire et la population riveraine.

Le Haut Comité pour la Transparence et l'Information sur la Sécurité Nucléaire (HCTISN) composé de membres du parlement, et de représentant d'association, des représentants des CLI, et des représentants des responsables d'activité nucléaire. Il s'agit d'une instance d'information, de concertation et de débat sur les risques liés aux activités nucléaires et l'impact de ces activités sur la santé des personnes, sur l'environnement et sur la sécurité nucléaire. A ce titre, le haut comité peut émettre un avis sur toute question dans ces domaines ainsi que sur les contrôles et l'information qui s'y rapportent. Il peut également se saisir de toute question relative à l'accessibilité de l'information en matière de sécurité nucléaire et proposer toute mesure de nature à garantir ou à améliorer la transparence des informations.

Nous résumons dans le schéma ci-dessous les relations qu'ont les organismes entre eux, avec l'exploitant, le public et le gouvernement.

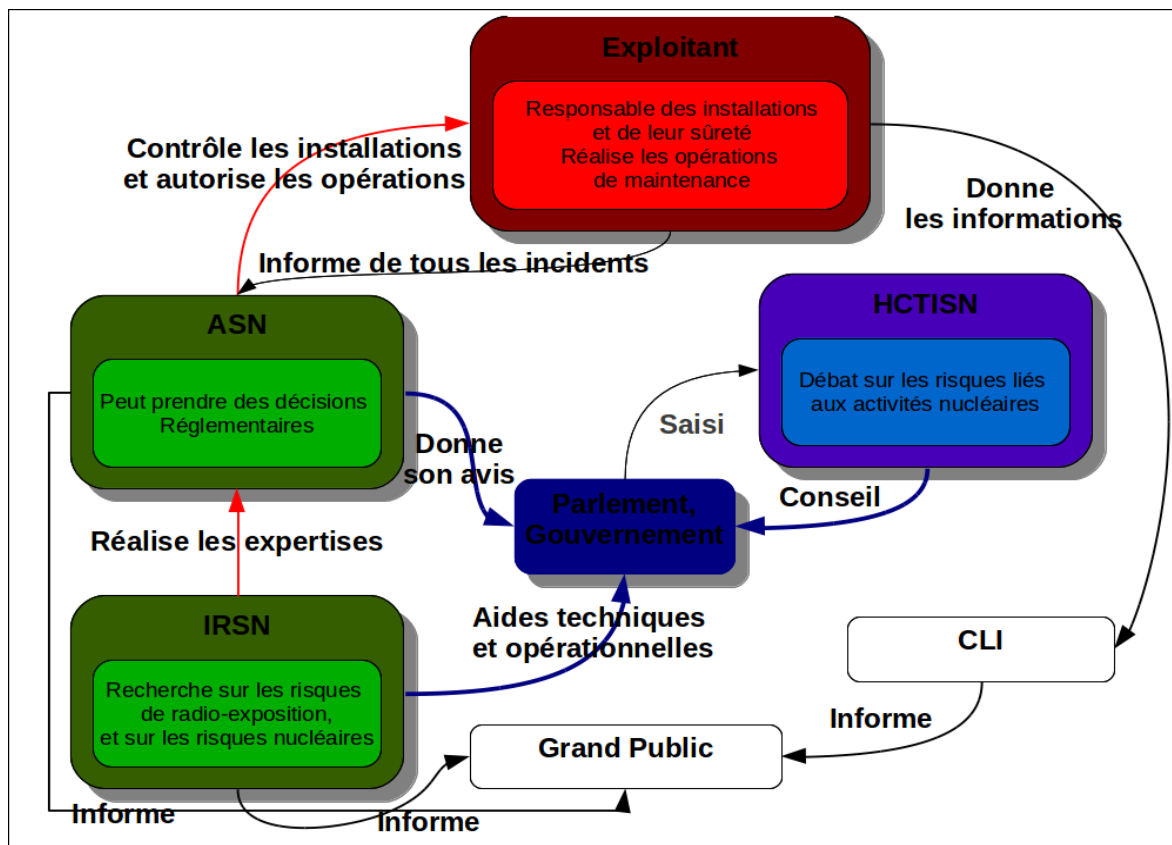


Figure 16 : Rôle des différents organismes français impliqués dans la Sûreté Nucléaire

Les contrôles et la sûreté en France

La figure ci-dessous représente le classement des incidents et accidents nucléaires sur l'échelle INES (International Nuclear Event Scale) :

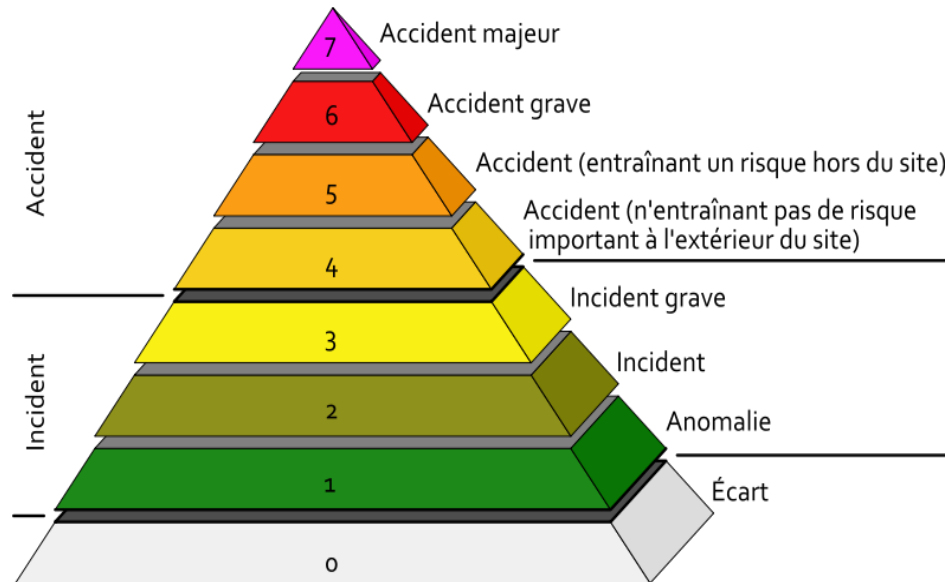


Figure 17 : Les différents degrés d'accidents nucléaires
Source : CEA

L'échelle est logarithmique (un niveau correspondant à un facteur 10). Ainsi si deux événements comparables sont classés de niveaux 5 et 6, l'accident de niveau 6 correspondra à des rejets radioactifs 10 fois plus importants que dans le cas de l'accident de niveau 5. Néanmoins, l'échelle est plafonnée à 7. Ainsi même si le rejet de contaminants dans l'environnement lors de la catastrophe de Tchernobyl en 1986 a atteint 100 fois le seuil de déclenchement du niveau 7, l'échelle n'a pas été étendue au niveau 9.

En France, les exploitants des centrales nucléaires doivent reporter tous les incidents nucléaires à l'ASN. Durant l'année 2010, 1107 incidents nucléaires (sur les centrales nucléaires, lors du transport de matières radioactives, ou pour la médecine nucléaire) ont été classés par l'ASN. Une centaine est classée au niveau 1 de l'échelle INES et 3 ont été classés au niveau 2 (Rapport Annuel 2010 de l'ASN), le reste étant classé au niveau 0. Si l'on remonte à 1980, le nombre d'incidents nucléaires en France de niveau 2 sur l'échelle INES s'élève à 9, 3 incidents de niveau 3, et un seul incident de niveau 4. Aucun incident n'a été classé au niveau 5 ou plus en France.

En plus de ce classement des incidents nucléaires, l'ASN contrôle aussi le bon fonctionnement des centrales nucléaires. Ces contrôles peuvent soit être prévus, soit inopinés, ils peuvent aussi bien concerner le fonctionnement général de la centrale ou bien des points plus spécifiques. Enfin certains contrôles sont réalisés en simulation de situation d'urgence. En 2011, 749 inspections ont été menées, dont 157 à caractère inopiné sur les installations nucléaires.

c. Gestion de crise

Les plans d'Urgence

Pour chaque installation nucléaire, deux plans d'urgence doivent être élaborés : un Plan d'Urgence Interne (PUI) et un Plan Particulier d'Intervention (PPI).

Le PUI est un document qui recense l'ensemble des moyens humains et techniques de l'exploitant en prévision d'une gestion de crise. Le PUI est élaboré par l'exploitant de la centrale et doit prévoir les dispositifs permettant :

- de maîtriser l'accident,
- d'en évaluer et d'en limiter les conséquences,
- de protéger les personnes sur le site,
- d'alerter et d'informer régulièrement les autorités publiques.

Le PPI est élaboré par le préfet, afin de prévoir les mesures nécessaires pour assurer la protection de la population et des biens menacés par un accident nucléaire. Le préfet est responsable de la coordination des moyens engagés dans le PPI, moyens publics et privés, matériels et humains. Il veille à l'information des populations et des élus.

Le PUI est déclenché par l'exploitant de la centrale. Le PPI peut lui être soit déclenché par le préfet, sous conseil de l'ASN, soit directement par l'exploitant en cas d'incident rapide.

Organisation

Lors d'une crise nucléaire, les organismes impliqués dans la gestion de la crise vont être les mêmes que ceux cités précédemment. Nous schématisons dans le dessin ci-dessous les relations entre ces organismes lors de la gestion de la crise.

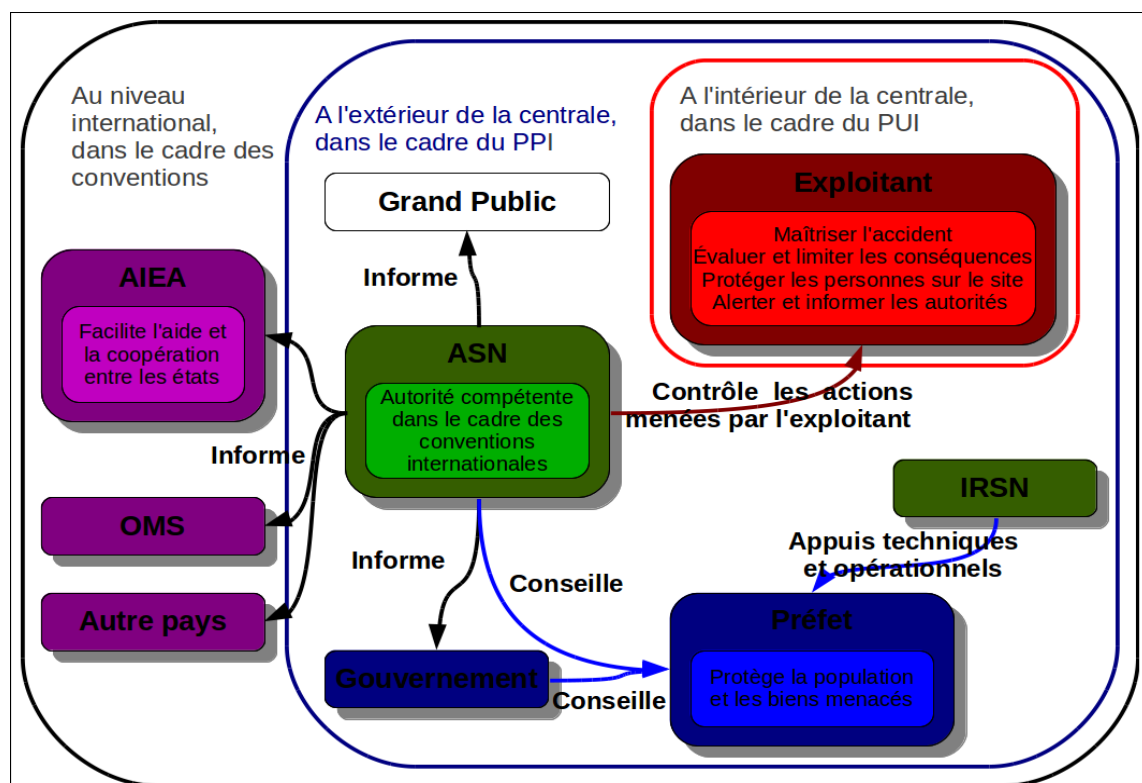


Figure 18: Gestion d'une crise nucléaire

Exemple d'un PPI

Source : Plan Particulier d'Intervention de Gravelines, présentation du projet par la CLI en février 2012.

Enfin, nous proposons dans cette partie de comparer un PPI et quelques mesures envisagées, avec les mesures prises lors de l'accident de Fukushima.

1. Évacuation des populations :

Le PPI de Gravelines prévoit deux scénarios d'incidents : un incident à « cinématique rapide », qui est susceptible de produire des rejets dans les 6 heures ou moins, et un incident à « cinématique lente » dont les rejets se feront dans un délai de plus de 6 heures.

- Dans le cas de la cinématique rapide, le plan prévoit une mise à l'abri dans un rayon de 2km autour de la centrale. Le plan justifie cette décision par le fait qu'il n'y aurait pas assez de temps pour évacuer la population sans risque d'exposition. Dans le cas d'une cinématique rapide le plan ne prévoit rien pour les populations plus éloignées.
- Dans le cas de la cinématique lente, le temps écoulé entre le déclenchement du plan et les rejets prévus est assez important pour envisager des évacuations. La population comprise dans les 5 km autour de la centrale est donc évacuée, une mise à l'abri est conseillée pour la population comprise entre 5 et 10 km de la centrale.

A Fukushima, la zone d'évacuation était initialement une zone d'un rayon de 2 km autour de la centrale. Par la suite en moins de 24 heures (durant la journée du 12 mars) la zone d'évacuation a été étendue, en plusieurs fois, à 20km de rayon. Tandis qu'une zone de mise à l'abri a été installée dans un rayon de 30km, autour de la centrale (Communiqué de la NISA du 12 mars 2011, « Seismic Damage Information 16th Release »).

Il faut garder en tête que le 12 mars 2011, l'accident de Fukushima n'est encore considéré que comme un accident de niveau 4, soit « un accident n'entraînant pas de risques à l'extérieur » par l'AIEA (AIAE events, « abnormal rise of radioactive dosage value at site boundary (INES Level 4) », datée du 12 mars 2011). La zone d'évacuation définie dans le PPI apparaît comme beaucoup trop petite pour un accident de niveau 4 ou plus.

2. Météorologie :

Le PPI de Gravelines analyse brièvement les vents dominants sur le site. Néanmoins les résultats de cette analyse ne sont pas pris en compte lors de la délimitation des zones à risques : ces zones sont de simples cercles. Or l'accident de Fukushima a bien montré que les risques sont très dépendants de la météorologie (direction et vitesse des vents, pluviométrie, etc..).

Ces exemples illustrent la difficulté de préparer un PPI. Il permet néanmoins de préciser le rôle de chaque organe, dans la mise en place de l'information et des mesures d'urgence.

Conclusion

Ainsi, il apparaît clairement à l'issue de cet exposé l'importante implantation du nucléaire à travers le monde. Ce moyen de production d'électricité s'est d'ailleurs doté d'un certain nombre d'organismes de surveillance. On peut toutefois noter une certaine hétérogénéité dans la répartition et l'indépendance de ces organismes, la France se classant parmi les mieux dotés à ce sujet.

Cependant, les catastrophes de Three Mile Island, Tchernobyl et Fukushima ont montré que les exigences en matière de sécurité ont toujours été trop faibles par le passé. Les conséquences sanitaires globales de ces trois catastrophes se sont révélées désastreuses en ce qui concerne les populations qui y ont été exposées : surmortalité se chiffrant en dizaines de milliers de morts directes, autant en terme de morts indirectes (cancers, ...), augmentation du nombre d'individus atteints de diverses pathologies. Les conséquences environnementales, écologiques et économiques ne sont pas non plus négligeables : zones inhabitables, zones sous surveillance, coût de l'ordre d'une centaine de milliards de dollars dans le cas de Tchernobyl, ...

Ces catastrophes doivent nous amener à repenser notre vision du nucléaire : la question n'est pas de savoir si le nucléaire est dangereux mais dans quelles conditions il l'est. Il apparaît en effet évident que des centrales ne possédant pas d'enceinte de confinement (réacteurs RBMK) ne devraient plus avoir l'autorisation de continuer de fonctionner dans le futur. Il apparaît de même pour le moins logique que les plus vieilles centrales ayant connu un certain nombre d'avaries doivent être arrêtées dans les plus brefs délais.

Au final, quelque soit le nombre de centrales nucléaires utilisées à travers le monde, il nous apparaît que l'unique préoccupation qui doit nous guider est la sécurité des installations passées, présentes et futures. L'absence de futures catastrophes nucléaires en dépend.

Références Bibliographiques

AIEA world database [en ligne]. Disponible sur : <<http://pris.iaea.org/Public/WorldStatistics>> (consulté le 15/05/2012).

ASN, Rapport Annuel d'Activité. 2010.

ASN, Accident de la centrale de Fukushima [en ligne]. Disponible sur : <<http://japon.asn.fr/index.php/Japon/Accident-de-la-centrale-de-Fukushima>> (Consulté le 18/05/2012).

ASN, Dossier ASN et le nucléaire [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.asn.fr/index.php/S-informer/Dossiers>> (consulté le 10/05/2012).

Belbéoch B, Responsabilités occidentales dans les conséquences sanitaires dans les catastrophes de Tchernobyl, en Biélorussie, Ukraine et Russie [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.dissident-media.org/infonucleaire/consequences.html>> (Consulté le 18/05/2012).

CLI, Plan Particulier d'Intervention de CNPE de Gravelines. Février 2012.

La Documentation Française, Tchernobyl 20 ans après [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.ladocumentationfrancaise.fr/dossiers/heritage-sovietique-index.shtml/heritage-sovietique-tchernobyl.shtml>> (Consulté le 18/05/2012).

EITB, La gestion de la catastrophe de Tchernobyl en 1986 [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.eitb.com/fr/infos/environnement-et-science/detail/135790/la-gestion-catastrophe-tchernobyl-1986/>> (Consulté le 18/05/12).

Greenpeace, Tchernobyl 25 ans après : non la catastrophe n'est pas terminée [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.greenpeace.org/france/fr/campagnes/nucleaire/fiches-thematiques/tchernobyl-et-ses-consequences-2/>> (Consulté le 18/05/2012).

Hatch MC, Beyea J, Nieves JW and Susser M, Cancer near the Three Mile Island nuclear plant : radiation emissions. Am. J. Epidemiol, 1990.

Hatch MC, Susser M, Beyea J, A reevaluation of cancer incidence near the Three Mile Island nuclear plant. Environ. Health Perspec, 1997.

IRSN, Rapport Annuel d'Activité. 2010.

IRSN, L'accident de la centrale nucléaire de Fukushima Daïchi [en ligne]. Disponible sur : <http://www.irsn.fr/FR/base_de_connaissances/Installations_nucleaires/La_surete_Nucleaire/Les-accidents-nucleaires/accident-fukushima-2011/Documents/IRSN-ASN-Deroulement-accident-Fukushima_09062011.pdf> (Consulté le 18/05/2012).

IRSN, Le cumul des défaillances [en ligne]. Disponible sur :

<http://www.irsn.fr/FR/base_de_connaissances/Installations_nucleaires/La_surete_Nucleaire/Les-accidents-nucleaires/three-mile-island-1979/Pages/L-accident-de-Three-Mile-Island.aspx?dId=c64d2d86-5f28-4517-8b40-445805ca9bae&dwId=ccfa8ce8-8e94-4bf5-ab02-ad9c8eebaaf7> (Consulté le 18/05/2012).

IRSN, Fukushima, un an après : premières analyses de l'accident et de ses conséquences. Rapport IRSN/DG/2012-001, 201.

IRSN, Les Leçons de Tchernobyl [en ligne]. Disponible sur : <www.irsn.fr/FR/base_de_connaissances/Installations_nucleaires/la_surete_nucleaire/les-accidents-nucleaires/accident-tchernobyl-1986/Pages/sommaire.aspx> (Consulté le 18/05/2012).

Johnson T, La Bataille de Tchernobyl [Documentaire]. M Way Films, 2006.

NISA, Seismic Damage Information 16th Release [Communiqué]. 12 mars 2011.

Renaud Y, Three Mile Island [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.dissident-media.org/infonucleaire/tmi.html>> (Consulté le 18/05/2012).

RFI, Japon : arrêt à froid des réacteurs de la centrale nucléaire de Fukushima [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.rfi.fr/asie-pacifique/20111216-japon-arret-froid-reacteurs-fukushima-yoshihiko-noda>> (Consulté le 18/05/2012).

Le Télégramme.com, Fukushima : 4 réacteurs de la centrale « supprimés » aujourd'hui, [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.letelegramme.com/ig/generales/france-monde/monde/fukushima-4-reacteurs-de-la-centrale-supprimees-aujourd-hui-20-04-2012-1671724.php>> (Consulté le 18/05/2012).

Universcience, Tchernobyl : l'impossible bilan [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.universcience.fr/fr/science-actualites/enquete-as/wl/1248100292211/-/>> (Consulté le 18/05/2012).

Van Roey E, Three Mile Island trente plus tard [Brochure]. SCK.CEN, 2009, 32p.

Wing S, Richardson D, Armstrong D and Crawford-Brown D, A reevaluation of cancer incidence near the Three Mile Island nuclear plant : the collision of evidence and assumptions. Environ. Health Perspect, 1997.

World Nuclear Association, Three Mile Island Accident [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.world-nuclear.org/info/inf36.html>> (Consulté le 18/05/2012).