

Synthèse des informations disponibles au Japon concernant la contamination des denrées alimentaires par les radionucléides persistant dans l'environnement après l'accident de Fukushima

13 juillet 2012

Plus d'un an après l'accident de Fukushima Dai-ichi survenu le 11 mars 2011, l'IRSN poursuit le recueil et l'analyse périodique des données publiées au Japon relatives à la contamination de l'environnement terrestre, en particulier des denrées alimentaires produites dans les zones impactées par l'accident.

Dans l'ensemble, les résultats du premier semestre 2012 montrent une amélioration sensible de la situation pour de nombreuses catégories de denrées (notamment les légumes, la viande d'animaux d'élevage et le lait), par rapport au printemps 2011, mais des concentrations significatives en césiums 134 et 137 continuent d'être mesurées régulièrement dans certains types de produits : champignons shiitakes, pousses de plantes sauvages (bambou, Aralia, koshiabura, crosses de fougères), viande de gibier (principalement le sanglier), poissons d'eau douce et certaines espèces marines pêchées sur le littoral proche de la centrale accidentée... Pour ces denrées, des dépassements des normes de consommation et de commercialisation sont occasionnellement observés, à une fréquence qui s'est accrue depuis l'abaissement important de ces normes le 1^{er} avril 2012. Cette situation conduit les autorités japonaises à maintenir, voire étendre les restrictions de commercialisation et de consommation pour les produits et les territoires concernés par ces dépassements.

L'IRSN recommande donc de garder une certaine prudence quant à la consommation des denrées suivantes :

- plantes sauvages et viande de sanglier : ces produits sont issus du milieu forestier dans lequel aucune action de réduction de la contamination n'est entreprise ;*
- les champignons shiitakes : le nombre de communes frappées d'interdiction augmente quotidiennement et les zones concernées sont de plus en plus distantes de la préfecture de Fukushima.*
- les poissons (eau de mer et eau douce) qui présentent régulièrement des niveaux de contamination constants et supérieurs aux normes.*

Pour ces denrées, il convient d'être attentif aux informations sur leur provenance et, le cas échéant, sur les résultats de contrôle de contamination. Plus généralement, il est recommandé de varier son alimentation (notamment en termes de provenance) pour limiter efficacement la contamination interne par ingestion.

Compte tenu de la persistance durable du césium radioactif dans l'environnement japonais, qui évoluera lentement, le maintien d'une surveillance régulière des productions agricoles ou d'origine naturelle est justifié afin de s'assurer de la maîtrise de la qualité des denrées consommées au Japon ou exportées.

1. RAPPELS SUR L'ÉTAT GÉNÉRAL DE LA CONTAMINATION DE L'ENVIRONNEMENT TERRESTRE AU JAPON APRÈS L'ACCIDENT DE FUKUSHIMA

Le rapport IRSN 2012-01 intitulé « *Fukushima, un an après - Premières analyses de l'accident et de ses conséquences* », publié le 12 mars 2012, présente une description détaillée de l'état des connaissances sur la contamination environnementale au Japon. Il apparaît en particulier que le milieu terrestre au Japon est durablement contaminé par deux radionucléides, le césium 134 et le césium 137, qui constituent aujourd'hui la quasi-totalité de la contamination résiduelle résultant de l'accident nucléaire. Cette contamination est présente sous la forme d'un dépôt superficiel qui, compte-tenu des propriétés physico-chimiques du césium, devrait rester peu mobile, sauf sous l'effet du ruissellement des eaux météoriques (transport par les cours d'eau) et par remise en suspension de poussières sous l'action du vent ; toutefois, ces processus de transport qui sont de faible intensité et graduels, n'ont pas conduit à modifier sensiblement la répartition générale des dépôts de césium radioactif, cartographiée de façon de plus en plus précise (voir les cartes de la figure 1) grâce à des campagnes de mesures successives qui se poursuivent toujours actuellement.

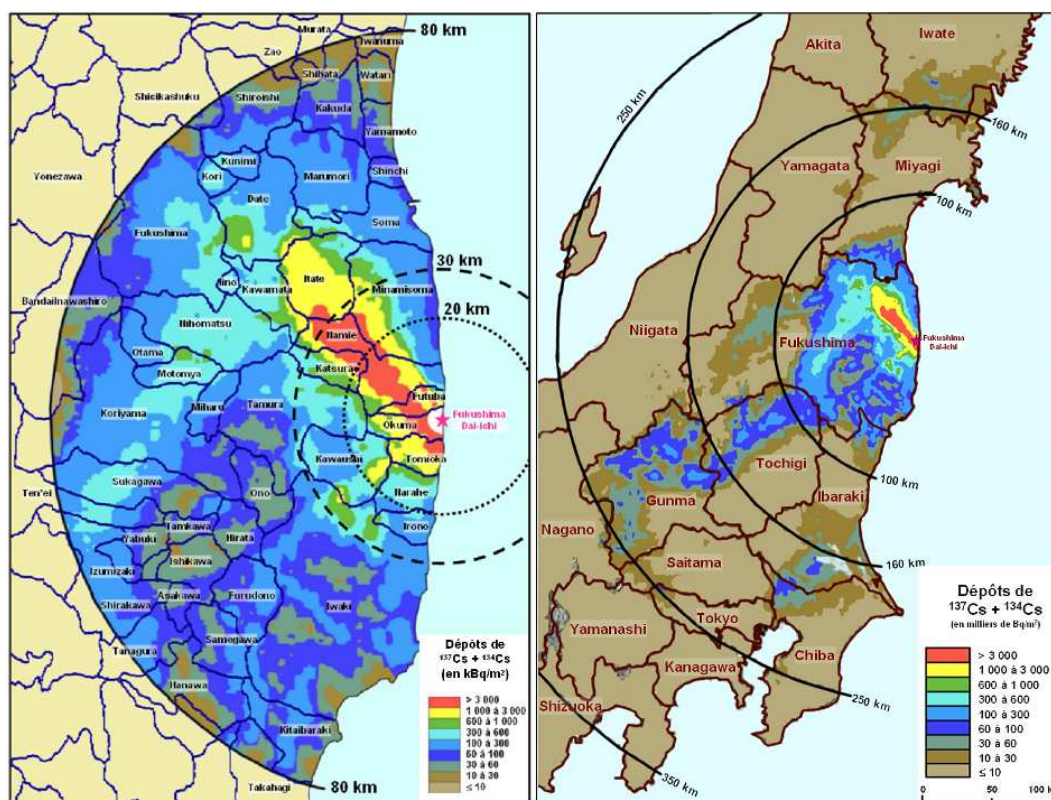


Figure 1 - Cartes des dépôts cumulés de césiums 134 et 137 au Japon (activités surfaciques rapportées à la date du 5 novembre 2011) : à droite, à l'échelle du nord-est de l'île de Honshū ; à gauche, dans un rayon de 80 km autour de la centrale de Fukushima Dai-ichi (d'après la publication « *Results of the Fourth Airborne Monitoring Survey by MEXT* » du 16 décembre 2011)

Fin juin 2012, compte tenu de la décroissance radioactive, il subsiste 97% du césium 137 et 65% du césium 134 initialement déposés lors de l'accident ; le césium 137 représente environ 59% de l'activité des dépôts rémanents, le reste étant constitué de césium 134.

Ces dépôts persistants contribuent au maintien d'un débit de dose ambiant plus ou moins important, source d'exposition externe des personnes résidant dans les territoires contaminés. Cette situation a conduit en 2011 à l'éloignement des populations qui se trouvaient dans les territoires ayant reçu les dépôts les plus importants : zone d'accès restreint (« restricted area ») de 20 km autour de la centrale accidentée et zone d'évacuation élargie (« deliberate evacuation area ») située à plus de 20 km au nord-ouest de la centrale de Fukushima Dai-ichi (communes de Katsurao, Iitate, Namie et une partie de Kawamata et de Minamisoma). Courant avril 2012 (cf. carte de la figure 2), les autorités japonaises ont défini, dans ces zones évacuées, des territoires où, compte tenu des niveaux de contamination mesurés et des doses prévisibles par exposition externe (moins de 20 mSv/an), des personnes pourraient dans un premier temps revenir exercer certaines activités sur une durée réduite en vue de préparer le retour des populations ; cela concerne une partie des communes de Minamisoma, Tamura et Kawauchi (zones en vert sur la carte de la figure 2). Toutefois, pour une partie de ces communes (zones en orange, où les dépôts de césium radioactif dépassent 1 million de Bq/m²), aucun retour ne devrait être autorisé à court terme. Dans les territoires où les dépôts de césium sont les plus importants (dépassant 3 millions de Bq/m²), le retour des populations semble difficilement envisageable à long terme.

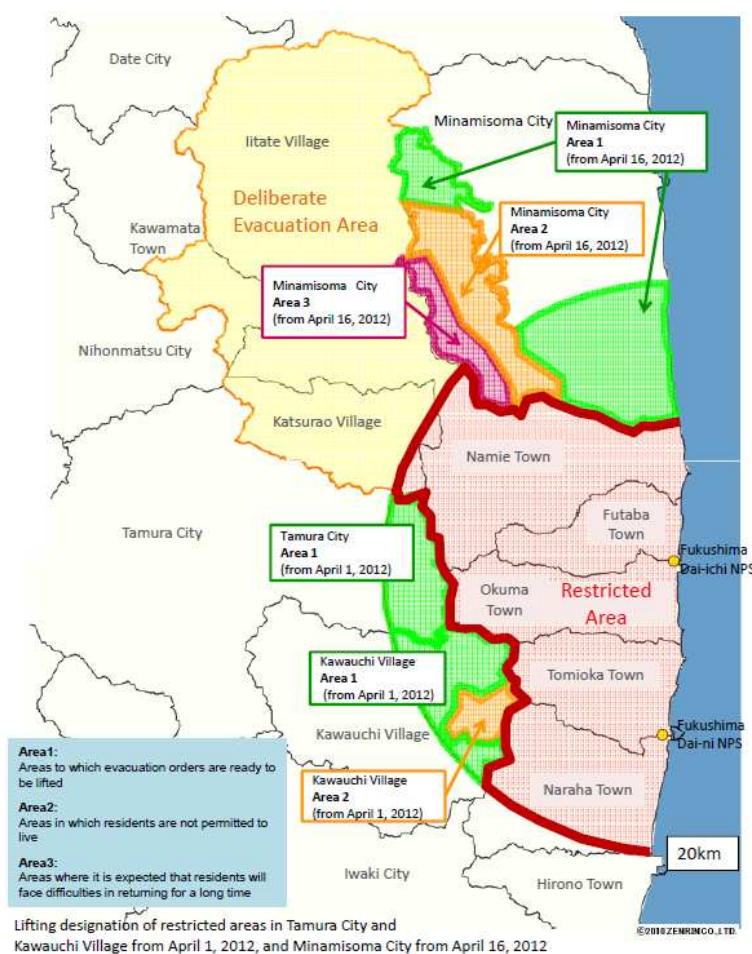


Figure 2 - Zones d'accès restreint (en rouge dans un rayon de 20 km) et zone d'évacuation élargie (en jaune pâle) fixées par les autorités japonaises au 1^{er} avril 2012 (source : METI, avril 2012). Les zones en vert correspondent à des parties de la zone d'accès restreint instaurée en 2011 où un retour de la population est en préparation. Les zones en orange concernent des parties des communes de Kawauchi et de Minamisoma où le retour des populations ne devrait pas être autorisé à court terme. La zone en rose concerne une partie de la commune de Minamisoma où un retour de la population est difficilement envisageable sur le long terme en raison de dépôts radioactifs trop importants (activité surfacique dépassant 3 millions de Bq/m²).

Les dépôts rémanents de césium radioactif sont également à l'origine d'une contamination persistante de certaines denrées produites au Japon. Alors que la contamination observée dans les denrées végétales au cours des semaines suivant l'accident résultait de la contamination directe des parties aériennes des végétaux (feuilles notamment) par les retombées atmosphériques, par la suite ce sont deux mécanismes complémentaires de transferts qui ont entretenu une contamination de diverses productions végétales :

- par translocation des radionucléides initialement déposés sur les feuilles, impliquant une absorption des radionucléides (césium notamment) par les feuilles, leur transport par la sève des plantes puis leur stockage dans certains tissus de structure (bois) ou de réserve (bulbes, fruits...). Ces radionucléides ainsi accumulés peuvent ensuite être remobilisés par la plante bien après la contamination initiale, lors de la croissance de nouvelles pousses ou des fruits. Les effets de ce processus tendent à s'estomper au cours du temps ;
- par transfert racinaire des radionucléides accumulés dans les sols. Compte tenu de la longue rémanence du césium 137 dans les horizons superficiels des sols, il s'agit du principal processus qui entraînera une contamination durable des végétaux naturels ou cultivés. Toutefois, il existe d'importantes variations d'effet de ce processus de transfert, en fonction des propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols et des espèces végétales concernées. Le phénomène peut être accentué par le mode de vie du végétal, comme dans le cas du riz pour lequel le transfert de radionucléides peut aussi se faire directement à partir de l'eau de culture.

La persistance d'une contamination des denrées animales (viande, lait, œufs...) dépend directement de la qualité de l'alimentation des animaux. Si celle-ci peut être contrôlée dans le cas des animaux d'élevage, afin de maintenir un niveau de contamination aussi bas que possible, il n'en est pas de même pour les animaux sauvages (gibier).

Enfin, pour les denrées venant du milieu aquatique (d'eau douce ou marin), la persistance d'une contamination dépend non seulement de la présence des radionucléides dans l'eau, due aux apports réguliers par ruissellement des dépôts terrestres, mais aussi (et principalement) du mode de vie et d'alimentation des espèces aquatiques.

Les résultats des mesures effectuées sur diverses catégories de denrées au Japon, publiées au cours du premier semestre 2012, permettent d'évaluer globalement l'impact de ces phénomènes de contamination liés aux dépôts rémanents de césium radioactif. Ces résultats, recueillis et analysés par l'IRSN, sont présentés de façon synthétique dans les chapitres suivants. Ils permettent également de voir quels sont les types de produits et les lieux de provenance toujours concernés par des dépassements des normes de commercialisation et de consommation fixées au Japon.

2. BILAN DE LA CONTAMINATION DES DENRÉES ALIMENTAIRES D'APRÈS LES RÉSULTATS PUBLIÉS AU JAPON DEPUIS L'ACCIDENT DE FUKUSHIMA

2.1. Dispositif de contrôle de la contamination des denrées et de restriction mis en place au Japon

Après l'accident de Fukushima survenu en mars 2011, un dispositif de restrictions de mise sur le marché et de consommation des denrées produites au Japon a été mis en place par le "Director-General of the Nuclear Emergency Response Headquarters" pour limiter le risque d'exposition par ingestion de denrées contaminées. Ce dispositif s'appuie sur des contrôles de radioactivité des denrées produites dans les préfectures touchées par les retombées radioactives de l'accident et sur le respect de normes alimentaires (valeurs de concentration en radionucléides pour différentes catégories de denrées) fixées à un niveau de risque d'exposition acceptable pour la population locale, en termes de radioprotection (tableau 1). Au départ, ces normes portaient sur différentes catégories de radionucléides, mais avec la disparition progressive des radionucléides à

courte période radioactive (notamment l'iode 131), seuls les césiums radioactifs (^{134}Cs et ^{137}Cs) ont été détectés dans les denrées japonaises après l'été 2011.

Début 2012, en appliquant une démarche d'optimisation visant à réduire les niveaux d'exposition de la population à un niveau aussi bas que raisonnablement possible, compte tenu notamment de l'évolution de la contamination radioactive au Japon (disparition des radionucléides à vie courte et baisse des niveaux de radioactivité observés), les autorités japonaises ont décidé d'appliquer des normes nettement plus basses, qui ont pris effet le 1^{er} avril 2012 (tableau 1). Elles ne concernent que les césiums radioactifs (^{134}Cs + ^{137}Cs) qui sont les seuls radionucléides imputables à l'accident de Fukushima actuellement détectables dans les denrées.

Tableau 1 - Normes de concentration en césium radioactif (^{134}Cs + ^{137}Cs) dans les denrées alimentaires au Japon, établies suite à l'accident de Fukushima

Groupe alimentaire	Normes avant 01/04/2012 (Bq de ¹³⁴⁺¹³⁷ Cs /kg)	⇒	Groupe alimentaire	Normes après 01/04/2012 (Bq de ¹³⁴⁺¹³⁷ Cs /kg)
Eau potable	200		Eau potable	10
Lait	200		Lait	50
Légumes Céréales	500		Autres denrées générales	100
Viande, œuf, poisson			Aliments pour nourrisson	50

Des règles précises ont été instaurées pour décider des restrictions (interdiction de vendre ou de consommer) et leurs levées en fonction des résultats de mesure dans les denrées :

- restriction de mise sur le marché, dès qu'une denrée présente une concentration en césiums (^{134}Cs + ^{137}Cs) supérieure à la norme correspondant à la catégorie de denrée concernée ;
- restriction de consommation lorsqu'une denrée présente une concentration en césium radioactif jugée trop importante (le document officiel des autorités japonaises n'indique pas de seuil précis) ;
- levée de restriction lorsque les résultats de mesure (au moins 3 mesures) par commune obtenus dans le dernier mois écoulé sont tous inférieurs aux normes.

Le MHLW (Ministry of Health, Labor and Welfare japonais) a régulièrement publié et mis à jour la liste des communes et des denrées concernées par ces restrictions ainsi que les résultats de contrôle des denrées.

La mise en place des restrictions, en application des règles décrites ci-dessus, dépend des catégories de denrées effectivement produites dans les communes concernées, donc de la saison de récolte. Ainsi, diverses communes des préfectures de Fukushima, Ibaraki, Chiba, Miyagi, Tochigi, Iwate, Gunma, Kanagawa (uniquement pour les feuilles de thé) se sont vues frappées de restrictions à des dates variables au cours de 2011 (et même début 2012), en fonction des types de denrées et du moment où les premiers dépassements des normes alimentaires ont été constatés. Avec l'abaissement important des normes instaurées le 1^{er} avril 2012, de nouvelles communes ont été touchées par ces restrictions. La plupart des communes concernées par des restrictions mises en place en 2011 ou en 2012 le sont toujours aujourd'hui. Les communes ayant vu leurs restrictions levées sont assez peu nombreuses ; il s'agit essentiellement de communes faisant partie des préfectures de Chiba, Tochigi, Ibaraki et Gunma, pour ce qui concerne les feuilles de thé.

Selon les informations disponibles, il semble que la surveillance exercée par les autorités japonaises ne repose pas sur un plan strictement défini concernant le type de denrées à contrôler ou encore

sur les localisations à surveiller en priorité. Il est donc nécessaire de garder une certaine prudence sur la comparaison des différents résultats obtenus au cours du temps. En effet, les denrées mesurées ne sont pas toujours les mêmes d'un mois sur l'autre et les prélèvements ne sont pas toujours localisés aux mêmes endroits (le nombre de points de prélèvements dans les communes dépend du type de denrée et des résultats de mesure obtenus antérieurement).

Pour les productions agricoles végétales, le nombre de prélèvements analysés a augmenté avec le temps (il y a eu environ deux fois plus de contrôles en mai 2012 qu'en mai 2011 ; figure 3), traduisant un renforcement progressif du dispositif de contrôle, compte tenu des résultats déjà obtenus et de l'abaissement des normes alimentaires. L'abaissement a conduit, comme attendu, à une augmentation du taux de dépassement des normes, qui était devenu très faible avant le 1^{er} avril 2012 (moins de 1% des denrées contrôlées) et qui est passé à 9% en avril 2012 et 5% en mai 2012, c'est-à-dire au même niveau qu'en mai 2011 avec les anciennes normes.

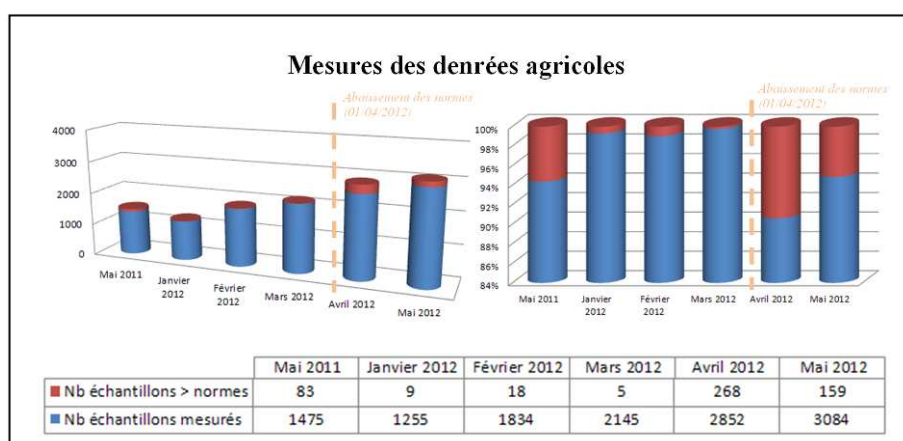


Figure 3 - Évolution du nombre de contrôles de la contamination des productions agricoles végétales et du taux de dépassement des normes alimentaires au Japon depuis le début de l'année 2012 et comparaison avec mai 2011.

Pour les produits de la pêche (eau de mer et eau douce), on observe la même tendance que pour les productions agricoles végétales (figure 4). Le nombre d'échantillons mesurés augmente avec le temps au fur et à mesure de la mise en place du dispositif de contrôle. La situation était plutôt stable (environ 4 % d'échantillons supérieurs aux normes en vigueur) jusqu'au changement des normes, le 1^{er} avril 2012, où le taux de dépassement des normes est monté à 10 %.

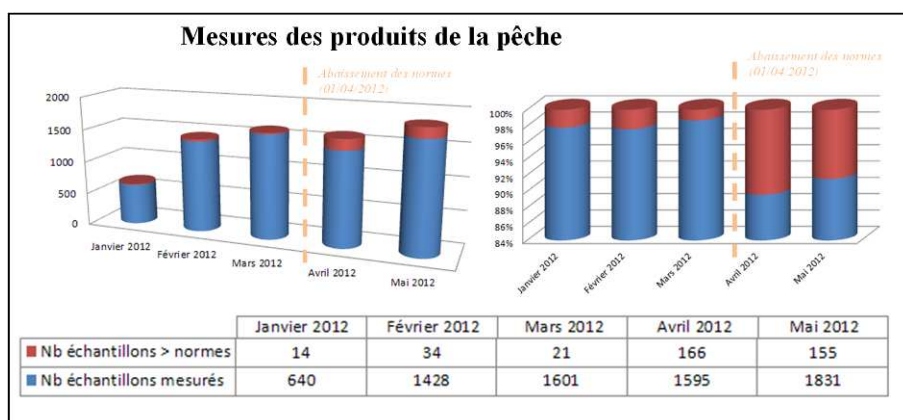


Figure 4 - Évolution du nombre de contrôles de la contamination des produits de la pêche et du taux de dépassement des normes alimentaires au Japon depuis le début de l'année 2012 et comparaison avec mai 2011.

Pour la viande, la situation est assez stable et ne semble pas impactée par le changement des normes alimentaires (figure 5). En effet, le taux de dépassement des normes alimentaires est globalement très faible et les dépassements constatés ne concernent quasi exclusivement que la viande de gibier (principalement de sanglier).

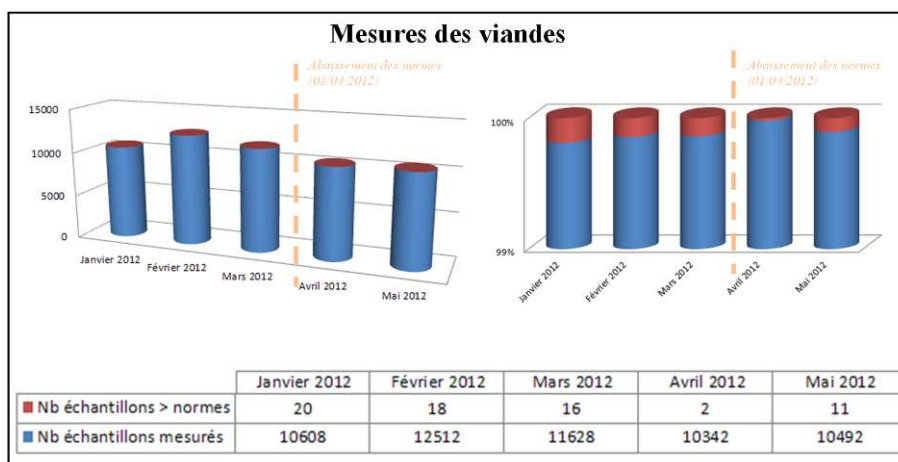


Figure 5 - Évolution du nombre de contrôles de la contamination de la viande et du taux de dépassement des normes alimentaires au Japon depuis le début de l'année 2012 et comparaison avec mai 2011.

Les paragraphes qui suivent présentent l'évolution de la contamination des principales catégories de denrées contrôlées au Japon. Les indications fournies reposent sur les résultats d'analyse publiés jusqu'à fin juin 2012, concernant 185 756 prélèvements de denrées, dont 28 477 pour la seule préfecture de Fukushima. Au cours des mois suivant l'accident, ces résultats montraient régulièrement des activités massiques significatives en césium 134 et 137 et en iode 131. Depuis le courant de l'été 2011, l'iode 131 n'est plus détecté dans les denrées en raison de sa courte période radioactive (8 jours) qui a conduit à sa disparition de l'environnement. Par la suite, seules les activités massiques en césium radioactif (exprimées en becquerels de $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$ par kilogramme de produit frais - Bq/kg) permettent de suivre l'impact persistant des retombées de l'accident de Fukushima sur l'alimentation au Japon.

2.2. Les produits végétaux d'origine terrestre

Les productions végétales ayant souvent un caractère saisonnier, les résultats disponibles pour le premier semestre 2012 ne portent que sur des produits effectivement récoltés au cours de cette période. Il s'agit aussi bien de produits cultivés que de produits d'origine naturelle.

• Cas des champignons

Entre mars 2011 et mars 2012, de nombreux dépassements des normes de commercialisation en vigueur au cours de cette période ont été constatés sur des shiitakes (figure 6). Appelé aussi « champignon noir », « champignon parfumé », « lentin » ou « lentin du chêne », le shiitake tire son nom japonais de shii, l'une des espèces d'arbre (proche du chêne) sur lequel il pousse dans son habitat d'origine et de take, qui signifie « champignon poussant sur ». Le shiitake est le deuxième champignon le plus cultivé dans le monde. On le retrouve facilement sur les étales des épiceries, souvent sous sa forme séchée. Au Japon, il est cultivé sous serre ou à l'extérieur, sur rondins de bois (« log-grown ») ou sur un lit de compost en champignonnière (« mushroom bed-grown »).

Plus rarement, d'autres espèces de champignons ont présenté des dépassements de normes au cours de cette période : *Grifola frondosa* (polypore en touffes), *Lactarius volemus* (lactaire à lait abondant), *Suillus bovinus* (bolet des bouviers), *Pholiota nameko*.

Entre avril et juin 2012, les seuls champignons ayant dépassé les nouvelles normes de commercialisation ont été les shiitakes : sur plus de 800 analyses d'échantillons, 196 dépassements concernent des prélèvements à l'état frais et 79 dépassements concernent des prélèvements de champignons séchés.



Figure 6 - Champignon shiitake cultivé sur un tronc.

Le graphique de la figure 7 présente les 2036 résultats de mesure d'activité en césium radioactif ($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$) dans les shiitakes (non séchés) obtenus entre avril 2011 et mai 2012, en distinguant les résultats selon la préfecture d'origine des champignons analysés. Les 812 valeurs inférieures aux limites de détection sont par convention notées à 1 Bq/kg. Ce graphique montre une importante variabilité (de 1 à 1000, en ordre de grandeur) des niveaux de contamination mesurés, pouvant s'expliquer par le lieu de provenance des prélèvements analysés et par les conditions de culture des champignons ; de plus, on n'observe pas de différence significative de résultats entre les prélèvements venant de la préfecture de Fukushima et ceux originaires d'autres préfectures surveillées. Ce graphique montre également qu'il n'y a pas eu d'évolution dans le temps des niveaux de contamination sur la période représentée.

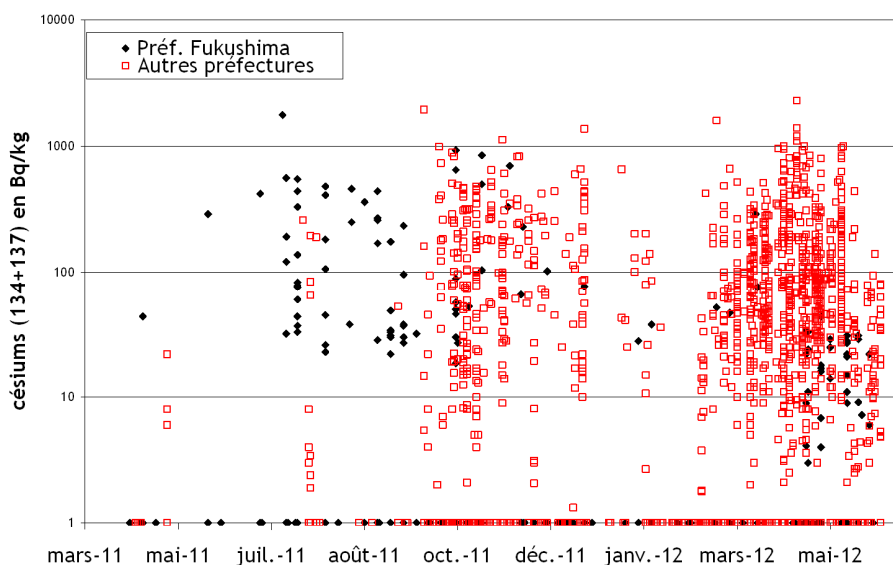


Figure 7 - Activités massiques en césium ($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$) dans des shiitakes non séchés mesurées entre avril 2011 et mai 2012 (source : MHLW). Par convention, les valeurs non détectables sont notées à 1 Bq/kg.

La majorité des 549 analyses portant sur des shiitakes cultivés en intérieur (sur lit de compost en champignonnière ou sur rondins) ont donné des résultats d'activités en césium radioactif inférieurs aux limites de détection des instruments de mesure. Parmi ces 549 résultats, seuls 4 dépassent 500 Bq/kg : il s'agit de 3 prélèvements de shiitakes cultivés sur rondins (avec une valeur maximale à

1 770 Bq/kg) et d'un prélèvement de shiitakes cultivés sur lit de compost en champignonnière (850 Bq/kg), tous originaires de la préfecture de Fukushima.

Parmi les 535 résultats d'analyse de shiitakes cultivés en extérieur (le plus souvent sur rondins), la moitié présente une activité en césium dépassant 170 Bq/kg et 40 résultats dépassent 500 Bq/kg, dont une majorité concerne des prélèvements originaires de la préfecture d'Iwate. La valeur maximale est de 2 300 Bq/kg pour un prélèvement de shiitake sur rondins, de la préfecture d'Iwate.

Pour les autres résultats de mesure publiés, il n'est pas précisé si le shiitake a été cultivé en intérieur ou en extérieur.

Bien sûr, du fait du procédé de séchage qui concentre le césium, les activités massiques dans les shiitakes séchés peuvent atteindre des valeurs encore plus élevées, avec une valeur maximale de 6940 Bq/kg mesurée dans un prélèvement de la préfecture de Tochigi en novembre 2011.

L'ensemble de ces résultats suggèrent que la contamination de ces champignons (et plus précisément du carpophore qui est la partie comestible) résulte essentiellement d'un phénomène de translocation depuis une contamination du mycélium (partie pérenne du champignon, qui a une durée de vie de plusieurs années). Cette contamination du mycélium peut avoir été directement provoquée par les retombées radioactives de mars 2011 ou résulter de la contamination du substrat sur lequel ce mycélium se développe (par exemple si le rondin de bois a été exposé au panache radioactif). On peut s'attendre à ce que la contamination des champignons soit durable, sur des années voire des décennies, avec des activités en césium qui évolueront peu.

La carte de la figure 8 montre les communes concernées par des restrictions de commercialisation des shiitakes, en distinguant celles (en vert) qui l'étaient déjà en application des anciennes normes et celles (en rouge) qui le sont devenues depuis l'abaissement des normes alimentaires au Japon.

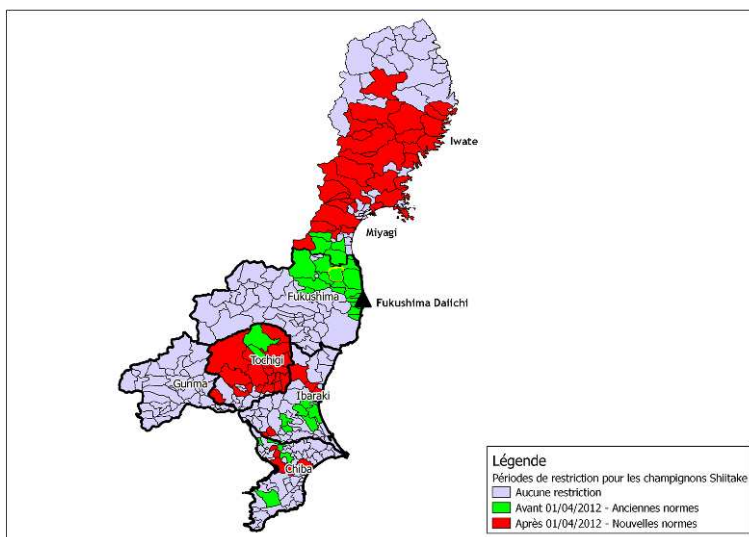


Figure 8 - Carte des communes japonaises concernées par des restrictions de commercialisation des champignons shiitakes, à la date du 22 juin 2012.

• Cas des autres denrées végétales terrestres

Outre les champignons, diverses denrées végétales cultivées ou d'origine naturelle ont été contrôlées régulièrement au Japon, en fonction des périodes de récolte. Certaines d'entre elles ont présenté des concentrations en césium radioactif dépassant les nouvelles normes alimentaires instaurées le 1^{er} avril 2012. Il s'agit :

- **des jeunes pousses d'arbre ou d'arbuste consommées au printemps** : 57 prélèvements de koshiabura et 19 prélèvements de pousses d'*Aralia* d'avril-mai 2012 ont été mesurés avec des concentrations en césium dépassant les nouvelles normes. Le koshiabura est un arbre dont les pousses sont consommées le plus souvent sous forme de beignets (tempura). Les jeunes pousses d'*Aralia* sont consommées en Russie et en Asie et sont également utilisées en cosmétologie pour

la fabrication de produits de beauté. La figure 9 présente l'évolution des activités en césium ($^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$) dans ces denrées de mars 2011 à mai 2012 ; ces résultats concernent 151 prélèvements de pousses d'*Aralia* dont 51 cultivés sous serre et 44 dits « sauvages » (sans information sur les 56 autres), et 81 prélèvements de koshiabura, dont 25 dits « sauvages » (sans information sur les autres). On note une forte saisonnalité des prélèvements, majoritairement réalisés aux printemps 2011 et 2012. Les 69 prélèvements dits « sauvages » (44 pousses d'*Aralia* et 25 koshiabura) ont tous été prélevés en avril-mai 2012, ces prélèvements ont probablement été réalisés par cueillette en forêt.

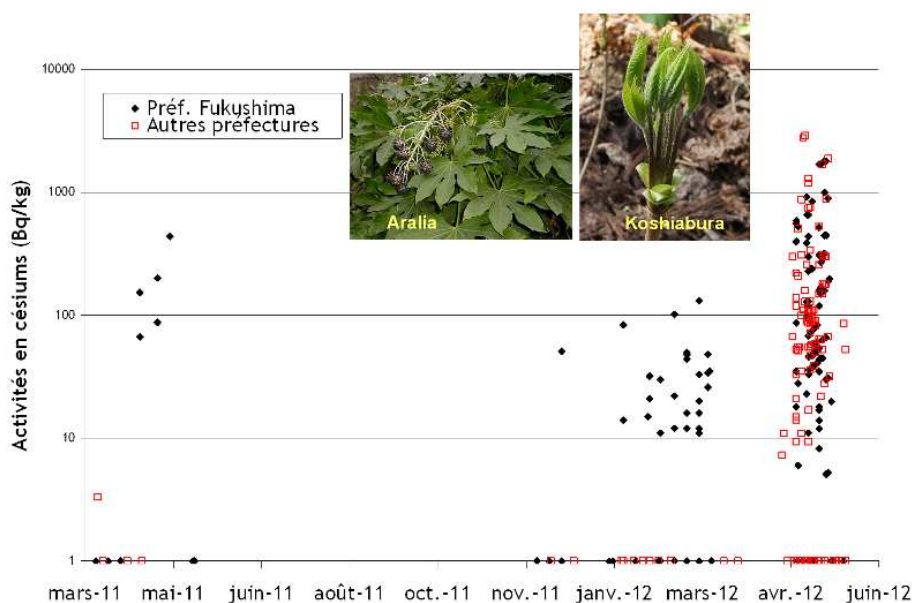


Figure 9 - Activités massiques en césium ($^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$) dans des jeunes pousses d'arbres comestibles (koshiabura et *Aralia*) entre mars 2011 et mai 2012 (source : MHLW). Par convention, les valeurs non détectables sont notées à 1 Bq/kg.

On constate que la contamination de ces denrées reste significative, du même ordre de grandeur qu'en 2011. Les activités massiques les plus élevées (2 800 Bq/kg et 2 900 Bq/kg) ont été observées dans deux prélèvements de koshiabura « sauvage » de fin avril/début mai 2012 dans la préfecture de Tochigi. Les prélèvements de l'hiver 2011/2012 sont en revanche issus de cultures sous serre, avec des activités moins élevées. Parmi les cultures sous serre, la valeur la plus élevée est de 130 Bq/kg pour un prélèvement de pousse d'*Aralia* issu de Kawamata (préfecture de Fukushima) fin février 2012. Hormis l'effet de saisonnalité, il ne semble pas y avoir de tendance temporelle marquée. Les jeunes pousses sont contaminées par translocation depuis la partie pérenne de l'arbre. On peut s'attendre à ce que les valeurs de concentration en césium restent élevées au cours des prochaines années. Les cartes de la figure 10 indiquent les communes concernées par des restrictions de commercialisation des pousses d'*Aralia* et de koshiabura, compte tenu des nouvelles normes alimentaires en vigueur au Japon.

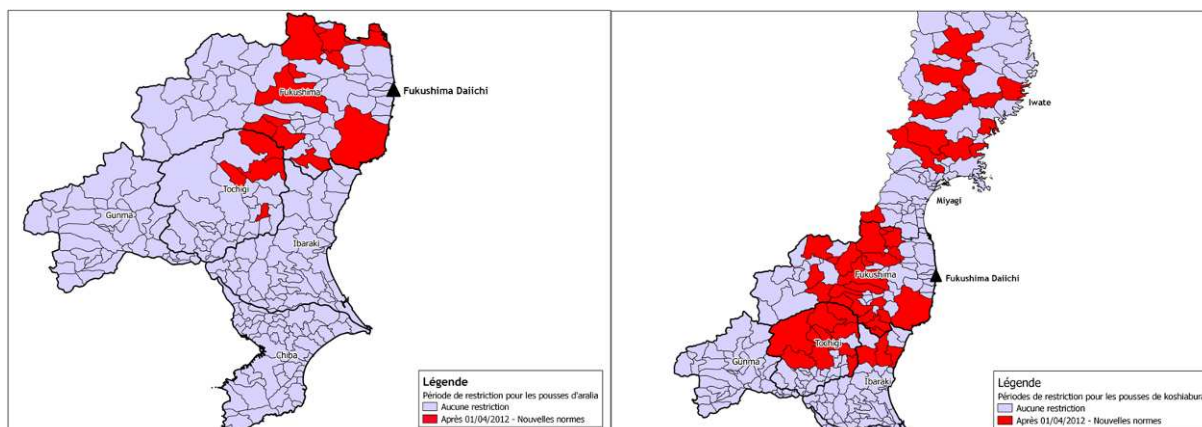


Figure 10 - Cartes des communes japonaises concernées par des restrictions de commercialisation de pousses d'*Aralia* (à gauche) et de *koshiabura* (à droite), à la date du 22 juin 2012.

- **des pousses de bambou** : entre avril et mai 2012, 47 prélèvements de pousses de bambou ont été mesurés avec des concentrations en césium dépassant les nouvelles normes. La figure 11 présente l'évolution des activités en césium ($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$) dans les pousses de bambou de mars 2011 à mai 2012. On observe une situation comparable à celle des pousses d'arbre, avec des niveaux de concentration au printemps 2012 légèrement plus faibles qu'en 2011 (il y a trois fois moins de dépassements de normes en mai 2012 qu'en mai 2011). La persistance de la contamination s'explique par un phénomène de translocation depuis la partie pérenne de la plante et on peut s'attendre à ce que cela se reproduise au cours des prochaines années

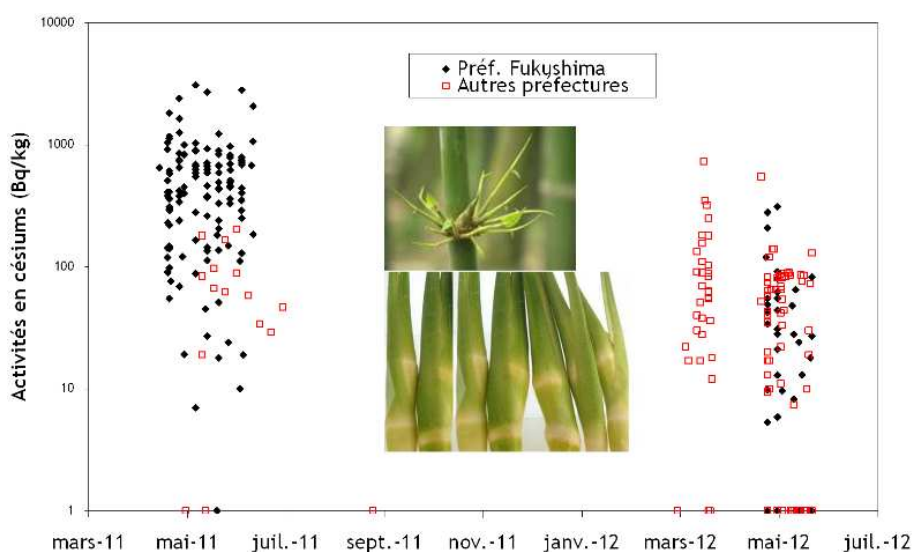


Figure 11 - Activités massiques en césium ($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$) dans des pousses de bambou entre mars 2011 et mai 2012 (source : MHLW). Par convention, les valeurs non détectables sont notées à 1 Bq/kg.

La carte de la figure 12 indique les communes concernées par des restrictions de commercialisation des pousses de bambou. On constate l'effet important de l'abaissement des normes alimentaires, en termes de communes nouvellement touchées par des restrictions.

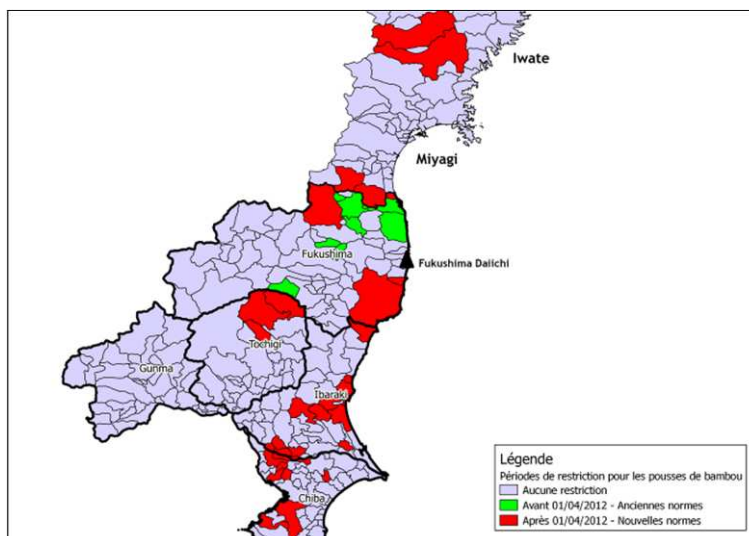


Figure 12 - Carte des communes japonaises concernées par des restrictions de commercialisation de pousses de bambou, à la date du 22 juin 2012 (en rouge : les communes nouvellement concernées depuis l'entrée en vigueur des nouvelles normes alimentaires).

- **des crosses de fougère (figure 13)** : entre avril et mai 2012, 44 prélèvements de diverses variétés de fougères dont les crosses sont comestibles (fougères autrichiennes, fougères royales, *Pteridium aquilinum*) ont été mesurés avec des concentrations en césium dépassant les nouvelles normes (de 110 à 1100 Bq/kg). Le processus de contamination (translocation) et les tendances sont similaires à ceux des pousses d'arbre et des pousses de bambou ;



Figure 13 - Crosses de fougères comestibles.

- **du thé**, qui a fait l'objet de très nombreuses analyses dont une minorité seulement dépasse les limites de détection (et *a fortiori* les normes de commercialisation). Pour le seul mois de mai 2012 (période de la « first flush », 1^{ère} récolte), 536 prélèvements de thé ont été analysés et seulement 11 résultats d'analyse dépassaient 10 Bq/kg sans jamais dépasser 25 Bq/kg, dans les préfectures de Tochigi, Chiba et Ibaraki. Toutefois, des restrictions de commercialisations, mises en place en 2011, subsistent principalement dans la préfecture d'Ibaraki. Depuis le 1^{er} avril 2012, seulement 13 communes des préfectures d'Ibaraki, de Tochigi, de Gunma et de Chiba ont bénéficié d'une levée d'interdiction de commercialiser leurs lots de feuilles de thé ;
- **de la poudre de thé de yacón** de la préfecture de Miyagi, dont 4 prélèvements effectués en 2012 (sur 12 échantillons contrôlés au total) ont présenté des activités massiques en césium radioactif allant de 15 000 Bq/kg à 20 000 Bq/kg. Contrairement à ce que son nom indique, le thé de yacón n'est pas comparable au thé pour infusion : c'est une poudre issue d'un tubercule, la poire de terre (ou yacón), cultivé pour ses propriétés édulcorante (figure 14). Il s'agit d'une

plante vivace de la famille des astéracées, proche du tournesol et du topinambour. Le yacón fournit deux produits : le sirop de yacón et le thé de yacón. Les concentrations très élevées en césium mesurées en 2012 s'expliquent probablement par le procédé de transformation en poudre.



Figure 14 - Yacón : partie aérienne à gauche et tubercules consommés à droite.

Les autres denrées végétales surveillées au Japon présentent plus rarement des concentrations en césiums dépassant les nouvelles normes alimentaires : pétasites (ou butterbur scape, plante herbacée sauvage) et quelques autres plantes sauvages comestibles (ashitaba, uwabamisou...) (une dizaine de cas) ; ume, ou abricot japonais (2 cas) ; épinard (1 cas) ; wasabi (1 cas) ; persil japonais (1 cas).

2.3. La viande et le lait

La viande produite au Japon, principalement le bœuf, fait l'objet de nombreux contrôles depuis l'accident de Fukushima (cf. figure 5).

- **Cas de la viande d'animaux d'élevage et du lait de vache**

Chaque mois, un grand nombre d'échantillons de viande de bœuf est mesuré (environ 98 % du nombre total de mesures de viande) sans qu'aucun dépassement des normes alimentaires ne soit constaté ou alors de manière très ponctuelle (un échantillon de la préfecture d'Iwate en janvier et un autre en mars 2012). En mai 2012, parmi les plus de 10 000 résultats d'analyse, seuls 20 dépassaient les limites de détection, avec un maximum à 92 Bq/kg (préfecture de Miyagi).

Avec une surveillance moins intense, les résultats sont similaires pour la viande de porc. Pour le seul mois de mai 2012, parmi les 77 prélèvements analysés, seuls 6 résultats d'activité massique en césium ($^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$) dépassaient les limites de détection, avec un maximum à 110 Bq/kg (préfecture de Fukushima).

Le lait de vache fait également l'objet d'une surveillance suivie, avec une majorité de résultats inférieurs aux limites de détection des instruments de mesure, de même que pour toutes les formules de lait infantile.

Ces bons résultats, tant pour la viande que pour le lait, semblent attester d'une bonne maîtrise de la qualité de l'alimentation du bétail, facilitée par les techniques d'élevage majoritairement pratiquées au Japon (stabulation). Dans le contexte d'une contamination persistante de l'environnement, le maintien d'une surveillance régulière est justifié pour détecter toute évolution défavorable. En effet, en cas de consommation régulière de fourrage ayant une contamination modérée (de l'ordre de 100 Bq/kg), la concentration en césium dans la viande pourrait progressivement augmenter et dépasser les normes de commercialisation, comme cela a été observé en juillet 2011 pour certains cheptels (Kawamata-Machi).

• Cas du gibier

Contrairement au bétail, il n'est pas possible de contrôler la qualité de l'alimentation du gibier. C'est donc parmi cette catégorie de viande qu'on trouve le plus régulièrement des concentrations significatives en césium radioactif. C'est notamment le cas de la viande de sanglier dont la contamination dépasse régulièrement les normes alimentaires. Ceci s'explique par le mode de vie des sangliers dans le milieu forestier qui présente une contamination importante suite aux rejets atmosphériques et qui n'a pas fait l'objet d'opération de décontamination. De manière ponctuelle, on recense des dépassements de la norme en vigueur pour les échantillons de viande d'ours brun, de cerf ou encore de lièvre (cf. figure 15).

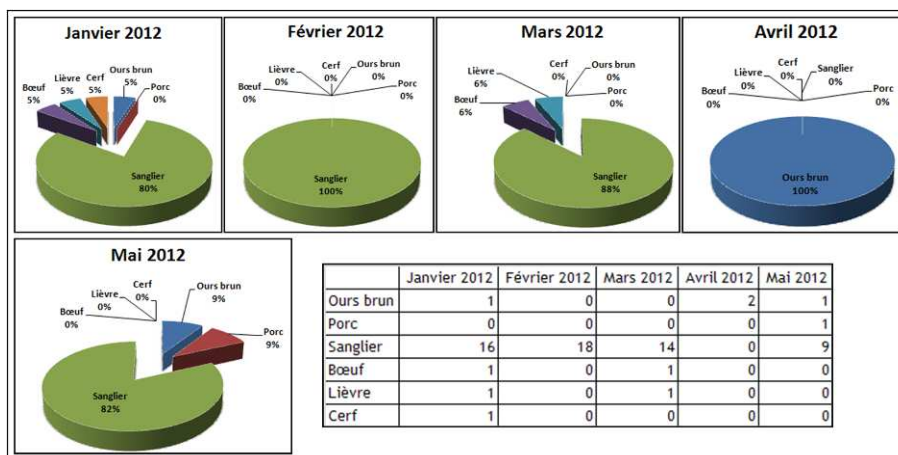


Figure 15 - Répartition des dépassements des normes de commercialisation par type de viande, depuis début 2012.

La figure 16 présente l'évolution des activités en césium ($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$) dans la viande de sanglier de mars 2011 à mai 2012. Malgré une légère tendance à la diminution au cours du temps, les valeurs restent régulièrement supérieures aux limites de détection et dépassent souvent les limites de commercialisation. On peut s'attendre à ce que cette situation perdure tant que les activités massiques des plantes des forêts resteront élevées.

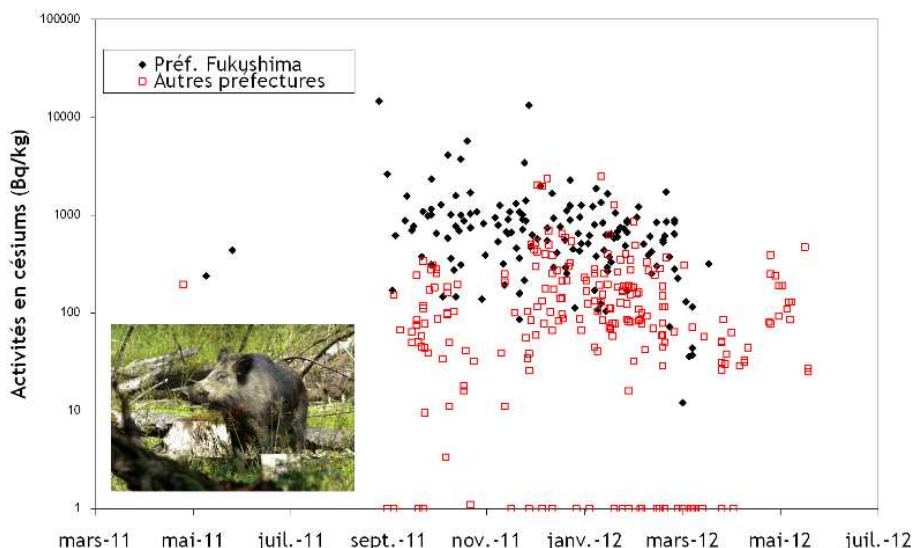


Figure 16 - Activités massiques en césium ($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$) dans la viande de sanglier entre mars 2011 et mai 2012 (source : MHLW). Par convention, les valeurs non détectables sont notées à 1 Bq/kg.

2.4. Les denrées d'origine marine ou d'eau douce

Les denrées d'origine marine ou d'eau douce, prélevées dans les zones impactées par l'accident, continuent de présenter des niveaux de contamination en césium plus ou moins importants, justifiant le maintien d'une surveillance et de restrictions de production. Une description plus détaillée de la situation des organismes marins est présentée dans la note d'information de l'IRSN intitulée « *Synthèse actualisée des connaissances relatives à l'impact sur le milieu marin des rejets radioactifs du site nucléaire accidenté de Fukushima Dai-ichi* ». Ne sont repris dans la présente synthèse que les éléments principaux concernant les organismes marins ou d'eau douce destinés à la consommation humaine.

• Les produits marins

Au cours des derniers mois et avant le 1^{er} avril 2012, date d'application des nouvelles normes alimentaires, les organismes marins ayant une concentration en césium dépassant la norme en vigueur à l'époque (500 Bq/kg frais) étaient uniquement des espèces de poissons, tous provenant de la préfecture de Fukushima. Après l'abaissement de cette norme à 100 Bq/kg frais, des dépassements sont constatés non seulement pour diverses espèces de poissons, mais aussi ponctuellement pour les palourdes et les oursins. Cette évolution de situation a conduit les autorités japonaises à étendre les zones de restrictions de mise sur le marché et de consommation des poissons et produits marins (figure 17) : outre les ports de la préfecture de Fukushima qui étaient déjà concernés par des restrictions avant le 1^{er} avril 2012, celles-ci ont été étendues aux ports des préfectures de Miyagi et d'Ibaraki. Ces restrictions s'appliquent au débarquement des poissons indiqués par les autorités (liste périodiquement mise à jour par le MLHW) dans les ports de pêche de ces préfectures, indépendamment du lieu de pêche.

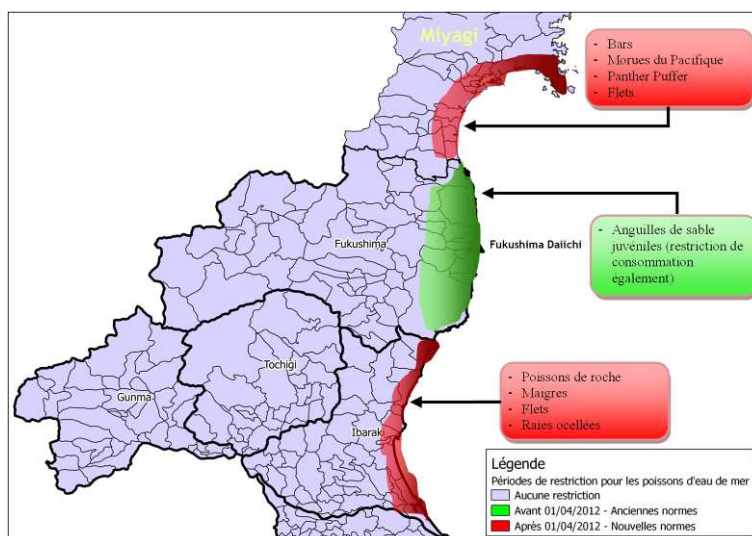


Figure 17 - Carte des zones de restriction de débarquement de poissons d'eau de mer, à la date du 22 juin 2012.

Le graphique de la figure 18 montre les niveaux de concentration en césium mesurés dans différentes espèces marines de mars 2011 à mars 2012.

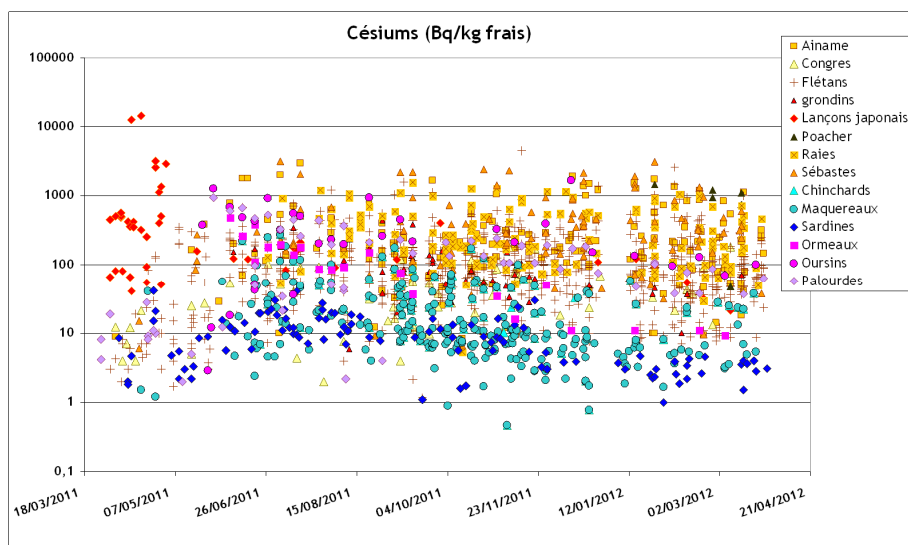


Figure 18 - Évolution temporelle des concentrations en $^{137}\text{Cs}+^{134}\text{Cs}$ (Bq/kg frais) dans quelques produits de la mer de mars 2011 à mars 2012.

Ces résultats appellent les commentaires suivants :

- il existe une grande variabilité de concentration en césium (dans un rapport de 1 à 1000, en ordre de grandeur), conséquence de la diversité des lieux de pêche et du mode de vie (mobilité, alimentation...) des différentes espèces ;
- les poissons caractérisés par un mode de vie en forte relation avec le sédiment (symboles de couleur orangée sur la figure 18) comme par exemple les ainames, flétans, grondins, raies, sébastes, se situent plutôt dans les valeurs élevées de la gamme de concentration, par rapport à des espèces ayant un mode de vie pélagique (symboles de couleur bleutée sur la figure 18) comme les maquereaux, sardines, chinchards ;
- outre les poissons, il est à noter que les échantillons d'oursins, d'ormeaux et de palourdes prélevés dans la préfecture de Fukushima ont pu également atteindre des niveaux élevés (symboles de couleur rosée sur la figure 18) ;
- pour la plupart des espèces, il est difficile de distinguer une évolution temporelle (à la hausse ou à la baisse) de la contamination, compte tenu de la grande dispersion des résultats obtenus. Toutefois, une tendance à la baisse est observée chez les organismes filtreurs (comme les moules, huîtres, palourdes, ormeaux...) ou brouteurs (oursins), liée à une réduction de la contamination ambiante de l'eau de mer, en l'absence de nouveaux rejets importants.

Ces résultats montrent la persistance d'une contamination significative de diverses espèces marines pêchées sur les côtes de la préfecture de Fukushima, avec des dépassements réguliers des normes de commercialisation et de consommation, surtout depuis l'abaissement de celles-ci depuis le 1^{er} avril 2012. Cette situation justifie le maintien d'une surveillance des espèces marines pêchées dans les eaux littorales de la côte nord-est du Japon.

• Les produits d'eau douce

Parmi les différentes espèces de poisson prélevées en lac ou en rivière, 5 présentent des niveaux de contaminations plus élevées, dépassant régulièrement les normes alimentaires dans la préfecture de Fukushima et faisant l'objet d'un suivi régulier (figure 19). Il s'agit des naseux (*Tribolodon hakonensis*), des ombles blancs tachetés (*Salvelinus leucomaenis*), des Ayu (*Plecoglossus altivelis*), des saumons masous (*Oncorhynchus masou*) et des éperlans japonais (*Hypomesus nipponensis*). Mis à part les naseux, toutes les autres espèces sont des espèces caractérisées comme amphihalines (espèces qui effectuent des migrations entre les eaux douces et les eaux de mer). Cependant il est

à noter que parmi ces espèces, certaines populations peuvent rester inféodées aux eaux douces pendant tout leur cycle de vie.

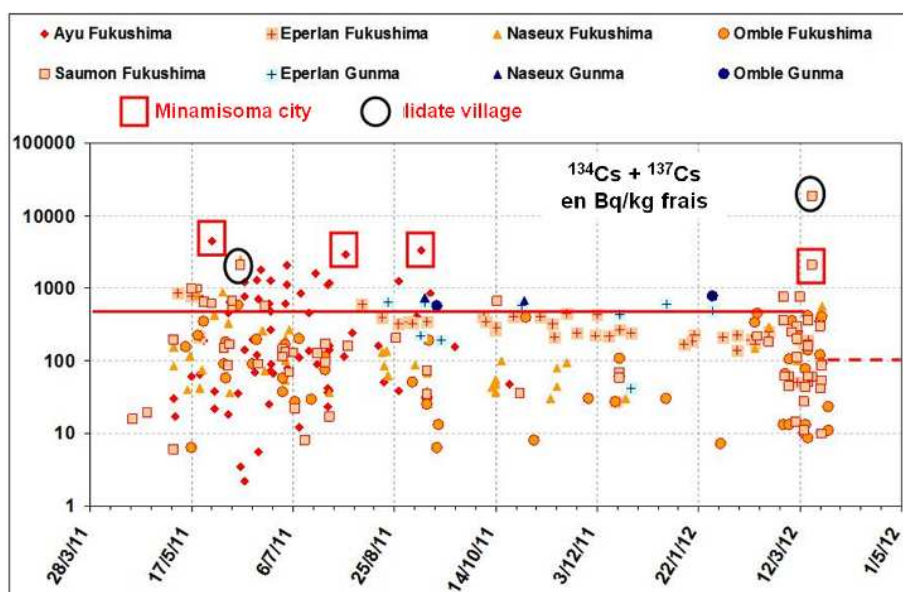


Figure 19 - Niveaux de concentration en césium ($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$) chez 5 espèces de poissons pêchés en rivières ou en lac dans la préfecture de Fukushima. Les lignes rouges correspondent aux niveaux maximaux admissibles pour la consommation alimentaire (trait plein jusqu'au 1^{er} avril 2012 : 500 Bq/kg frais ; en trait pointillé à partir du 1^{er} avril 2012 : 100 Bq/kg frais).

La variabilité des résultats est importante ; il ressort néanmoins nettement que les échantillons les plus marqués ont tous été récoltés dans des rivières ou lacs de la préfecture de Fukushima (en rouge) à l'exception de quelques échantillons pêchés dans des lacs de la préfecture de Gunma (bleu). Les niveaux les plus élevés sont rencontrés dans des poissons pêchés près de la ville de Minamisoma, dans la préfecture de Fukushima. Un échantillon de saumon masou prélevé à Iitate le 18 mars 2012 révèle une contamination extrêmement élevée atteignant 18700 Bq/kg frais.

Ces évolutions sont généralement à mettre directement en relation avec des niveaux de contamination importants de ces milieux.

A noter qu'une espèce de saumon, le saumon chien (*Oncorhynchus keta*) a également fait l'objet d'un suivi régulier dans les préfectures d'Hokkaido et de Fukushima. Les niveaux trouvés sont quasiment tous inférieurs aux limites de détection. Ceci est directement à mettre en relation avec le mode de vie de cette espèce qui est trouvée uniquement à l'âge adulte dans les rivières et qui ne se nourrit pas durant cette phase de vie, ce qui tendrait à souligner l'importance de la voie trophique pour la contamination des poissons.

Toute une série d'autres espèces ont fait l'objet d'un suivi plus ou moins régulier comme diverses espèces de mollusques, de crabes, d'écrevisses, de crevettes, de carpes, et d'autres espèces de saumons. Depuis le mois de janvier 2012, les niveaux détectés dans ces échantillons sont le plus souvent inférieurs à 200 Bq/kg frais ($^{137}\text{Cs} + ^{134}\text{Cs}$), bien que ponctuellement ces niveaux puissent être dépassés.

3. CONCLUSION

Les résultats de la surveillance exercée par les autorités japonaises montrent que d'une manière générale, le niveau de contamination des productions animales et végétales a fortement baissé par rapport à ce qu'elle a été au printemps 2011. De plus la surveillance a été renforcée et certains producteurs ont même mis en place des dispositions plus sévères que celles des autorités japonaises. Toutes ces dispositions concourent à renforcer la sécurité alimentaire du Japon. Toutefois, certaines denrées continuent de présenter des niveaux importants de césium radioactif au cours du premier semestre 2012 : les champignons shiitakes, certaines productions végétales particulières comme les pousses de bambou ou encore les plantes sauvages, le gibier, certains poissons de rivière (saumon, carpe) de la préfecture de Fukushima ou d'autres préfectures voisines, ou certains produits de la mer pêchés sur le littoral proche de la centrale accidenté. Heureusement, pour la plupart il s'agit de denrées dites de « moindre importance » car prenant une faible part du régime alimentaire standard au Japon (sauf les poissons).

Cette situation induit des dépassements des normes japonaises pour la consommation et la commercialisation des denrées, à une fréquence qui a augmenté depuis l'abaissement important de celles-ci, le 1^{er} avril 2012.

C'est pourquoi l'IRSN recommande de garder une certaine prudence quant à la consommation des denrées suivantes :

- plantes sauvages et viande de sanglier : ces produits sont issus du milieu forestier dans lequel aucune action de réduction de la contamination n'est entreprise ;
- les champignons shiitakes : le nombre de communes frappées d'interdiction augmente quotidiennement et les zones concernées sont de plus en plus distantes de la préfecture de Fukushima.
- les poissons (eau de mer et eau douce) qui présentent régulièrement des niveaux de contamination constants et supérieurs aux normes.

Pour ces denrées, il convient d'être attentif aux informations sur leur provenance et, le cas échéant, sur les résultats de contrôle de contamination. Plus généralement, il est recommandé de varier son alimentation (notamment en termes de provenance) pour limiter efficacement la contamination interne par ingestion.