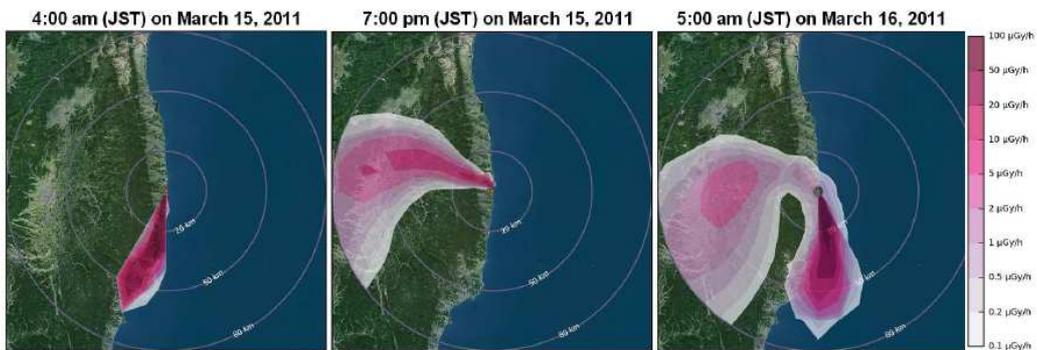


**Les conséquences sanitaires de l'accident de Fukushima**  
**Estimation des doses potentiellement reçues**  
**par la population japonaise**  
**Point de la situation en décembre 2013**

L'IRSN a mené diverses évaluations des rejets radioactifs atmosphériques provoqués par l'accident de Fukushima Dai-ichi survenu le 11 mars 2011, ainsi que de leurs conséquences sur le milieu terrestre japonais. Ces évaluations se sont appuyées sur les outils de crise développés par l'IRSN et les nombreuses informations et données techniques progressivement publiées au Japon. Par ailleurs, l'IRSN a recueilli et interprété les résultats des mesures radiologiques effectuées sur des denrées d'origine terrestre, publiés à ce jour par le Ministère japonais de la santé.

D'après ces évaluations, la phase principale de rejet aurait duré du 12 au 25 mars 2011 et aurait impacté les terres japonaises en deux épisodes, le premier les 15 et 16 mars (figure 1), au cours duquel se sont formés les principaux dépôts radioactifs, et le second du 20 au 23 mars, de plus faible importance (figure 2). Les dépôts radioactifs les plus importants se trouvent au nord-ouest de la centrale accidentée, jusqu'à plusieurs dizaines de kilomètres. Des dépôts plus faibles se sont répartis de manière discontinue jusqu'à plus de 250 km. Initialement composés majoritairement de radionucléides à vie courte, ces dépôts ont vu leur activité rapidement décroître au cours des semaines suivantes. A partir de l'été 2011, les césiums 134 et 137 sont devenus les principaux constituants des dépôts rémanents.

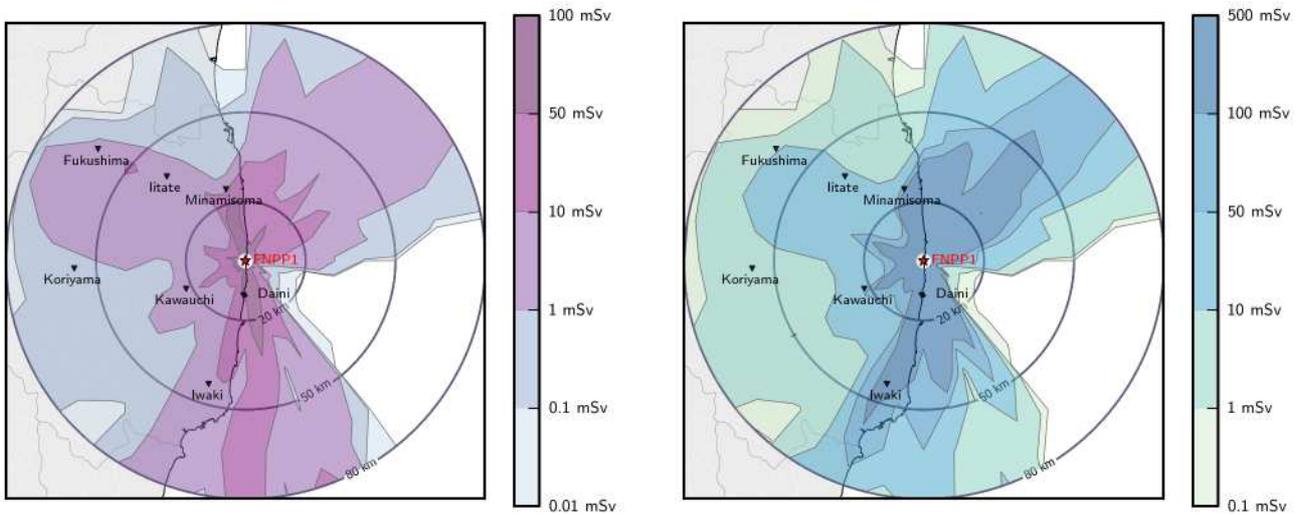


*Figure 1 : Modélisation du débit de dose ambiant résultant de la dispersion atmosphérique des rejets de l'accident de Fukushima le 15 mars et le 16 mars matin (hors contribution des dépôts radioactifs - modèle IRSN pX, échelle locale), illustrant le premier épisode de contamination sur l'île de Honshu.*



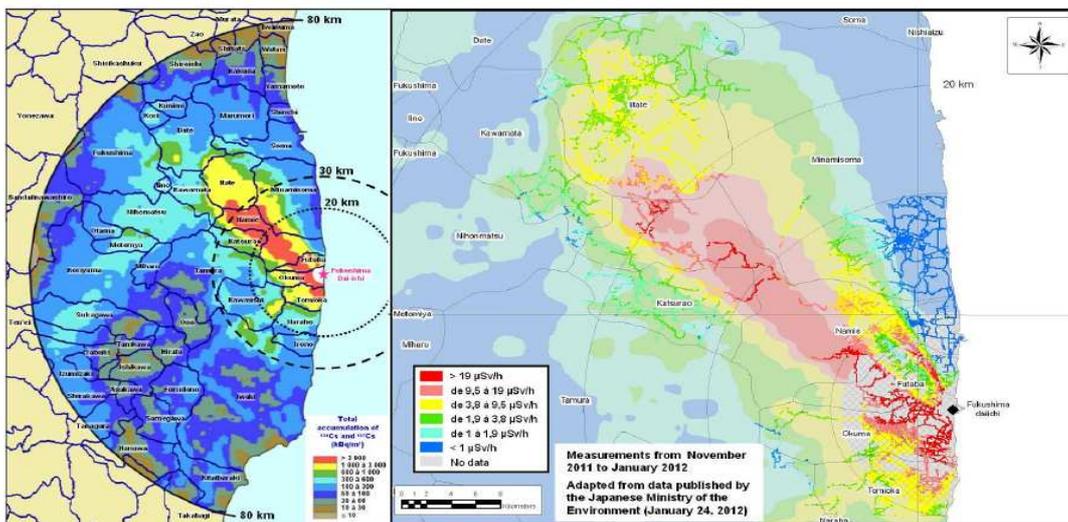
*Figure 2 : Modélisation du débit de dose ambiant résultant de la dispersion atmosphérique des rejets de l'accident de Fukushima entre le 20 et le 22 mars (hors contribution des dépôts radioactifs - modèle IRSN pX, échelle locale), illustrant le second épisode de contamination sur l'île de Honshu.*

Les estimations dosimétriques de l'IRSN indiquent que pendant la phase de rejet atmosphérique, les doses dues à l'exposition au panache radioactif, en l'absence de protection, auraient été potentiellement les plus élevées pour les personnes qui se seraient trouvées dans les zones côtières situées jusqu'à quelques dizaines de kilomètres au nord et au sud de la centrale accidentée (figure 3).



**Figure 3 :** Cartographie des doses efficaces (carte de gauche) et des doses équivalentes à la thyroïde (carte de droite) potentiellement reçues par un enfant de un an qui serait resté sans protection pendant la phase de rejet de l'accident de Fukushima (modèle pX de l'IRSN, d'après Korsakissok et al, 2013).

Par la suite, compte tenu de la répartition spatiale des dépôts radioactifs (figure 4), ce sont les populations résidant jusqu'à une cinquantaine de kilomètres au nord-ouest de la centrale, au-delà de la zone d'évacuation d'urgence des 20 km, qui étaient potentiellement les plus exposées dans la durée aux rayonnements gamma émis par ces dépôts rémanents.



**Figure 4 :** Cartes de la zone principale des retombées radioactives résultant de l'accident de Fukushima : à gauche, carte des dépôts cumulés de césium-134 et de césium-137 ; à droite, carte du débit de dose ambiant.

Pour ce qui concerne la contamination des denrées alimentaires au Japon, l'interprétation des résultats de mesures publiés met en évidence l'influence déterminante de la date de l'accident, des pratiques de culture et d'élevage au Japon et des caractéristiques des dépôts.

Ainsi, la date des retombées radioactives, très précoce au regard du calendrier de culture et d'élevage, explique largement la contamination modérée de la plupart des denrées d'origine terrestre, notamment dans les zones de dépôts les plus importants. Dans le cas des produits laitiers et de la viande, cet effet de calendrier a été renforcé par la pratique, courante au Japon, d'alimenter les animaux en stabulation au moyen de fourrages importés. Les résultats de mesure publiés au Japon ont par ailleurs confirmé la sensibilité particulière des produits forestiers : champignons, y compris cultivés, gibier et pousses de plantes (crosses de fougères, pousses d'aralia, de Koshiabura...).

Une évaluation des doses potentiellement reçues par les populations qui résidaient dans les territoires les plus touchés par les dépôts radioactifs, et qui auraient pu ingérer des denrées locales contaminées, a été menée par l'IRSN en retenant des hypothèses de consommation pénalisantes mais néanmoins possibles. D'après ces estimations, ces doses auraient été considérablement plus faibles que ce qu'elles auraient pu être en d'autres circonstances, en raison des niveaux de contaminations globalement modérés pour la plupart des denrées, de l'évacuation précoce des territoires les plus touchés et des interdictions de consommation prescrites par les autorités japonaises.

Ces différentes évaluations permettent de mettre en perspective les enjeux dosimétriques pour la population au Japon, lors de l'accident de Fukushima et par la suite :

- pendant la phase de rejet (12 au 25 mars 2011), des doses efficaces dépassant 50 mSv (niveau d'intervention applicable en France pour l'évacuation d'urgence des populations) auraient pu être atteintes à l'intérieur d'un rayon de 20 km, majoritairement dues à l'exposition interne par inhalation de substances radioactives (de 70 à 80%, selon le lieu) et secondairement, de l'exposition externe au dépôt (de 15 à 20%) ;
- au cours de cette période, compte tenu des conditions météorologiques, les doses estimées auraient commencé à devenir significatives à partir du 15 mars, date à laquelle les autorités japonaises annoncent avoir achevé l'évacuation d'urgence des quelques 80 000 personnes qui résidaient dans la zone des 20 km, décidée dès le 12 mars. Ainsi, il est probable que les doses les plus importantes ont pu être évitées pour cette population. Il s'agit là d'une différence importante par rapport à ce qui s'est passé autour du site de Tchernobyl lors de l'accident de 1986 ;
- compte tenu de l'abondance des radionucléides à vie courte dans les dépôts initialement formés, une dose dépassant 10 mSv (valeur guide retenue en France pour l'éloignement des populations en situation post-accidentelle) aurait pu être reçue au terme du premier mois ayant suivi la formation des dépôts, par la population qui résidaient dans les territoires les plus contaminés au nord-ouest de la centrale accidentée, au-delà de la zone d'évacuation des 20 km (figure 5). Dans ces territoires, les doses par irradiation externe due au dépôt, en tenant compte de la protection apportée par les bâtiments, 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. Compte tenu du fait que l'évacuation de la population vivant dans ces territoires n'a débuté qu'après le 22 avril, on ne peut pas exclure que de tels niveaux de doses aient pu être réellement atteints ;

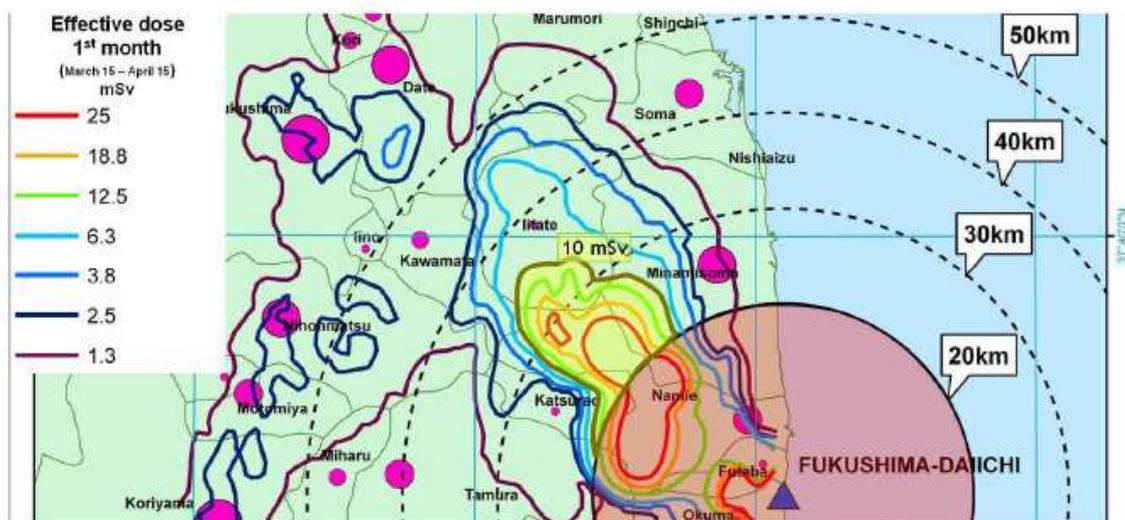


Figure 5 : Zone (en jaune) où les doses par exposition externe due aux dépôts radioactifs sont susceptibles d'avoir été supérieures à 10 mSv au terme du 1er mois suivant la formation des dépôts dans la préfecture de Fukushima.

- au cours des 12 mois suivants (15 avril 2011 - 15 avril 2012), les territoires où une dose potentielle due à l'exposition externe aux dépôts aurait pu dépasser 10 mSv correspondent approximativement à ceux qui ont donné lieu à une évacuation différée (après le 22 avril) ; il est donc probable que ces doses ont pu être évitées ;

- Entre le 5 novembre 2011 et le 11 mars 2013, le débit de dose dans l'air ambiant dû au rayonnement césium déposé, a diminué de 40% dans la zone des 80 km autour de la centrale accidentée. La moitié de cette diminution s'explique par la décroissance radioactive du césium 134. Plusieurs phénomènes ont également pu concourir à cette diminution : la chute des feuilles des arbres, la migration du césium de quelques centimètres supplémentaires dans les sols non remaniés, des labours qui conduisent à enfouir le césium, les diverses actions de réhabilitation engagées... Cette diminution a conduit à diminuer très significativement les surfaces concernées par les niveaux les plus élevés (figure 6)

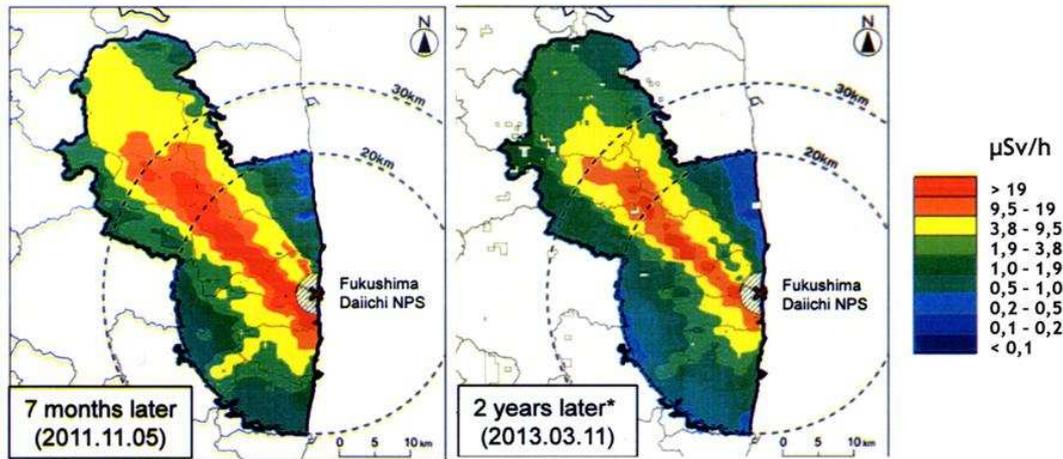


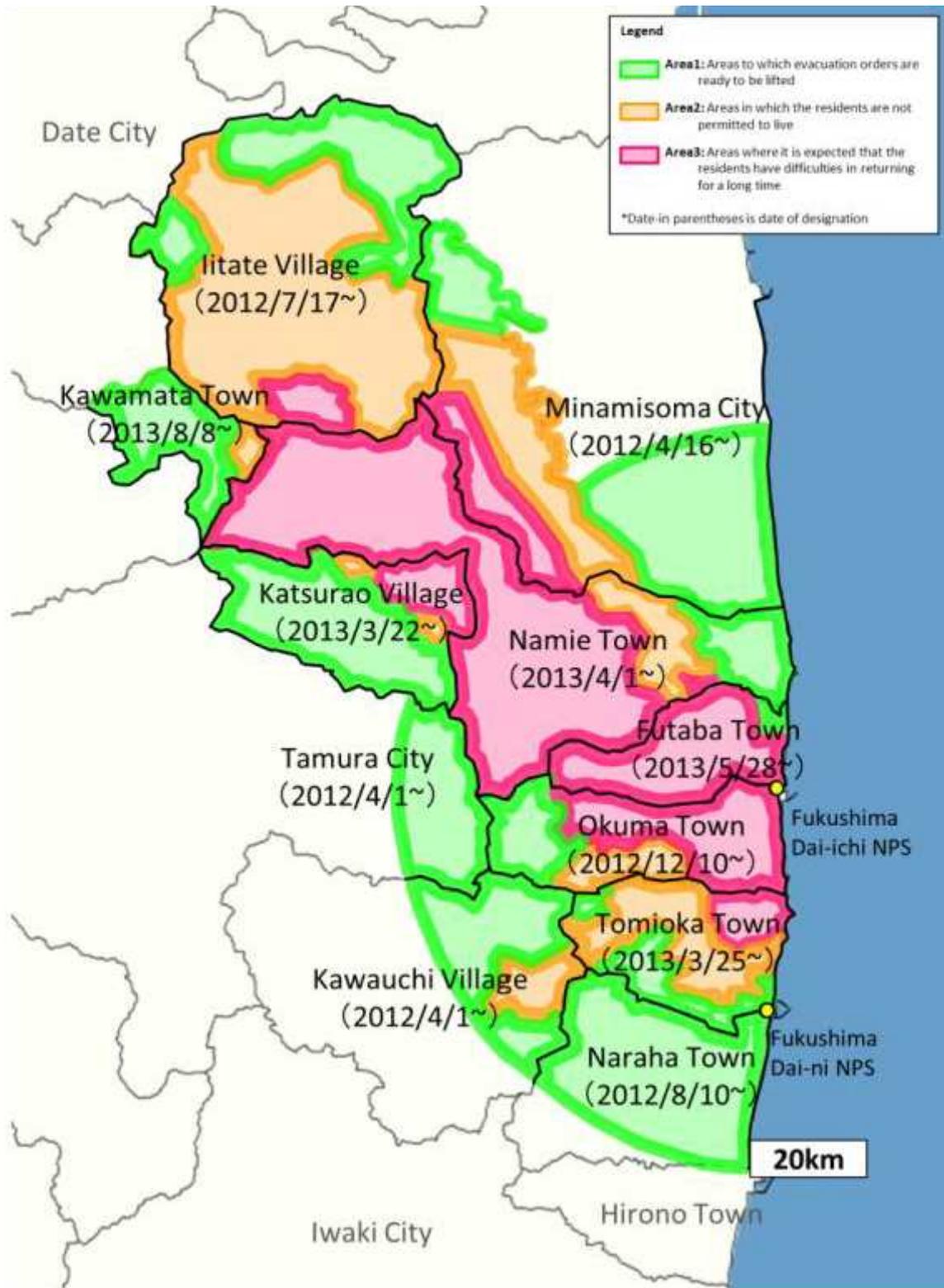
Figure 6 : Evolution du débit de dose dans l'air ambiant à 1 mètre au-dessus du sol entre novembre 2011 et mars 2013.

Comme attendu, c'est au cours des deux premiers mois suivant la formation des dépôts radioactifs que les doses dues à l'ingestion de denrées contaminées (principalement les légumes à feuilles) auraient pu être les plus élevées. Pour les personnes, probablement peu nombreuses, qui ont consommé plus ou moins régulièrement les produits les plus contaminés en iode 131 au cours du premier mois, les doses à la thyroïde ont pu atteindre quelques dizaines de mSv, voire dépasser 100 mSv. Ceci montre le bien-fondé de mettre très rapidement en place des mesures d'interdiction et de contrôle des denrées d'origine locale dans les territoires contaminés, comme recommandé en France par le CODIRPA ;

- compte tenu de la diminution rapide de la contamination des légumes à feuilles, des niveaux de contamination modérés constatés dans les autres catégories de denrées (y compris le lait et la viande) et des mesures d'interdiction et de contrôle prises par les autorités japonaises, les doses par ingestion potentiellement reçues au cours du reste de l'année 2011 ont été probablement faibles, estimées inférieures à 1 mSv.

Aujourd'hui, la contamination de la plupart des denrées agricoles ou d'élevage se situe en deçà de 10 à 20 Bq/kg, y compris celles provenant des zones les plus touchées non évacuées. Cependant, quelques cultures dont le riz et les graines de soja peuvent avoisiner la norme de commercialisation de 100 Bq/kg. Même en cas de consommation exclusive de produits locaux, la dose moyenne due à l'ingestion serait de l'ordre de 0,3 mSv/an, c'est-à-dire très inférieure à celle due à l'exposition externe aux dépôts radioactifs sur ces localités. En cas de non-respect des limites de commercialisation, seule une consommation répétée de produits forestiers (gibier, champignons et pousses de plantes sauvages) pourrait conduire à dépasser cette valeur. Sous réserve du maintien d'un dispositif de contrôle de la qualité radiologique des denrées produites dans les territoires impactés par l'accident, les doses susceptibles d'être reçues par les consommateurs de denrées locales devraient encore diminuer dans les années à venir.

En conclusion, ces éléments montrent que les doses auxquelles est exposée la population ont fortement diminué depuis l'accident. Désormais, ce sont principalement les doses dues à l'exposition externe aux dépôts qui vont contraindre dans la durée la gestion des territoires contaminés et la reconquête des zones évacuées. Sur la base de cette exposition externe, les autorités japonaises distinguent 3 zones (figure 7): une zone de 320 km<sup>2</sup> où le retour est difficilement envisageable à moyen terme (en rose), une zone de 300 km<sup>2</sup> où il est interdit de résider mais où l'accès peut être permis (en jaune pâle) et une zone de 460 km<sup>2</sup> où se prépare le retour des populations (en vert) qui représente 40% du territoire initialement évacué. Aujourd'hui, le débit de dose dans l'air extérieur sur cette dernière zone est inférieur à 3,8 µSv/h (le vert le plus clair de la figure 6) et le plus souvent inférieur à 1,9 µSv/h, garantissant une dose annuelle inférieure à 20 mSv pour les personnes qui reviendraient y vivre.



*Figure 7 : nouveau zonage des territoires évacués en date du 7 août 2013*