

# Synthèse des informations disponibles sur la contamination radioactive de l'environnement terrestre japonais provoquée par l'accident de Fukushima Dai-ichi

25 mai 2011

*L'IRSN recueille et analyse régulièrement les données publiées relatives à la contamination de l'environnement terrestre après l'accident survenu à la centrale nucléaire de Fukushima Dai-ichi. La présente synthèse fournit un état des données récemment acquises, permettant d'actualiser la note d'information de l'IRSN publiée le 12 avril. La contamination du milieu marin est décrite dans une note d'information spécifique du 13 mai 2011.*

## 1. CONNAISSANCE DES DEPOTS RADIOACTIFS

Début mai, le Département américain de l'énergie (US-DOE/NNSA<sup>1</sup>) et le Ministère japonais de l'éducation, de la culture, des sports, de la science et de la technologie (MEXT<sup>2</sup>) ont conjointement publié une carte des dépôts de césium radioactif (activité surfacique des césiums 134 et 137, en becquerels par mètre carré - Bq/m<sup>2</sup>) autour de la centrale de Fukushima Dai-ichi (figure 1). Cette carte a été réalisée à partir des résultats de mesures radiologiques effectuées par campagnes aériennes (490 heures de vol) et de mesures effectuées au niveau du sol, notamment par spectrométrie gamma (136 points de mesure). L'IRSN ne dispose pas du détail de ces résultats de mesure.

Cette carte confirme que des dépôts radioactifs importants sont présents dans une zone d'une cinquantaine de kilomètres de long et d'une vingtaine de kilomètres de large, au nord-ouest de la centrale de Fukushima Dai-ichi. Dans cette zone, l'activité de l'ensemble des deux isotopes radioactifs du césium (<sup>137</sup>Cs et <sup>134</sup>Cs, contribuant approximativement à part égale à cette activité totale) dépasse 600 000 becquerels par mètre carré (Bq/m<sup>2</sup>) et atteindrait entre 3 et 30 millions de Bq/m<sup>2</sup> dans la partie centrale de cette zone ayant reçu les dépôts les plus intenses. Les entités administratives (communes) dont le territoire est partiellement concerné par ces dépôts les plus élevés (supérieurs à 3 millions de Bq/m<sup>2</sup> en <sup>137</sup>Cs et <sup>134</sup>Cs), sont :

- Futaba, Okuma, Obioka, toutes 3 intégralement à moins de 20 km de la centrale ;
- Namie, en grande partie dans la zone des 20 km ;
- Iitate, Katsurao, Minamisoma et Kawamata (très partiellement pour cette dernière), toutes à plus de 20 km de la centrale.

Les mesures ponctuelles effectuées sur des échantillons de sol prélevés en divers lieux de la commune d'Iitate (université d'Hiroshima, ACRO) donnent des résultats compris entre 800 000 et 4 000 000 Bq/m<sup>2</sup> pour les césiums, valeurs cohérentes avec la cartographie effectuée conjointement par le DOE/NNSA et le MEXT.

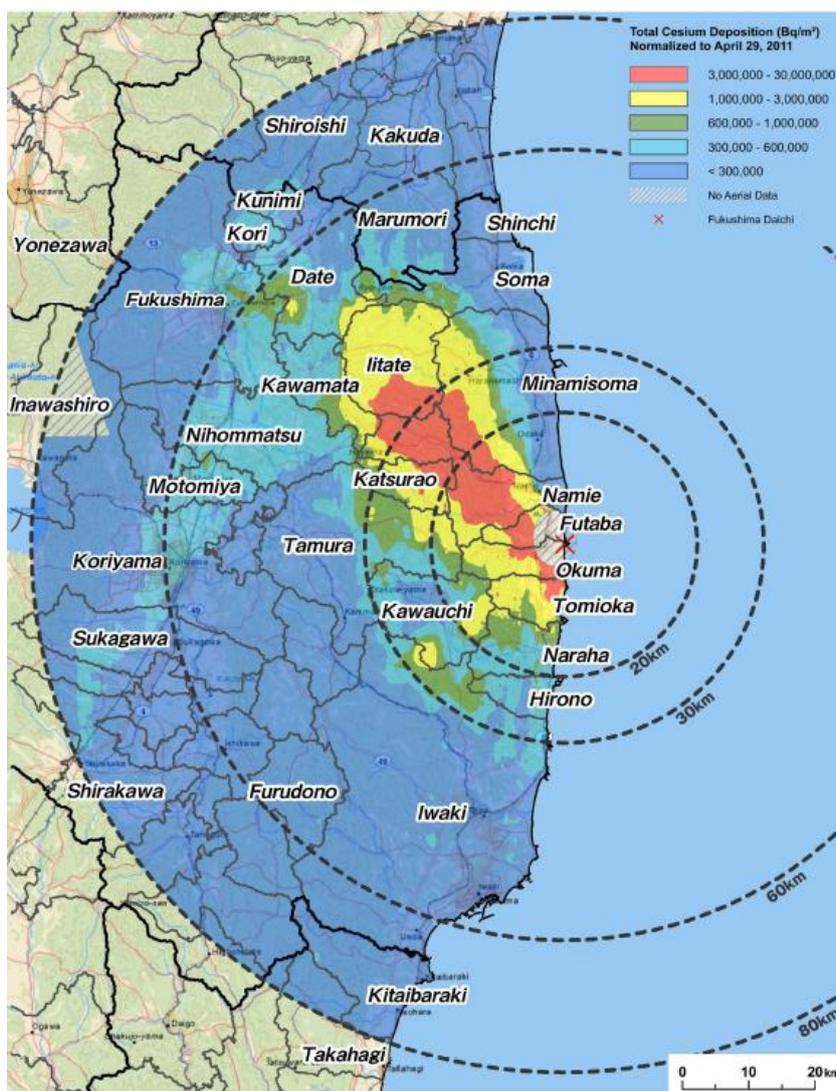
En interprétant l'évolution dans le temps du débit de dose ambiant mesuré par les diverses balises implantées dans la préfecture de Fukushima, l'IRSN considère que ces dépôts importants se seraient

---

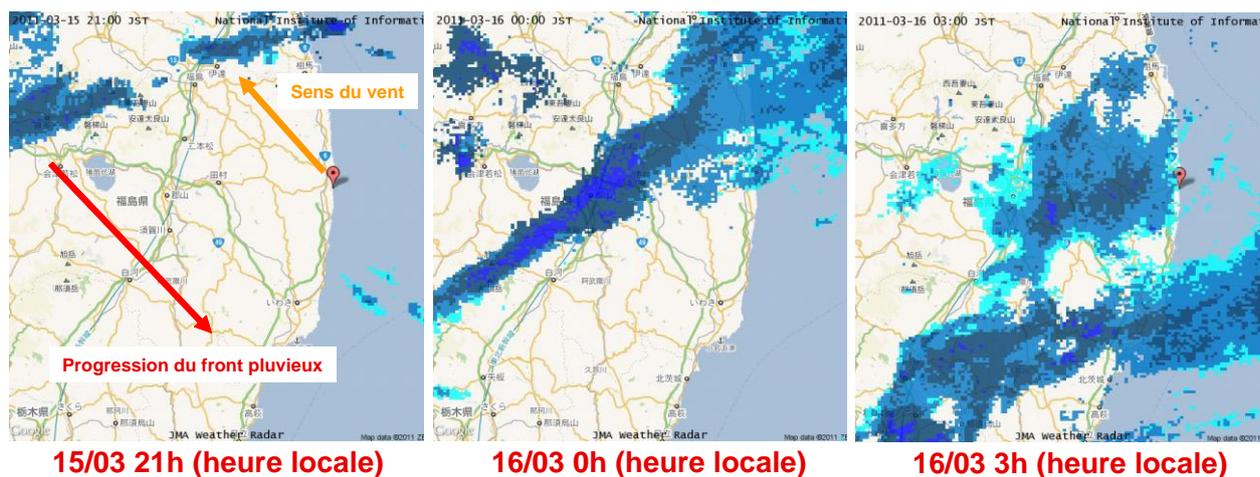
<sup>1</sup> US Department of Energy, National Nuclear Security Administration

<sup>2</sup> Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology

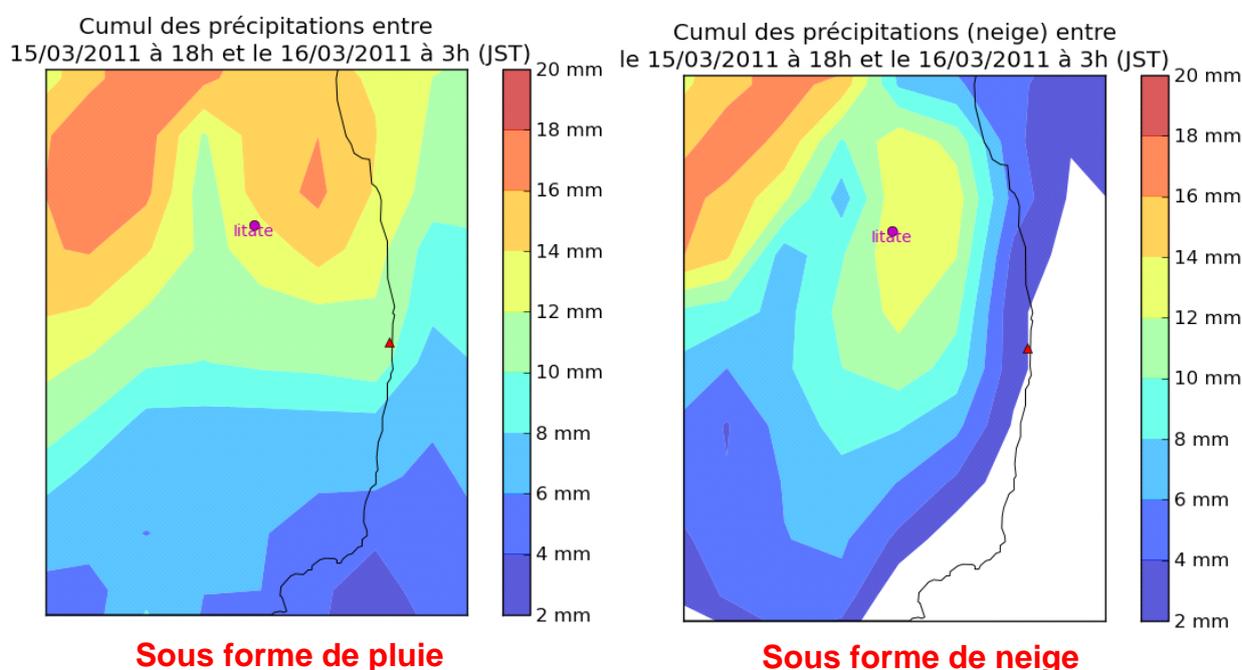
formés lors d'un épisode de rejets radioactifs émis par la centrale de Fukushima Dai-ichi le 15 mars 2011, approximativement entre 13h et 23h. Ces rejets auraient été dispersés en direction du nord-ouest, alors que de fortes précipitations pluvieuses et neigeuses se produisaient, notamment sur le village d'Iitate (figures 2 et 3). Ces précipitations ont provoqué le lessivage des particules radioactives de l'air, entraînant ainsi un dépôt humide beaucoup plus intense que le dépôt sec formé lors de la dispersion du panache radioactif ([voir note d'information IRSN du 12 avril 2011](#)). Ce dépôt humide a pour partie pénétré dans le sol pour y laisser une forte contamination rémanente à l'origine de l'élévation importante du débit de dose ambiant mesuré dans ce secteur à partir du 16 mars (voir figure 4 ci-après).



**Figure 1** - Cartes de dépôts cumulés en  $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$  dans un rayon de 80 km autour de la centrale.  
Source : [www.mext.go.jp/english](http://www.mext.go.jp/english) et <http://blog.energy.gov/content/situation-japan>.



**Figure 2** - Progression du front pluvio-neigeux dans la nuit du 15 au 16 mars 2011 dans la région de Fukushima (observations par radar).



**Figure 3** - Estimation du cumul des précipitations pluvieuses (carte de gauche) et neigeuses (carte de droite) dans la nuit du 15 au 16 mars 2011 (données issues du modèle du Centre Européen de Prévision Météorologique à Moyen Terme (CEPMMT), fournies par Météo France).

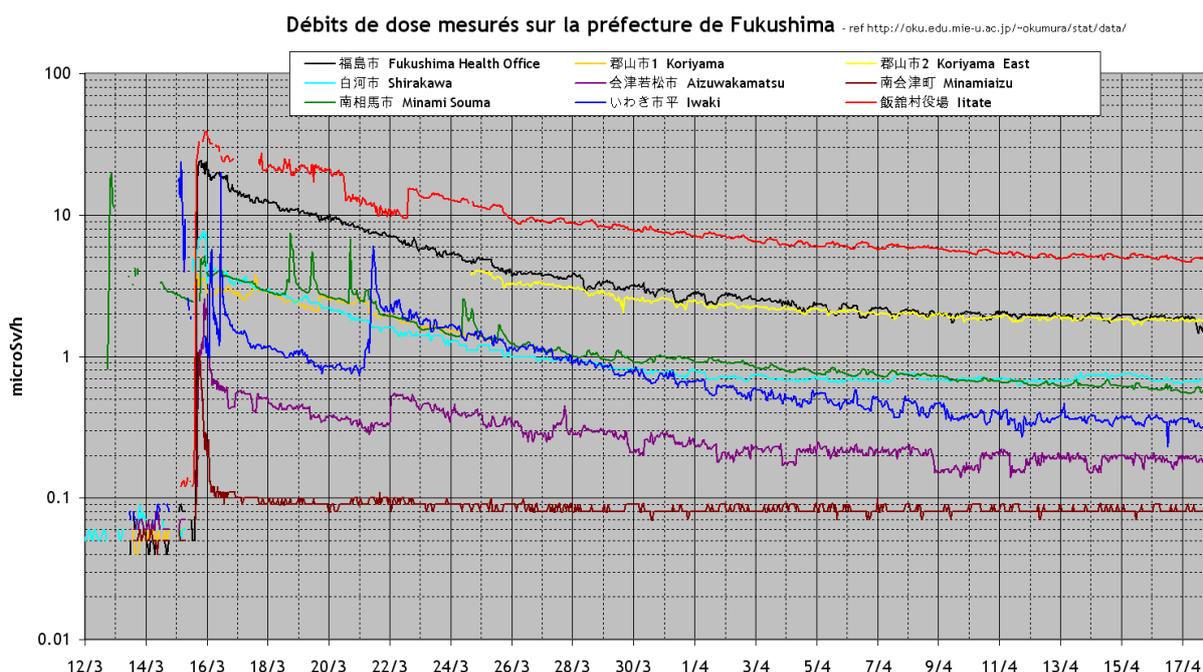
## 2. CONTAMINATION DE L'AIR ET RAYONNEMENT GAMMA AMBIANT

Les résultats de mesure du rayonnement gamma ambiant sur le territoire japonais sont la principale source d'information dont dispose l'IRSN pour suivre la dispersion atmosphérique des rejets accidentels survenus depuis le 12 mars et la formation des dépôts par les retombées au sol des particules radioactives de l'air. En effet, il existe très peu de résultats de mesure directe de la contamination radioactive de l'air, les principaux venant de la station de prélèvements d'aérosols de Tokyo-Shinjuku, à 250 km au sud-sud-ouest de la centrale de Fukushima Dai-ichi.

L'interprétation de ces résultats indique que les rejets les plus importants se sont produits entre le 12 et le 22 mars et sont à l'origine des dépôts radioactifs observés dans les territoires touchés par

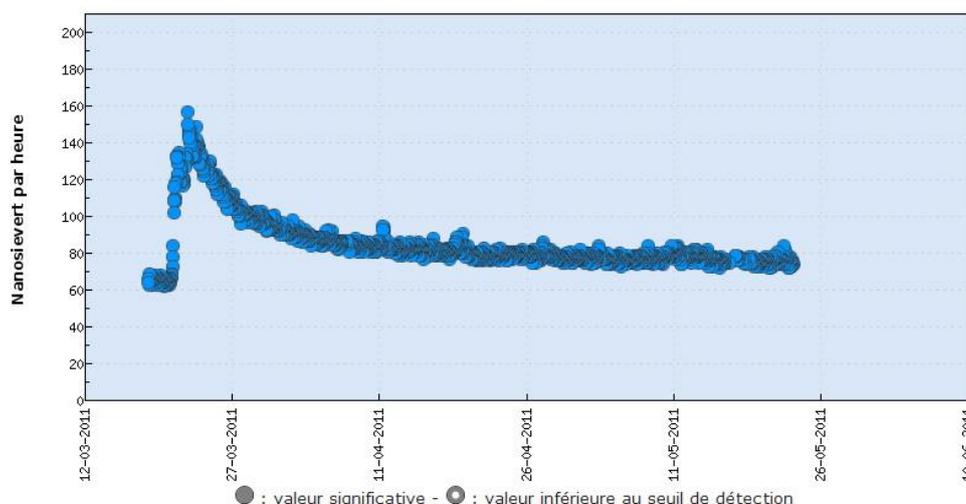
les panaches radioactifs, y compris dans la région de Tokyo. Sur cette période, la plupart des balises de mesure du rayonnement gamma ambiant (débit de dose exprimé en microsievert par heure -  $\mu\text{Sv/h}$ ) montrent une succession de pics de courte durée (de l'ordre de quelques heures) et une élévation du bruit de fond de rayonnement ambiant provoqué par l'accumulation des dépôts radioactifs (pour plus d'explications, voir la note d'information IRSN du 12 avril).

Après le 22 mars, et encore maintenant, des rejets atmosphériques ont dû se poursuivre, mais à des niveaux beaucoup plus faibles (figure 4) : les pics de rayonnement gamma ambiant sont plus rarement observés par les balises de mesure et il est constaté une tendance générale à la décroissance du bruit de fond radiologique ambiant, indiquant que les retombées radioactives survenues depuis fin mars sont trop faibles pour compenser la décroissance radioactive des radionucléides à vie courte (iode 131, tellure 132, iode 132...).



**Figure 4** - Évolution du débit de dose ambiant mesuré dans plusieurs communes de la préfecture de Fukushima. La différence de niveau de rayonnement ambiant (presque un facteur 100 entre Iitate et Minamiaizu) est due à l'importance variable des dépôts radioactifs. La tendance générale à la diminution au cours de cette période d'observation résulte de la disparition progressive des radionucléides à vie courte. A Minami Souma, situé au nord de la centrale accidentée, un premier pic de débit de dose est détecté dès le 12 mars, correspondant aux premiers rejets du réacteur n° 1 qui se sont dispersés vers le nord puis le Pacifique et ont peu touché les terres japonaises.

A Tokyo, le débit de dose ambiant mesuré depuis le 18 mars par la balise TELERAY installée par l'IRSN à l'Ambassade de France à Tokyo a décru régulièrement depuis le 22 mars pour atteindre un niveau relativement stable, inférieur à  $0,08 \mu\text{Sv/h}$  (figure 5). Quelques pics de faible amplitude ont été observés sur la période avril-mai, correspondant à de faibles variations de la pollution radioactive de l'air à Tokyo (au cours de la première quinzaine de mai, la concentration du césium radioactif dans l'air a varié entre moins de  $1 \text{ mBq/m}^3$  à quelques  $\text{mBq/m}^3$ ).



**Figure 5** - Évolution du débit de dose ambiant mesuré par la balise TELERAY installée par l'IRSN à l'ambassade de France à Tokyo (1 nanosievert par heure = 0,001  $\mu$ Sv/h).

Compte tenu de ces éléments, l'IRSN considère que les rejets radioactifs dans l'air qui continuent d'être émis par la centrale de Fukushima Dai-ichi entraînent des doses négligeables pour la population. Outre le risque de contamination interne en cas d'ingestion de denrées contaminées, la principale voie d'exposition actuelle est l'irradiation externe par le dépôt radioactif qui s'est formé au cours du mois de mars (cf. § 1 ci-dessus). Dans sa note d'information du 12 avril, l'IRSN avait fait une première estimation des doses susceptibles d'être reçues par les personnes qui continueraient de séjourner pendant un an dans les territoires où les dépôts radioactifs sont les plus importants, au nord-ouest du site de Fukushima Dai-ichi. Les nouvelles cartographies des dépôts radioactifs et des débits de doses ambiants publiées par le DOE/NNSA et le MEXT courant avril et début mai confirment l'importance des doses qui pourraient être prises sur ces territoires à moyen terme (pour en savoir plus, [lire la note d'information de l'IRSN publiée le 23 mai](#)).

### 3. EVOLUTION DE LA CONTAMINATION DES DENREES AGRICOLES

#### *3.1. Dans les communes ayant reçu les dépôts radioactifs les plus importants*

Des prélèvements de denrées agricoles sont régulièrement effectués sur le territoire japonais au-delà de 20 km de la centrale et les résultats sont communiqués par le ministère de la santé du travail et du bien-être (MLHW<sup>3</sup>).

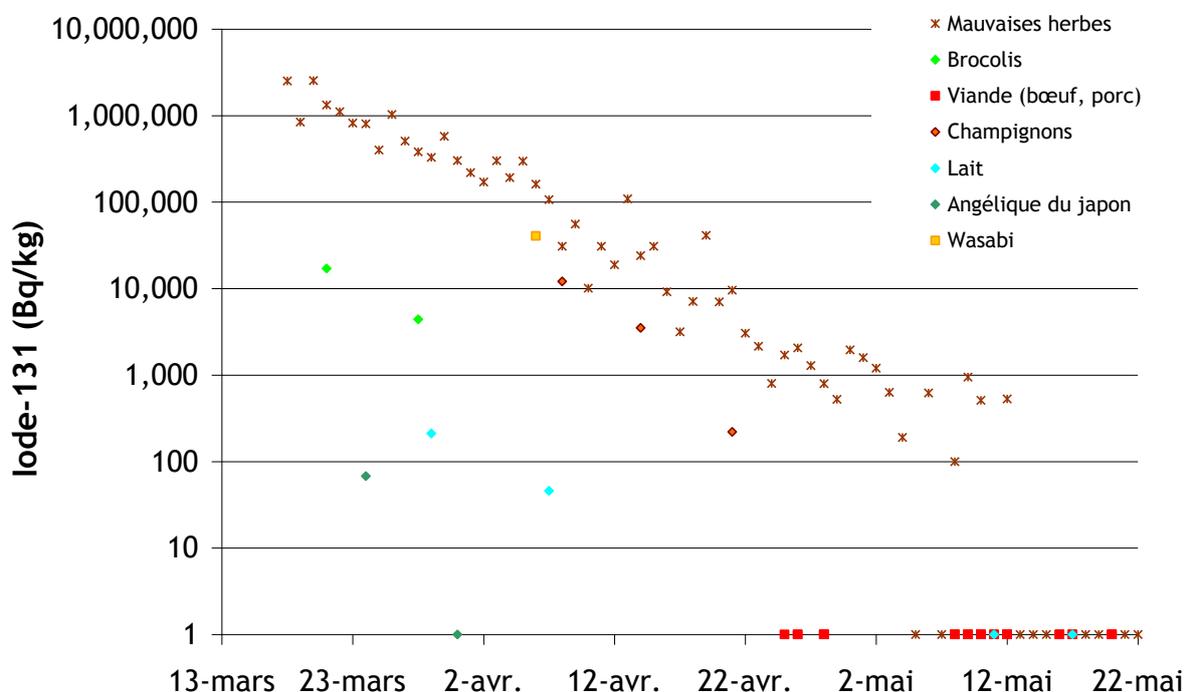
Dans les communes dans lesquelles les dépôts en  $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$  sont partout supérieurs à 1 million de Bq/m<sup>2</sup> (Iitate, Katsurao et Namie, dont seule une partie est au-delà du rayon de 20 km), les résultats de mesure sur les denrées agricoles sont peu nombreux ; ils ne concernent que 33 prélèvements sur un total d'environ 3400 prélèvements sur l'ensemble du Japon. Les données sont particulièrement rares pour le premier mois (mi-mars à mi-avril). Ainsi, le premier prélèvement de champignon date du 8 avril, le premier prélèvement de viande du 28 avril et il n'y a aucun résultat pour les épinards. Le fait qu'il s'agisse d'une zone majoritairement montagneuse et forestière, donc probablement relativement peu agricole, pourrait expliquer ce faible nombre de données.

<sup>3</sup> Ministry of Health, Labour and Welfare

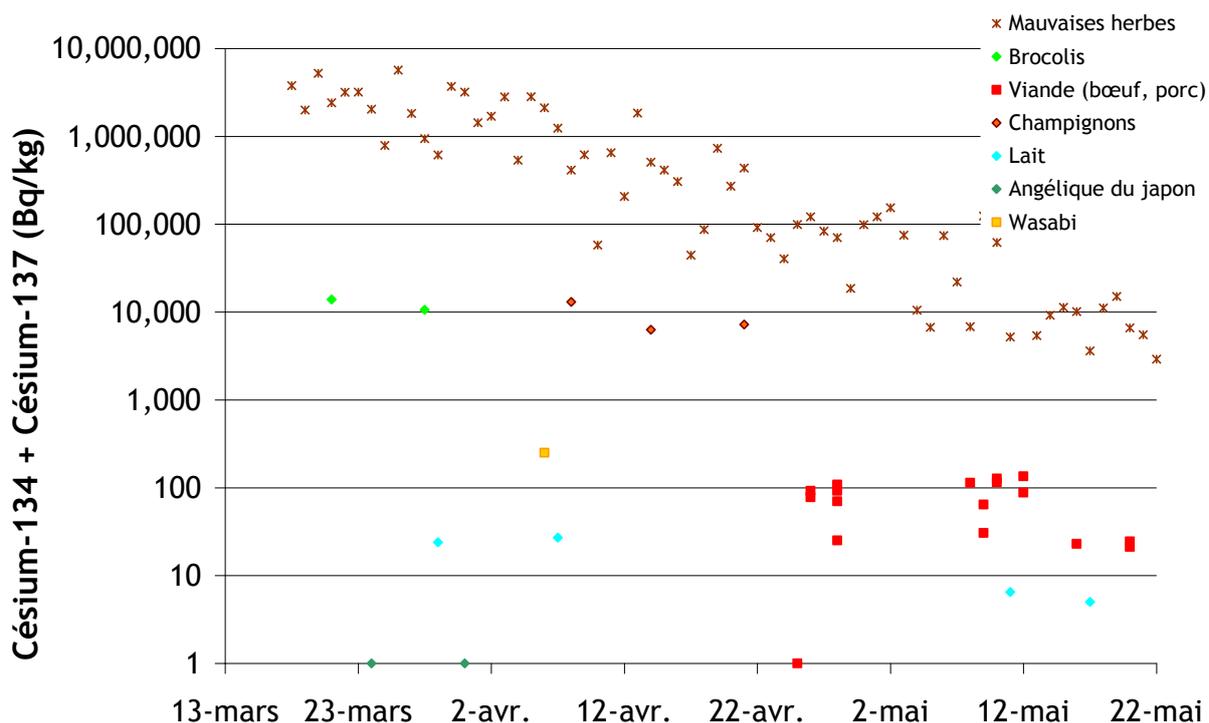
Les résultats de mesure sont plus nombreux pour les « mauvaises herbes » prélevées dans cette zone. Selon le MEXT qui publie ces résultats, il s'agit de plantes dont la contamination par les retombées radioactives pourrait être similaire à celle des légumes à feuilles.

Les graphiques des figures 6 et 7 représentent l'évolution de la contamination en iode 131 et en césiums radioactifs ( $Cs^{134}+Cs^{137}$ ) de l'ensemble des échantillons mesurés dans ces 3 entités administratives. Ils montrent que des concentrations élevées en iode et césiums radioactifs ont été atteintes dans les « mauvaises herbes » (plusieurs millions de Bq/kg) en mars. La contamination en césium est restée à ce niveau jusqu'à mi-avril et a progressivement décru sous l'effet de la croissance végétale, pour atteindre de l'ordre de 10 000 Bq/kg à la mi-mai. La contamination en iode 131 a diminué rapidement par décroissance radioactive et est passée en dessous de 1000 Bq/kg à partir de début mai.

La contamination des denrées mesurées dans cette zone semble globalement plus faible, sauf pour les champignons. Cela pourrait s'expliquer par la forme des plantes analysées (le brocoli a une moindre faculté d'intercepter le dépôt atmosphérique, surtout sous forme humide) ou par le mode d'alimentation du bétail (par du fourrage sain) dont les produits (lait, viande) sont peu contaminés.



**Figure 6-** Évolution de la concentration en iode 131 (en Bq/kg frais ou en Bq/L pour le lait) mesurée dans des denrées et végétaux sauvages prélevés depuis le 20 mars dans les trois entités administratives ayant reçu les dépôts radioactifs les plus importants (Iitate village, Katsurao et Namie). Source : ministères japonais (MEXT pour les données « mauvaises herbes », MLHW pour les autres données). Par convention, les mesures « non détectables » sont représentées à une valeur de 1 Bq/kg.

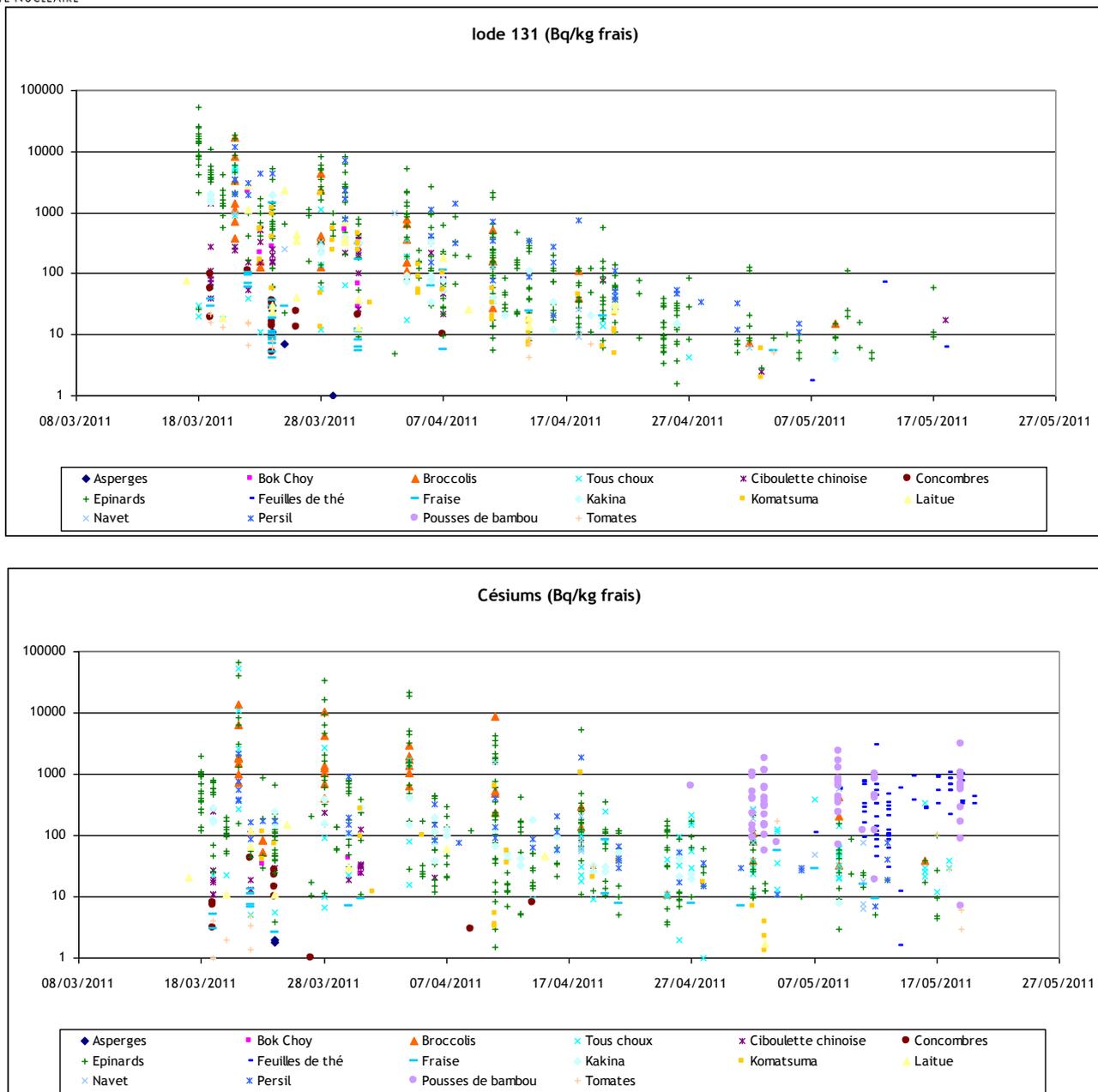


**Figure 7** - Évolution de la concentration en césiums radioactifs ( $Cs^{134}+Cs^{137}$  en Bq/kg frais ou en Bq/L pour le lait) mesurée dans des denrées et végétaux sauvages prélevés depuis le 20 mars dans les trois entités administratives ayant reçu les dépôts radioactifs les plus importants (litate village, Katsurao et Namie). Source : ministères japonais (MEXT pour les données « mauvaises herbes », MLHW pour les autres données). Par convention, les mesures « non détectables » sont représentées à une valeur de 1 Bq/kg.

### 3.2. Dans l'ensemble des préfectures soumises à surveillance

- Les légumes et autres denrées végétales

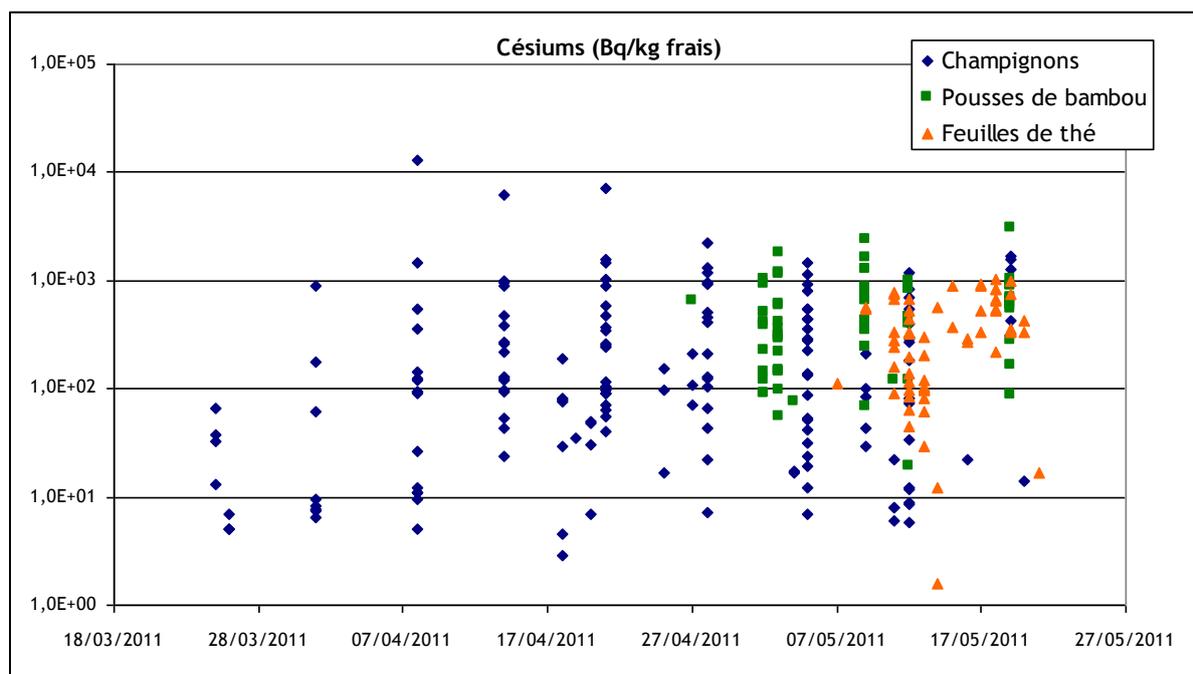
Pour la grande majorité des légumes issus des différentes préfectures soumises à surveillance, les concentrations en iode 131 et en césiums sont désormais inférieures aux limites de consommation japonaise, qui sont fixées à 2000 Bq/kg en iode 131 et 500 Bq/kg en césiums. Par exemple, l'iode 131 et les césiums ne sont plus détectés le 20 mai dans les épinards de plein champ prélevés à Ibaraki-Hitachinaka et Ibaraki-Takahagi, alors que des concentrations en césiums de 15020 à 54000 Bq/kg avaient été mesurées le 18 mars dans ces denrées. Les deux graphiques de la figure 8 montrent l'évolution des concentrations en iode 131 et en césiums observées dans les légumes entre le 18 mars et le 19 mai. Outre de fortes variations des concentrations mesurées à une date donnée, liées à la provenance et au type de légume analysé, on constate une nette tendance à la diminution des concentrations en iode 131, qui sont de l'ordre de 1000 fois plus faibles au bout de 2 mois. La diminution des concentrations en césiums est moins marquée, mais les derniers résultats obtenus en mai n'excèdent généralement pas quelques dizaines à centaines de Bq/kg.



**Figure 8** - Évolution des concentrations en iode 131 et en césiums radioactifs ( $Cs^{134}+Cs^{137}$ ) mesurées dans les légumes au Japon du 18 mars au 19 mai 2011. Source : ministère japonais (MLHW).

Toutefois, certaines denrées végétales présentent toujours une contamination significative résultant des retombées radioactives de mars (figure 9). Il s'agit :

- des pousses de bambou : les échantillons prélevés dans la préfecture de Fukushima au cours du mois de mai présentent des concentrations en césiums ( $Cs^{134}+Cs^{137}$ ) allant de plusieurs centaines à plusieurs milliers de Bq/kg (3100 Bq/kg mesuré le 19 mai dans un échantillon venant de Minamisoma-shi, au nord de la centrale accidentée), mais l'iode 131 n'y est pas détecté ;
- des feuilles de thé : les feuilles fraîchement récoltées dans plusieurs préfectures, certaines éloignées de près de 300 km de la centrale de Fukushima Dai-ichi, présentent une contamination en césiums pouvant atteindre plusieurs centaines de Bq/kg et dépasser parfois le millier de Bq/kg (par exemple, 3000 Bq/kg dans des feuilles de thé prélevées le 12 mai à Minamiashigara-shi, dans la préfecture de Kanagawa située au sud de l'agglomération de Tokyo). L'iode 131 n'est pratiquement jamais détecté dans ces échantillons, sauf occasionnellement à l'état de traces ;
- des champignons : les mesures effectuées en mai dans des champignons (shiitake) récoltés dans la préfecture de Fukushima indiquent des concentrations en césiums ( $Cs^{134}+Cs^{137}$ ) allant de plusieurs centaines à plus d'un millier de Bq/kg (1660 Bq/kg mesuré le 19 mai dans un échantillon venant de Souma-shi, au nord de la préfecture) ; l'iode 131 n'y est plus détecté depuis le 10 mai.



**Figure 9** - Concentrations en césiums radioactifs ( $Cs^{134}+Cs^{137}$ ) mesurées dans les champignons, les feuilles de thé fraîches et les pousses de bambou. Source : ministère japonais (MLHW).

Pour ces catégories de denrées, des dépassements de la limite de consommation japonaise pour les césiums (500 Bq/kg) sont encore constatés, justifiant la poursuite d'une surveillance régulière. La persistance d'une contamination significative en césium dans ces catégories de produits n'est pas la conséquence de rejets radioactifs récents venant de la centrale de Fukushima, mais résulte d'une sensibilité particulière aux retombées radioactives du mois de mars, liée à la physiologie spécifique de ces végétaux.

### La viande et le lait

D'une manière générale, les niveaux de concentration observés dans le lait et la viande venant des différentes préfectures exposées aux retombées radioactives sont relativement faibles.

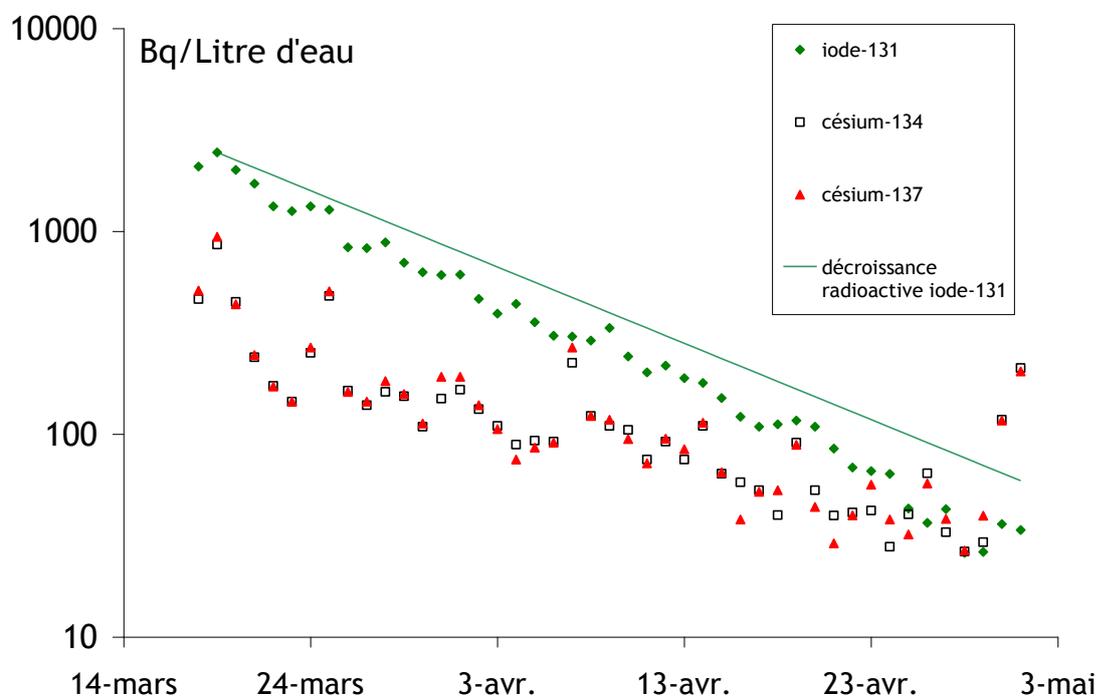
Plusieurs mesures ont été effectuées dans les viandes de bœuf et de porc dans la préfecture de Fukushima. L'iode 131 n'y est pas détecté. Les prélèvements de porc de Minamisoma (9 mai) et Namie (12 mai) présente des activités en césiums variant de 52 à 260 Bq/kg frais. Les prélèvements de bœuf de Namie (10 mai) et de Kawamata (11 mai) présentent des activités plus élevées mais toujours inférieures aux limites de consommation (223 à 395 Bq/kg frais). Entre le 16 et le 20 mai, la concentration en césiums dans la viande de porc prélevée dans la préfecture de Fukushima varie entre 3,4 et 270 Bq/kg frais.

Depuis le début du mois de mai, l'iode 131 et les césiums ne sont plus détectés dans le lait cru et les produits laitiers, à l'exception de deux prélèvements de lait réalisés le 10 mai dans la préfecture de Miyagi (Tome et Osaki) où les césiums ont été mesurés à des concentrations de 4 et 12 Bq/L, et d'un prélèvement effectué le 17 mai à Iitate dans lequel les césiums ont une concentration de 5 Bq/L.

## 4. EVOLUTION DE LA CONTAMINATION DANS LES EAUX DE SURFACE ET DANS L'EAU POTABLE

### 4.1. Eaux de surface

Le MEXT publie régulièrement des résultats de mesure sur des prélèvements d'eau de surface effectués dans un plan d'eau (« pond ») située à 36 km au nord-ouest de la centrale de Fukushima Dai-ichi, dans l'entité administrative d'Iitate village. La chronique des résultats du 18 mars au 1<sup>er</sup> mai est présentée en figure 10.



**Figure 10** - Évolution des concentrations en césium 134, césium 137 et iode 131 mesurées dans des eaux de surface (plan d'eau d'Iitate Village - Source : MEXT).

Ces résultats montrent une tendance à la disparition de l'iode 131 par décroissance radioactive et une évolution plus irrégulière des césiums, globalement à la baisse mais avec des pics de concentration, notamment début mai. Ces pics pourraient être la conséquence d'apports de contamination par lessivage des dépôts radioactifs, lors d'épisodes pluvieux.

#### ***4.2. Eaux potables***

Depuis début mai, les résultats de mesure de l'iode 131 et des césiums dans l'eau potable sont généralement inférieurs aux limites de détection des techniques analytiques utilisées. Au début du mois, seuls les prélèvements d'eau du robinet effectués au sein des préfectures d'Ibaraki, de Tochigi et de Tokyo présentaient parfois des activités positives, comprises entre 0,1 et 0,4 Bq/L. Plus récemment, le 20 mai, une concentration en césiums de 0,44 Bq/L a été mesurée dans l'eau potable de Saitama. Dans tous les cas, il s'agit de traces très largement inférieures aux limites de consommation applicables au Japon, qui sont respectivement de 300 Bq/L et 200 Bq/L pour l'iode 131 et les césiums radioactifs.