

CONSEQUENCES DE L'ACCIDENT DE FUKUSHIMA SUR L'ENVIRONNEMENT MARIN

**Bruno FIEVET, Pascal BAILLY DU BOIS, Philippe LAGUIONIE, Dominique BOUST,
Mireille ARNAUD, Sabine CHARMASSON, Patrick BOYER**

IRSN

PRP-ENV/SERIS Laboratoire de Radioécologie de Cherbourg-Octeville,
Rue Max Pol Fouchet, BP10, 50130, Cherbourg-Octeville

bruno.fievet@irsn.fr

La "cellule mer Fukushima", constituée à l'IRSN en avril 2011, collecte les données publiées sur les sites Internet japonais (NRA, TEPCO, MHLW) et met à profit son expertise pour suivre l'évolution des conséquences de l'accident de FDNPP sur l'environnement marin.

Un constat de la contamination du milieu (eau de mer, sédiment) au deuxième semestre 2014 est présenté. Le bilan est mis en perspective avec les niveaux de concentrations en radionucléides présents dans l'eau de mer avant l'accident et depuis le début des rejets. Les niveaux en ^{137}Cs encore observés dans l'eau de mer à proximité du site et jusqu'à environ 30 km, témoignent de la persistance d'apports continus. Ce marquage peut s'expliquer par des fuites provenant du site accidenté, le lessivage des sols contaminés et parvenant en mer par les cours d'eau et la nappe phréatique, ou encore par la désorption des radionucléides associés aux sédiments. Le marquage des eaux superficielles du Pacifique Nord a atteint les côtes d'Amérique du Nord depuis juin 2012. On s'attend à un doublement du signal dû aux retombées des essais d'armes nucléaires dans la couche superficielle (150 m) de l'ensemble du Pacifique Nord. Hormis les isotopes du césium, quelques données de concentrations en ^3H et ^{90}Sr dans l'eau de mer sont disponibles dans la zone proche (30 km) du site de FDNPP.

L'estimation des rejets directs aboutissant en mer en avril 2011 reste un sujet de débat entre les différents auteurs. De nombreuses évaluations ont été réalisées concernant les apports en ^{137}Cs , elles s'étendent entre 3,6 et 41 PBq. Les plus récentes se rapprochent de l'estimation de l'IRSN en 2012 ([12–41] PBq). Les retombées atmosphériques sur la mer ont représenté des quantités du même ordre de grandeur, mais avec une répartition étendue sur le Pacifique Nord dès le premier mois suivant l'accident. Pour le milieu marin, l'ensemble de ces apports seraient comparables ou supérieurs à ceux résultant de l'accident de Tchernobyl ([15-20] PBq). Cependant ils se distinguent principalement par les apports directs en mer qui ont entraîné des concentrations particulièrement importantes près de l'émissaire. Sur le long terme le milieu marin est impacté par deux sources de contamination qui sont les rejets liquides radioactifs directement relâchés en mer par le site accidenté et les exports terrestres produits par le lessivage des dépôts radioactifs accumulés sur les bassins versants. L'IRSN travaille à l'estimation de la contribution du lessivage des sols, une première évaluation de l'ordre de 1 à 10 TBq/an est cohérente avec celle d'autres chercheurs japonais.

En ce qui concerne le ^{90}Sr , en raison du nombre de mesures beaucoup plus faible que pour le césium, les estimations du terme-source s'appuient essentiellement sur le rapport $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$. Du fait que ce rapport a beaucoup évolué, les incertitudes sont importantes. Le flux total a été estimé à environ 1 PBq. L'évolution du rapport $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ mesuré près de l'installation indique que les rejets résiduels récents sont comparables pour ces deux radionucléides.

La confluence des deux grands courants océaniques de surface que sont l'Oyashio (au nord) et le Kuroshio (au sud), provoque des tourbillons qui se traduisent par une grande variabilité de l'hydrodynamique dans cette zone et qui la rend difficile à prévoir. La comparaison de 9 modèles hydrodynamiques par le Science Council of Japan sur les trois premiers mois de dispersion montre de fortes divergences. Aucun des modèles disponibles n'avait été validé au préalable sur l'emprise et avec la résolution adéquate et il n'est pas possible de disposer de simulation numérique déterministe de l'évolution des concentrations en radionucléides dans l'eau de mer.

Dans les sédiments marins, les principaux radionucléides détectés sont les ^{134}Cs , ^{137}Cs et le ^{90}Sr . On ne détecte pas encore de Pu mais le drainage de la zone terrestre la plus exposée aux dépôts atmosphériques, suite à l'accident de FDNPP, entrainera des sédiments contaminés par du Pu, qui atteindront le milieu marin à plus ou moins long terme.

Concernant le ^{137}Cs , si on excepte le port de la centrale, où les sédiments sont très contaminés, on distingue une première zone jusqu'à environ 80 km du site où les concentrations en ^{137}Cs sont dans une gamme de [1-5000] Bq/kg. Au-delà de 80 km les niveaux sont environ 10 fois inférieurs. Les quelques mesures de concentration en ^{90}Sr dans les sédiments donnent des résultats d'environ 4 Bq/kg.

Le long de la côte japonaise, on observe un gradient nord-sud lié à la granulométrie des sédiments. Les tailles plus fines au sud se traduisent par des activités plus élevées en Bq/kg de sédiment. L'évolution des concentrations au cours du temps est très lente. Enfin, on estime que le stock de ^{137}Cs actuellement piégé dans les sédiments sur une zone de 60 000 km² représente environ 1% du rejet direct survenu lors de l'accident.

Des mesures de spectrométrie gamma *in situ* sur le fond marin, dans un rayon de 20 km autour de FDNPP, ont révélé la présence de points chauds correspondant généralement à des dépressions bathymétriques où les particules sédimentaires s'accumulent par gravité.

Un bilan des résultats de mesures dans les espèces marines collectés sur le site Internet de TEPCO et du Ministry of Health Labour and Welfare est présenté. Mais il est important de préciser que pour la plupart, les échantillons sont associés à un port de débarquement et la localisation de la capture est donc inconnue. L'accent est mis sur les produits marins consommés par l'homme et la très grande majorité des mesures concernent des poissons. La limite de concentration en vigueur au Japon pour le radiocésium ($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$) était de 500 Bq/kg frais jusqu'au 1^{er} avril 2012, où elle a été abaissée à 100 Bq/kg frais. Ces deux radionucléides sont quasiment les seuls présents dans les données récoltées. Quelques résultats de mesures de $^{110\text{m}}\text{Ag}$ apparaissent sur le site de TEPCO pour des poissons capturés dans la zone interdite à la pêche commerciale, au titre de la surveillance à proximité de FDNPP.

La représentation graphique de l'ensemble des résultats au cours du temps conduit à considérer trois catégories. Les poissons pélagiques vivent en pleine mer, ils se nourrissent d'autres organismes pélagiques et parcourent souvent de très grandes distances. Les poissons démersaux ont un mode de vie en forte liaison avec le fond marin, où ils trouvent leur nourriture. Les fonds océaniques deviennent très importants (milliers de m) dès qu'on s'écarte de la côte est du Japon et les espèces démersales restent donc relativement proches de la côte. Une troisième catégorie regroupe les invertébrés marins (mollusques, céphalopodes, crustacés, échinodermes,...) et les algues. Très vite, une distinction claire a été faite entre les poissons pélagiques et démersaux. C'est dans cette dernière catégorie qu'on observe les plus fortes concentrations.

Les poissons récoltés au niveau de la préfecture de Fukushima au titre de la surveillance (pêche commerciale interdite) jusqu'en été 2014 dépassent encore parfois la limite de 100 Bq.kg⁻¹ frais. En revanche les poissons débarqués dans les autres préfectures sont maintenant sous ce niveau. Mais en août 2014, un poisson débarqué dans la préfecture de Miyagi au nord de celle de Fukushima, dépassait encore la limite (190 Bq.kg⁻¹ frais). Le scénario de poissons contaminés au large de la préfecture de Fukushima et capturés dans les préfectures voisines est parfaitement plausible. Les scientifiques se penchent sur la différence de contamination entre les poissons démersaux et les poissons pélagiques. Les premiers étant plus marqués que les seconds, le rôle de la voie trophique est l'explication privilégiée. Par opposition aux espèces pélagiques, les espèces démersales, restant plus près du Japon, ont une plus forte probabilité de séjourner dans un milieu plus contaminé et de se nourrir d'espèces plus marquées. Ainsi, leurs périodes de demi-vie écologiques sont plus longues, comme les ont calculées les chercheurs japonais. Des modèles de transfert des radionucléides prenant en compte le réseau trophique ont été proposés mais leur validation se heurte aux incertitudes sur les concentrations dans l'eau, en particulier pour les espèces mobiles.

En 2014, les échantillons de poissons commerciaux débarqués en dehors de la préfecture de Fukushima sont quasiment tous en dessous de la limite de 100 Bq.kg⁻¹ frais. Mais de rares échantillons peuvent encore dépasser cette limite, il est donc encore trop tôt pour relâcher l'effort de surveillance des produits marins. Enfin, les outils disponibles de modélisation ne permettent pas de s'affranchir de l'échantillonnage systématique, qui reste le seul moyen de suivre la baisse de la contamination de l'environnement marin. Le devenir et l'impact des apports continus qui persistent au niveau du site de FDNPP restent une inconnue.