

## Les conséquences sanitaires de l'accident de Fukushima Point de la situation en février 2012

*Ce document est basé sur les informations rendues publiques sur la situation de la centrale de Fukushima Dai-ichi*

### I. Estimation des doses potentiellement reçues par la population japonaise

#### Estimation des doses potentiellement reçues pendant la phase des rejets

Dans le cadre des travaux menés en 2011 sur l'évaluation des rejets atmosphériques et la modélisation de leur dispersion au-dessus du Japon, l'IRSN a évalué les doses potentiellement reçues par un enfant de 1 an (représentant le groupe le plus sensible à l'exposition aux rejets radioactifs) supposé être resté au même endroit du 12 mars (début des rejets) au 25 mars à minuit (fin de la phase de rejets significatifs), sans protection (c'est-à-dire restant à l'extérieur).

Pour réaliser ces évaluations de doses, l'IRSN a considéré les 3 voies d'exposition principales au cours de cette phase de rejet :

- l'exposition externe au rayonnement gamma émis par le panache radioactif ;
- l'exposition interne par inhalation de radionucléides présents dans l'air ;
- l'exposition externe au rayonnement gamma émis par le dépôt radioactif, qui se forme progressivement en fonction des trajectoires du panache radioactif et des pluies.

La dose potentiellement reçue par ingestion de denrées contaminées n'est pas prise en compte ici car l'IRSN ne dispose pas de suffisamment de données pour faire une estimation fiable de cette dose.

C'est, comme attendu, à l'échelle locale que les doses potentiellement reçues ont été les plus élevées. Quelle que soit l'échelle, ces estimations montrent que c'est le domaine marin qui aurait été le plus impacté. Il s'agit bien sûr dans ce cas de doses virtuelles car il n'existe aucune occupation humaine permanente dans ce domaine (*a fortiori* d'un enfant de 1 an). De plus, en l'absence de mesure directe dans l'environnement au moment des rejets, l'estimation des doses est particulièrement imprécise dans ce secteur.

Sur la partie terrestre, les doses les plus importantes au cours de la phase de rejet auraient pu être prises sur les territoires proches du littoral, au nord et surtout au sud de la centrale de Fukushima Dai-ichi. D'après cette modélisation, une dose efficace dépassant 10 mSv aurait pu être reçue, en supposant une présence permanente à l'extérieur, jusqu'à une quarantaine de kilomètres au sud ; des doses efficaces dépassant 50 mSv n'auraient pu être atteintes qu'à l'intérieur d'un rayon de 20 km, correspondant à la zone évacuée en urgence le 12 mars. Concernant les doses équivalentes à la thyroïde, des valeurs théoriques dépassant 50 mSv auraient pu être reçues jusqu'à une soixantaine de kilomètres au sud de la centrale, à Iwaki ; elles correspondent à un rejet du réacteur 2 survenu le 15 mars entre 0 et 5 heures du matin, alors que le vent soufflait vers le sud.

Il convient de souligner qu'il existe une incertitude sur la position du panache radioactif dans le secteur sud, due à l'imprécision des données et de la modélisation des conditions météorologiques à l'échelle locale, particulièrement pour l'épisode de rejet des 15 et 16 mars 2011. Ainsi, il se peut que le panache en direction du sud se soit trouvé davantage sur le domaine marin.

A plus grande distance, les doses potentiellement reçues pendant la phase de rejet, en l'absence de protection, auraient été nettement plus faibles :

- en dessous de 10 mSv pour la dose efficace, et de l'ordre de 0,1 mSv dans l'agglomération de Tokyo ;
- en dessous de 50 mSv pour la dose équivalente à la thyroïde, et de l'ordre de 1 mSv dans l'agglomération de Tokyo.

Il est remarquable d'observer que les territoires les plus impactés par les dépôts radioactifs, situés au nord-ouest de la centrale de Fukushima, ne sont pas ceux où les doses dues à l'exposition au panache ont été les plus importantes. Ceci s'explique par la forte influence des précipitations pluvieuses ou neigeuses à l'origine de ces dépôts dans la nuit du 15 au 16 mars, alors que dans les territoires où l'exposition au panache a été la plus importante, ce sont des dépôts secs, de plus faible ampleur, qui constituent la part essentielle des dépôts.

A l'échelle locale, pour un même niveau de dose potentiellement reçue, il existe une grande disparité d'un lieu à l'autre sur la contribution des différentes voies d'exposition et sur la cinétique de prise de dose au cours de la phase de rejet du 12 au 25 mars 2011.

### **Estimation des doses potentiellement reçues par exposition externe aux dépôts radioactifs au cours de la première année après l'accident**

Le 8 avril 2011, l'IRSN a réalisé une première estimation des doses que pourraient recevoir la population vivant dans les territoires contaminés au Japon, dues à l'exposition externe au rayonnement gamma émis par les dépôts radioactifs, en interprétant les mesures aéroportées des débits de dose réalisées par le DoE/NNSA des États-Unis et publiées sur son site internet le 7 avril 2011. A cette date, l'IRSN ne disposait d'aucun résultat de mesure sur la composition isotopique des dépôts radioactifs et les prévisions de doses potentiellement reçues au cours de la première année de l'accident tenaient compte de la composition isotopique du terme source alors estimé par l'IRSN et de l'analyse des profils de décroissance du débit de dose mesuré en différents points du territoire concerné. Fin avril 2011, le MEXT a publié de nouvelles cartes de débit de dose et de dépôts de césiums 134 et 137, ainsi qu'une carte d'estimation de doses due à l'exposition externe au dépôt au cours de la première année. Le MEXT a ensuite périodiquement actualisé cette carte de prévision de doses, à l'issue des nouvelles campagnes de mesures réalisées, mais sans changement significatif par rapport à la première carte publiée fin avril 2011. Comme attendu, les valeurs de dose les plus élevées concernent les territoires ayant reçu les dépôts les plus importants, formés entre le 15 et le 16 mars 2011 sur plusieurs dizaines de kilomètres au nord-ouest de la centrale de Fukushima Dai-ichi, lors de fortes précipitations de pluie et de neige au moment de la dispersion atmosphérique d'un rejet du réacteur n°2.

En comparant la carte des doses publiée par le MEXT et celle sur les dépôts cumulés de césiums 134 et 137, il est possible d'en déduire un facteur de conversion entre la dose par exposition externe due aux dépôts, cumulée sur la première année, et l'activité surfacique des césiums 134 et 137 : 16,6 mSv par Bq/m<sup>2</sup> de <sup>134+137</sup>Cs. Par ailleurs, en utilisant les données démographiques de la Préfecture de Fukushima provenant du « *Statistics Bureau, Ministry of Internal Affairs and Communications, Japan* », l'IRSN en a déduit qu'en dehors de la zone d'évacuation d'urgence de 20 km autour de la centrale de Fukushima Dai-ichi, près de 70 000 personnes habitant dans des territoires ayant un dépôt de <sup>134+137</sup>Cs supérieur à 600 000 Bq/m<sup>2</sup> auraient pu recevoir une dose supérieure à 10 mSv au cours de la première année, due à l'exposition externe au dépôt. En l'absence d'évacuation des territoires les plus contaminés (dose dépassant 20 mSv), décidée le 22 avril 2011 par les autorités japonaises, cette dose aurait même pu dépasser 50 mSv pour environ 5 300 personnes. A l'intérieur du périmètre d'exclusion de 20 km, des doses encore plus importantes, dépassant 200 mSv, aurait pu être atteintes, d'après les cartes publiées par le MEXT. Ces estimations confirment qu'il ne pouvait pas être envisagé de faire revenir dans cette zone les populations évacuées en urgence au moment de l'accident.

Les estimations réalisées montrent que les doses potentiellement reçues au cours du premier mois par exposition externe due aux dépôts représentent environ le tiers des doses cumulées au cours des 12 mois suivants. Ces résultats confirment l'importance d'engager au plus tôt des actions de

protection vis-à-vis des populations, en éloignant celles qui se trouvent dans les territoires les plus contaminés et qui pourraient ainsi être exposées à des doses significatives dès le premier mois suivant la formation des dépôts. A titre indicatif, dans le territoire (hors zone d'exclusion des 20 km) où une dose dépassant 10 mSv aurait pu être reçue entre le 15 mars et le 15 avril 2011, les doses auraient pu atteindre jusqu'à plus de 25 mSv, sans tenir compte des doses dues à l'exposition au panache radioactif entre le 12 et le 25 mars, ni de celles dues à la consommation éventuelle de denrées contaminées. Est concernée par cette zone une partie des communes de Minamisoma (sud-ouest), d'Iitate, Namie et Katsurao (est).

De même, les estimations montrent qu'une dose dépassant 10 mSv aurait pu être reçue entre le 15 avril 2011 et le 15 avril 2012 dans la zone correspondant approximativement à la zone d'éloignement planifiée mise en place à partir du 22 avril par les autorités japonaises (à l'exception d'un petit secteur de la commune de Date), qui comprend la totalité des communes d'Iitate, de Namie et de Katsurao (en plus des parties de ces deux dernières communes déjà évacuées en urgence le 12 mars) ainsi qu'une partie des communes de Minamisoma et de Kawamata (district de Yamagiya) (hors zone d'exclusion des 20 km). Dans les parties les plus contaminées de cette zone, les doses qui auraient pu être reçues au cours de cette période, en l'absence d'éloignement, sont estimées supérieures à 75 mSv, en plus des doses déjà reçues au cours du 1<sup>er</sup> mois suivant la formation des dépôts ou par d'autres voies d'exposition (inhalation, ingestion de denrées contaminées, ingestion involontaire).

## II. Les études épidémiologiques de suivi de la population au Japon

### Principe des études mises en place

Dès la fin du mois de juin 2011, les autorités sanitaires japonaises ont conçu et mis en place des études épidémiologiques afin d'évaluer l'état de santé des personnes qui ont été exposées aux rejets radioactifs et de suivre son évolution au cours du temps. En fonction du groupe concerné, ces études sont basées sur un questionnaire qui sera complété dans certains cas par la réalisation d'examens médicaux. Les résultats de ces études épidémiologiques permettront de disposer d'informations sur l'incidence de base de certaines pathologies au sein de la population japonaise (cancers, leucémies, troubles psychologiques, thyroïdiens, hépatiques, rénaux, diabète, etc.) et d'évaluer les éventuelles conséquences sanitaires de l'exposition de la population aux retombées radioactives. Prévue pour une durée d'environ 30 ans, le pilotage de ces études a été confié à l'Université médicale de Fukushima en collaboration avec d'autres centres médicaux japonais.

Ces études consistent en la réalisation :

- D'une enquête de base à destination de toutes les personnes se trouvant dans la Préfecture de Fukushima pendant la phase des rejets : cette enquête a pour objectif d'estimer la dose externe reçue par les personnes exposées, de recueillir des informations relatives à la prise de comprimés d'iode stable et à la consommation de produits alimentaires et d'eau de boisson, et d'identifier les personnes pour lesquelles un suivi médical au long cours serait nécessaire ; cette enquête sera réalisée sur 2 057 053 personnes.
- D'un bilan thyroïdien réalisé pour tous les enfants âgés de moins de 18 ans qui se trouvaient dans la Préfecture de Fukushima pendant la phase des rejets : cette étude a pour objectif principal la mise en évidence d'une éventuelle augmentation des cancers de la thyroïde telle qu'elle a été observée chez les enfants exposés aux retombées radioactives de l'accident de Tchernobyl ; cette étude portera sur environ 360 000 enfants nés jusqu'au 1<sup>er</sup> mars 2012.
- D'un suivi des anomalies génétiques et congénitales pouvant apparaître chez les enfants nés de femmes ayant déclaré une grossesse entre le 1<sup>er</sup> août 2010 et le 31 juillet 2011 ; cette étude portera sur environ 20 000 femmes. Cette étude viendra compléter celle lancée en 2010 dans une douzaine de régions du Japon par le ministère japonais de l'environnement sur environ 100 000 femmes enceintes : l'objectif de cette étude (*JECS : Japan Environment and Children's Study*) est d'évaluer chez les enfants nés de ces mères les conséquences d'une exposition à des toxiques environnementaux chimiques et physiques ; dès sa mise en place, cette étude comprenait des localités proches de la centrale nucléaire de Fukushima Dai-ichi (Fukushima, Minami Souma,

Namie) ; en août 2011, les autorités japonaises ont décidé d'intégrer à cette étude un groupe de 6 900 femmes des villes parmi les plus exposées aux retombées radioactives (Kawamata, Koori, Date, Kunimi) ; tous les enfants nés des mères recrutées dans l'étude JECS seront suivis jusqu'à l'âge de 12 ans.

- De bilans médicaux spécifiques chez les personnes qui ont été évacuées des zones les plus exposées aux retombées radioactives ; cette étude concernera environ 210 000 personnes et permettra de recueillir des informations relatives au style de vie (tabagisme, alcoolisme), à leur état psychologique sur la base d'un questionnaire, à l'incidence de base de pathologies telles que cancers, leucémies, diabète, troubles hépatiques et rénaux et à la réalisation d'examens radiologiques pouvant impacter la dose externe reçue (scanners en particulier). Par ailleurs, un suivi complémentaire spécifique sur dix ans des troubles psychologiques sera mis en place par le ministère japonais de la santé sur environ 30 000 personnes des Préfectures de Fukushima, Iwate et Miyagi.

## Etat d'avancement et premiers résultats des études en cours

### *Questionnaire dosimétrique*

- A partir de la fin du mois de juin 2011, 29 097 questionnaires ont été envoyés aux personnes qui se trouvaient dans les villes de Namie, Iitate et Kawamata au moment des rejets radioactifs. En date du 20 janvier 2012, le taux de réponse était de 50,2 % : le taux le plus faible observé concerne les personnes âgées de 21 à 30 ans (36,5 % de questionnaires complétés) et le plus élevé concerne les personnes âgées de 61 à 70 ans (63,1 % de questionnaires complétés).

- Sur la base des questionnaires renseignés, les doses externes reçues ont été calculées à l'aide d'un logiciel spécialement développé par le NIRS (*National Institute for Radiological Sciences*) pour 1 589 personnes originaires de Namie, Iitate et Kawamata : pour 62,1 % d'entre elles, la dose externe calculée est inférieure à 1 mSv ; la dose maximale calculée est de 14,5 mSv pour une personne.

- A partir de la fin du mois d'août 2011, l'envoi des questionnaires a été généralisé à l'ensemble des 2 057 053 personnes qui se trouvaient dans la Préfecture de Fukushima au moment des rejets radioactifs. En date du 20 janvier 2012, le taux global de réponse était de 20,8 %.

### *Evaluation des dysfonctionnements thyroïdiens chez les enfants exposés aux rejets radioactifs*

- Entre octobre et décembre 2011, les convocations pour la réalisation d'un bilan thyroïdien ont été envoyées à 19 715 enfants qui se trouvaient à Namie, Iitate et Kawamata au moment des rejets radioactifs : 4 908 enfants ont été pris en charge par l'Université médicale de Fukushima et 14 807 par d'autres centres médicaux de la Préfecture de Fukushima.

- Au 31 décembre 2011, les bilans thyroïdiens avaient été réalisés pour 14 442 enfants : ces bilans initiaux consistent essentiellement en la réalisation d'une échographie thyroïdienne, éventuellement complétée par des examens biologiques et histologiques en cas de détection d'anomalie pathologique. 23,7 % des enfants examinés sont âgés de 0 à 5 ans ; 27,3 % de 6 à 10 ans ; 29,6 % de 11 à 15 ans ; 19,4 % de plus de 16 ans.

- Parmi les 3 765 enfants examinés par l'Université médicale de Fukushima, l'échographie thyroïdienne s'est révélée normale pour 69,6 % d'entre eux ; au moins un kyste liquidien considéré comme subnormal (diamètre inférieur à 20 mm) a été mis en évidence chez 28,8 % des enfants ; 1,5 % des enfants présentent au moins un nodule là encore considéré comme subnormal (diamètre inférieur à 5 mm) ; au moins un nodule de diamètre supérieur à 5 mm a été diagnostiqué chez 0,7 % des enfants examinés, sans pour autant qu'il soit nécessaire de mettre en œuvre des examens complémentaires selon l'avis des médecins ; enfin, aucun kyste liquidien de diamètre supérieur à 20 mm n'a été mis en évidence.

- Entre janvier et mars 2012, les convocations pour la réalisation d'un bilan thyroïdien seront envoyées à 27 467 enfants qui se trouvaient à Date, Tamura, Hirono, Naraha, Tomioka, Kawauchi, Okuma, Futaba et Katsurao au moment des rejets radioactifs ; l'envoi des

convocations au reste des enfants concernés par l'étude sera réalisé séquentiellement entre avril 2012 et mars 2014.

- A partir d'avril 2014, des bilans thyroïdiens de suivi seront réalisés chez les 360 000 enfants concernés selon un rythme de tous les deux ans jusqu'à l'âge de 20 ans, puis de tous les 5 ans au-delà de l'âge de 20 ans.

*Il n'existe pas à ce jour d'informations disponibles quant à l'avancement des études programmées pour les femmes enceintes et les personnes évacuées.*

### **III. La situation des travailleurs impliqués dans les opérations menées à la centrale nucléaire de Fukushima Dai-ichi**

#### **Doses reçues par les travailleurs**

Les seules informations disponibles à ce jour quant aux doses reçues par les travailleurs impliqués dans les opérations menées à la centrale de Fukushima Dai-ichi sont celles fournies par la société TEPCO qui publie un bilan mensuel depuis le mois d'avril 2011. Elles ne concernent que les employés de TEPCO ainsi que ceux des sociétés sous-contractantes. Aucune information précise quant aux doses reçues par les autres catégories de travailleurs exposés (pompiers, policiers, employés municipaux, agents de la sécurité civile) n'a pu être obtenue à ce jour, alors qu'au moins certains d'entre eux ont fait l'objet d'un suivi dosimétrique.

Le dernier bilan publié le 31 janvier 2012 porte sur 3 368 salariés de TEPCO et 16 226 salariés des sociétés sous-contractantes. La dose moyenne reçue entre le 11 mars et le 31 décembre 2011 par ces travailleurs est de 23,53 mSv pour les salariés de TEPCO et de 9,06 mSv pour les salariés des sociétés sous-contractantes.

A ce jour, six travailleurs, tous employés par la société TEPCO, ont reçu une dose supérieure à 250 mSv. Selon la société TEPCO, 85 % de la dose reçue par ces 6 travailleurs serait due à l'inhalation d'iode 131 en raison de l'absence de port de masques de protection adaptés. La dose maximale enregistrée est de 678,80 mSv.

Il est à noter que peu d'informations précises quant à la méthodologie mise en œuvre pour évaluer les doses reçues par les travailleurs ne sont disponibles, notamment pour ceux qui ne portaient de dosimètres dans les premiers jours qui ont suivis l'accident. Des demandes d'informations complémentaires ont récemment été transmises aux autorités japonaises par le Comité des Nations Unies en charge de l'étude des effets des expositions aux rayonnements ionisants (*UNSCEAR : United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation*).

#### **Effets observés et suivi sanitaire des travailleurs**

##### *Effets observés*

Selon les informations fournies par les autorités japonaises, aucun effet sanitaire attribuable à une exposition aux rayonnements ionisants n'aurait été observé à ce jour chez les travailleurs engagés dans les opérations menées à la centrale nucléaire de Fukushima. Cependant, compte tenue de la nature des opérations restant à entreprendre, l'apparition dans les mois à venir d'effets directement liés à une exposition à la radioactivité sur la santé des travailleurs ne peut être exclue selon les déclarations de médecins du NIRS.

A ce jour, six décès de travailleurs ont été enregistrés, parmi lesquels aucun ne serait attribuable à une exposition aux rayonnements ionisants, selon les indications des autorités japonaises :

- Deux travailleurs sont décédés le 11 mars 2011 des conséquences directes du tsunami et du tremblement de terre ;
- deux travailleurs sont décédés d'un arrêt cardiaque survenu le 14 mai 2011 pour le premier et le 9 janvier 2012 pour le deuxième ;

- un travailleur est décédé d'une leucémie aigue au mois d'août 2011 ;
- un travailleur est décédé d'un choc septique le 6 octobre 2011.

Par ailleurs, des phénomènes d'hyperthermie (augmentation de la température corporelle) ont été observés chez 43 travailleurs, probablement en raison de tenues de travail insuffisamment réfrigérées.

#### *Suivi sanitaire*

Une base de données rassemblant les informations relatives au suivi médical des travailleurs est actuellement en cours de mise en place. Chaque travailleur, y compris ceux qui ne sont plus engagés dans les opérations en cours à la centrale de Fukushima Dai-ichi, bénéficiera d'un bilan médical de base comprenant des examens ophtalmologique, auditif, pulmonaire, cardiovasculaire, digestif, ainsi que des analyses biologiques et une évaluation de son état psychologique et psychiatrique.

De plus, les travailleurs ayant reçu une dose supérieure à 50 mSv bénéficieront d'un suivi particulier pour détecter l'apparition éventuelle d'une cataracte ; par ailleurs, ceux ayant reçu une dose supérieure à 100 mSv bénéficieront d'examens complémentaires visant à suivre l'éventuelle apparition de dysfonctionnements thyroïdiens et de certains cancers (poumon, estomac, colon).

En fonction des observations enregistrées, le suivi médical pourra être révisé dans 3 ans.

## **IV. L'implication de l'IRSN dans les travaux de l'UNSCEAR**

Lors de sa session annuelle de mai 2011, le Comité des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants a décidé d'entreprendre la rédaction d'un premier rapport consacré à l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima Dai-ichi et de ses conséquences pour la santé des personnes exposées aux retombées radioactives.

Pour mener à bien ce travail, l'UNSCEAR a fait appel à tous les gouvernements afin qu'ils proposent la nomination d'experts qui seront chargés de contribuer à la rédaction de ce rapport sur la base du volontariat. Au total, près de 60 experts essentiellement européens, japonais, canadiens, américains, brésiliens, coréens, russes, biélorusses, ukrainiens et australiens ont été désignés. La France est représentée par 9 experts, dont 5 de l'IRSN et 4 du CEA.

Les experts ont été répartis en 4 groupes de travail :

- Le premier groupe, dirigé par un représentant américain, est chargé de la collecte des données de mesure et de la vérification de leur qualité ; l'IRSN est représenté par un expert responsable d'un des trois sous-groupes constitués au sein de ce groupe de travail ;
- le deuxième groupe, dirigé par un représentant allemand, est chargé d'évaluer la dispersion atmosphérique et marine des rejets radioactifs ; l'IRSN est représenté par un expert au sein de ce groupe de travail ;
- le troisième groupe, dirigé par un représentant australien, est chargé d'évaluer les doses reçues par la population et leurs conséquences pour les personnes exposées ainsi que pour les espèces non humaines ; l'IRSN est représenté par deux experts au sein de ce groupe de travail ;
- le quatrième groupe, dirigé par un représentant français de l'IRSN, est chargé d'évaluer les doses reçues par les travailleurs et leurs conséquences pour leur santé.

Par ailleurs, un groupe de coordination composé du Président de l'UNSCEAR, du Président de la délégation japonaise à l'UNSCEAR, des responsables des 4 groupes de travail, ainsi que du secrétaire scientifique de l'UNSCEAR et de ses collaborateurs, est chargé de s'assurer du bon déroulement de la rédaction de ce rapport.

Un premier rapport d'étape sera présenté en mai 2012 lors de la 59<sup>ème</sup> session annuelle de l'UNSCEAR et le rapport final, dont la publication est attendue pour la fin de l'année 2013, sera présenté en mai 2013 lors de la 60<sup>ème</sup> session annuelle de l'UNSCEAR.

Ce rapport de l'UNSCEAR bénéficiera par ailleurs de contributions des principales organisations internationales, dont en particulier l'Organisation Mondiale de la Santé et l'Organisation Mondiale de Météorologie.