

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

L'accident de Fukushima 1 an après : situation environnementale et sanitaire au Japon

Didier CHAMPION

9 mars 2012

HCTISN
Haut Comité
pour la transparence
et l'information
sur la sécurité
nucléaire

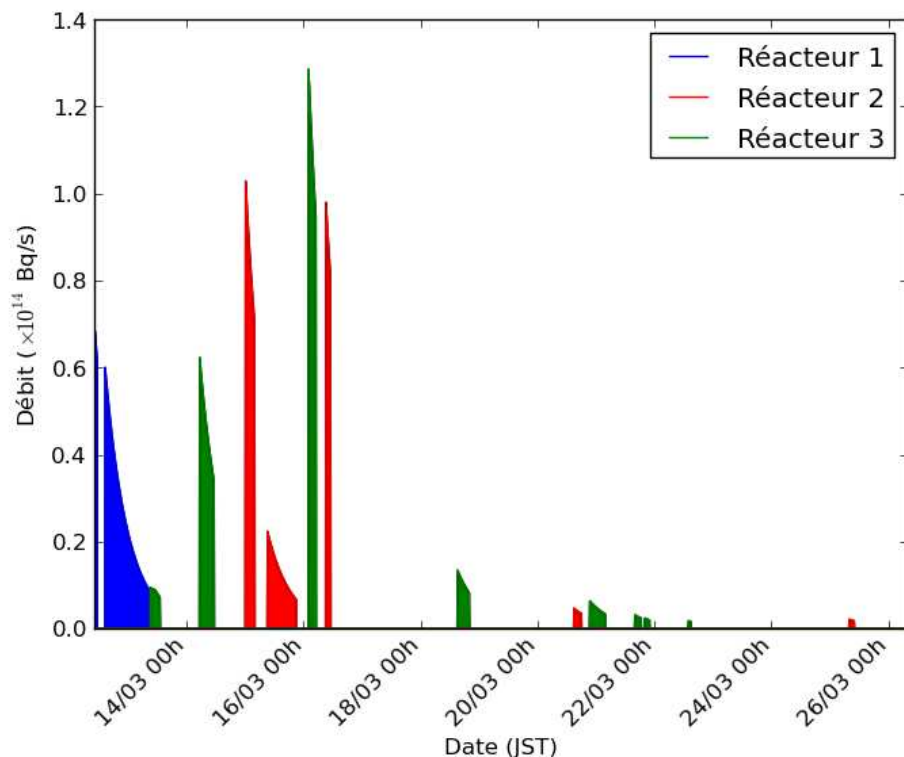


Les rejets radioactifs dans l'air et leur dispersion atmosphérique



Rejets radioactifs dans l'air

Des rejets radioactifs dans l'air : une quinzaine d'épisodes discontinus entre le 12 et le 25 mars 2011



Autres radionucléides (38 espèces, dont Pu) :
28 PBq soit moins de 0,5 % des rejets totaux

Estimation des rejets par l'IRSN (travaux 2011 après la crise) :

- ➔ **Gaz rares radioactifs : 6550 PBq** (pétabecquerels = 10^{15} Bq) (\approx Tchernobyl), majoritairement du xénon 133 (^{133}Xe , période de 5,3 j)
- ➔ **Iodes radioactifs : 408 PBq** (environ dix fois moins que Tchernobyl), dont 197 PBq d'iode 131 (^{131}I , période de 8 jours) et 168 PBq d'iode 132 (^{132}I , période de 2,3 heures)
- ➔ **Tellures radioactifs : 145 PBq** dont 108 PBq de tellure 132 (^{132}Te , période de 3,2 jours) et 12 PBq de tellure 129m ($^{129\text{m}}\text{Te}$, période de 33,6 jours)
- ➔ **Césiums radioactifs : 58 PBq** (environ trois fois moins que Tchernobyl), dont 21 PBq de césium 137 (^{137}Cs , période de 30 ans), 28 PBq de césium 134 (^{134}Cs , période de 2,1 ans) et 9,8 PBq de césium 136 (^{136}Cs , période de 13,2 jours)

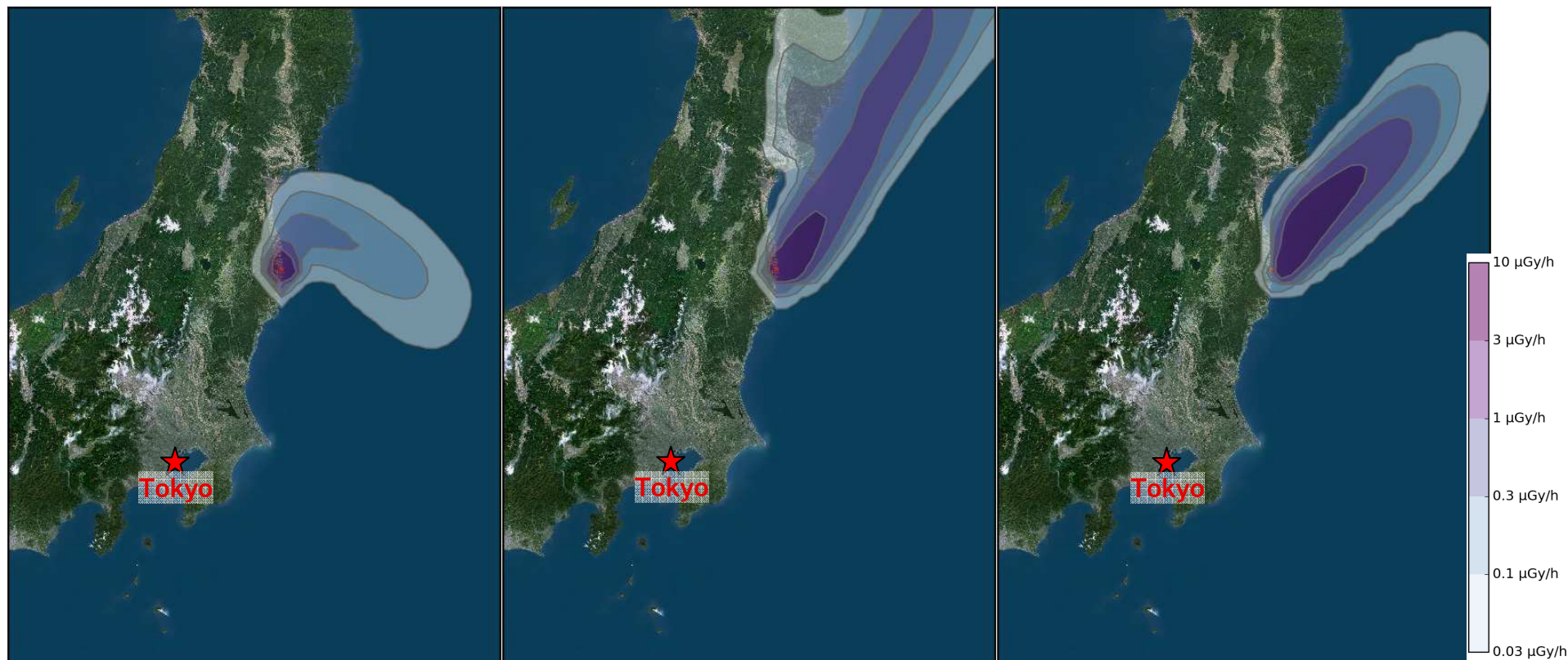
Dispersion atmosphérique des rejets

Modélisation du débit de dose ambiant dû au panache radioactif (hors contribution des dépôts radioactifs - modèle IRSN IdX)

12 mars 2011 à 17h00

13 mars 2011 à 5h00

14 mars 2011 à 12h00



1^{ère} phase de rejet (du 12 au 14 mars) : vers le nord de Fukushima Dai-ichi et au-dessus du Pacifique

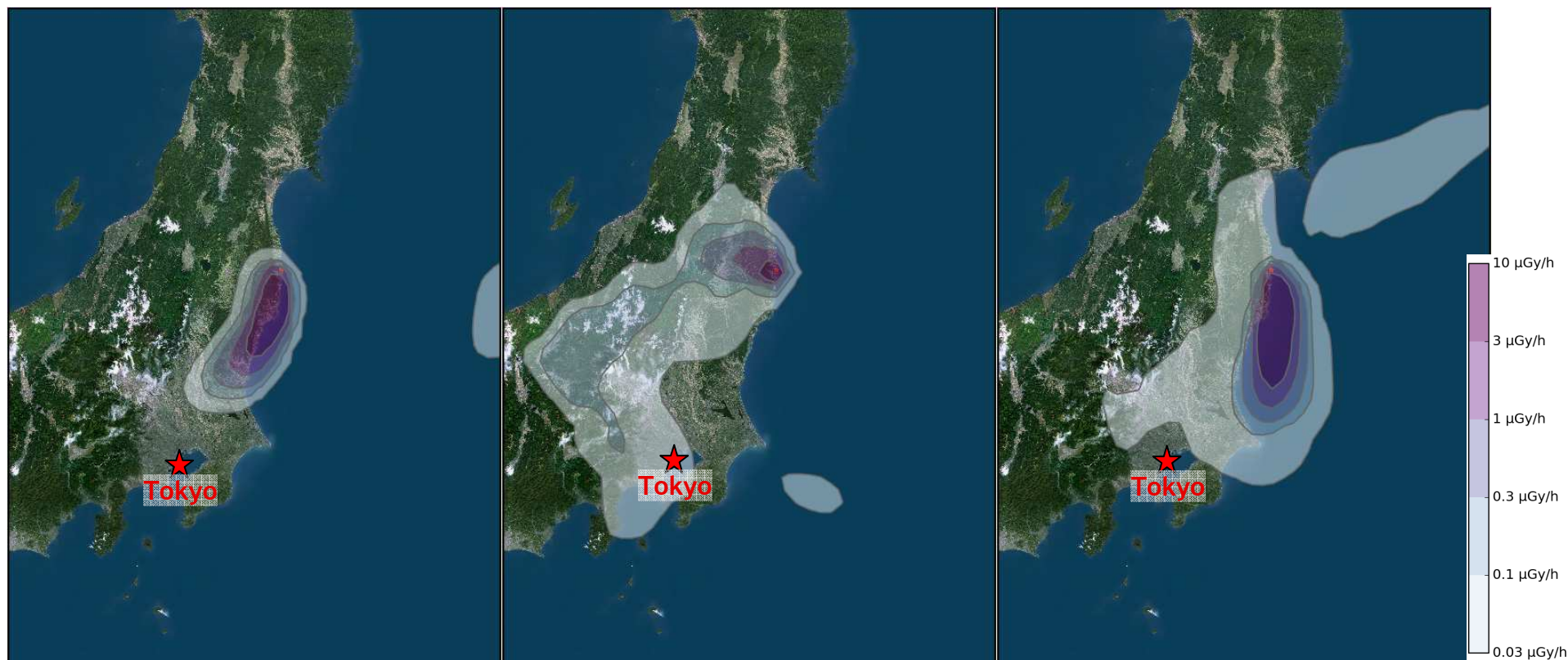
Dispersion atmosphérique des rejets

Modélisation du débit de dose ambiant dû au panache radioactif (hors contribution des dépôts radioactifs - modèle IRSN IdX)

15 mars 2011 à 5h00

15 mars 2011 à 19h00

16 mars 2011 à 6h00



2^{ème} phase de rejet (du 15 au 16 mars matin) : 1^{er} épisode de contamination terrestre au Japon

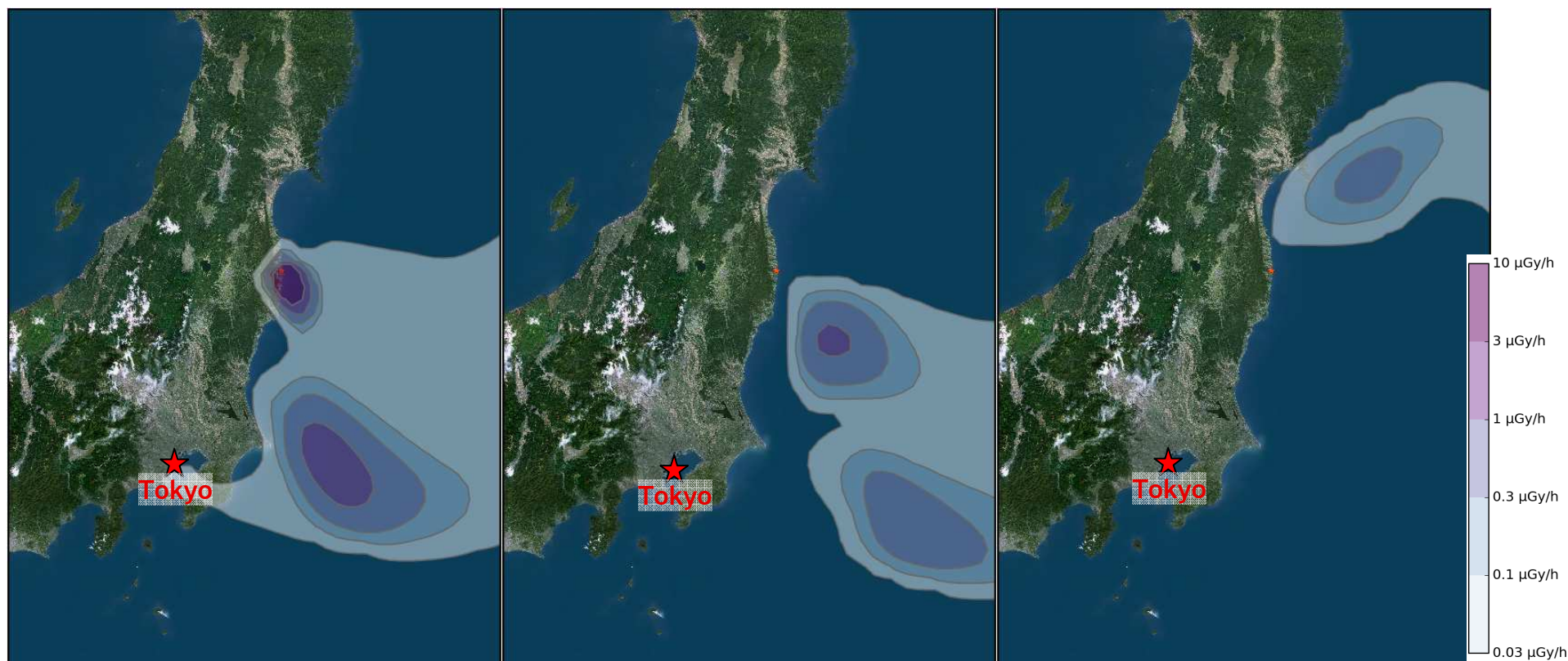
Dispersion atmosphérique des rejets

Modélisation du débit de dose ambiant dû au panache radioactif (hors contribution des dépôts radioactifs - modèle IRSN IdX)

16 mars 2011 à 11h00

16 mars 2011 à 14h00

19 mars 2011 à 3h00



3^{ème} phase de rejet (du 16 mars après-midi au 19 mars) : à nouveau au-dessus du Pacifique

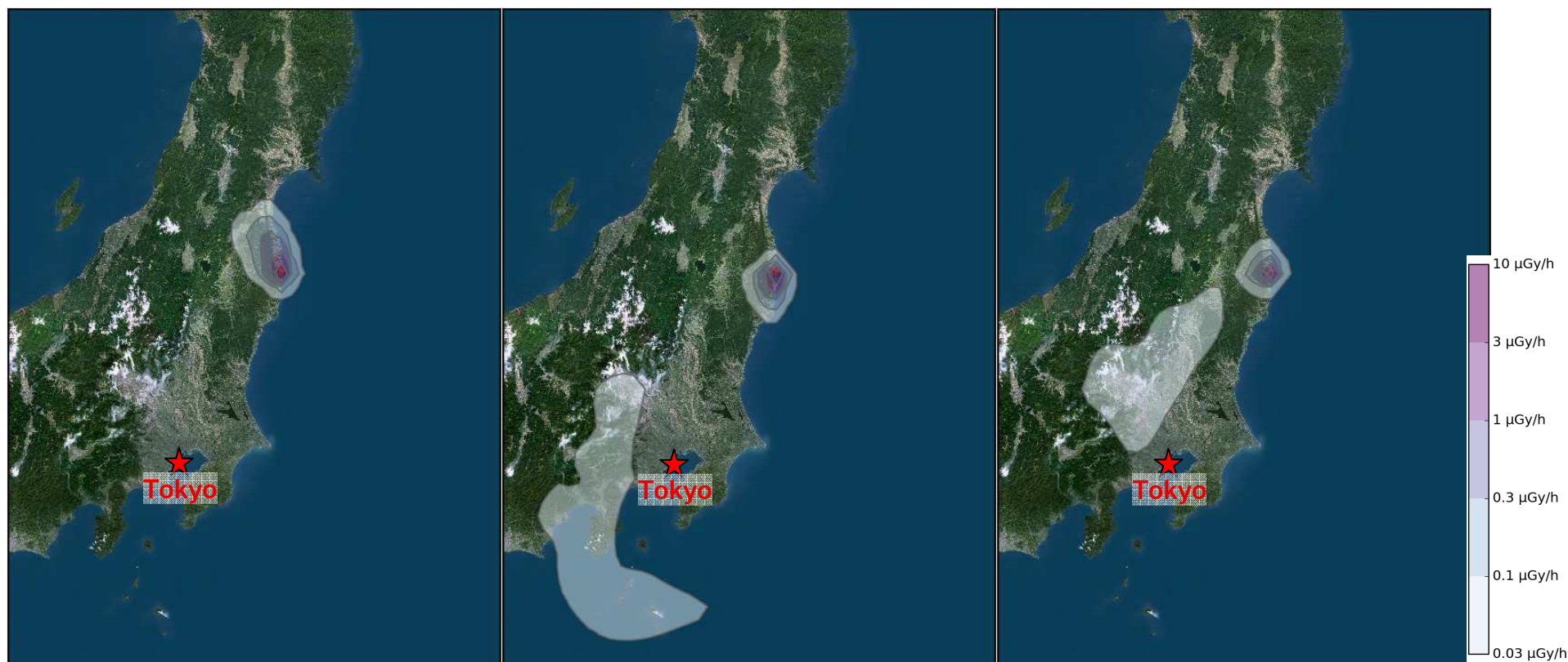
Dispersion atmosphérique des rejets

Modélisation du débit de dose ambiant dû au panache radioactif (hors contribution des dépôts radioactifs - modèle IRSN IdX)

20 mars 2011 à 18h00

21 mars 2011 à 17h00

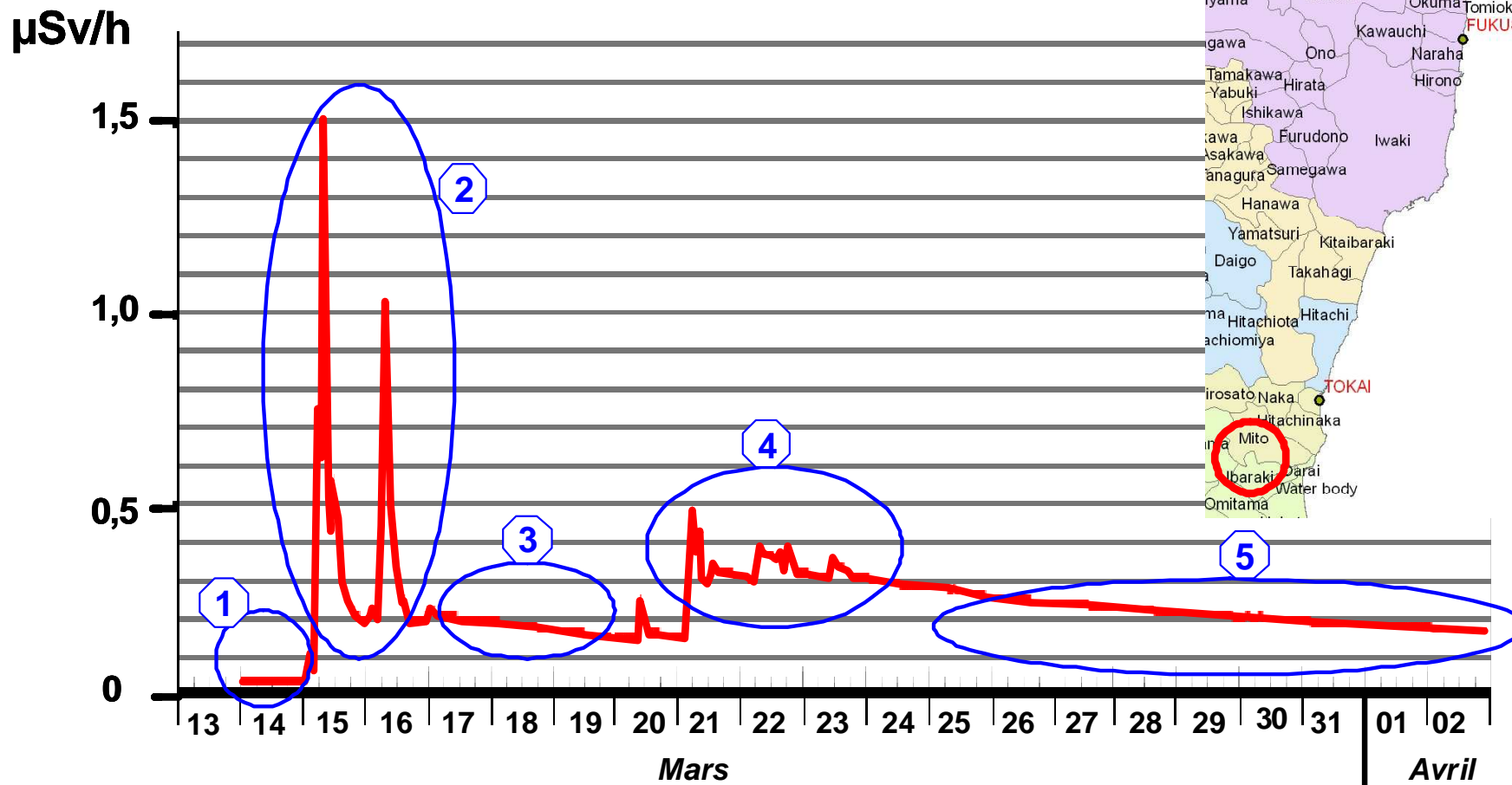
22 mars 2011 à 15h00



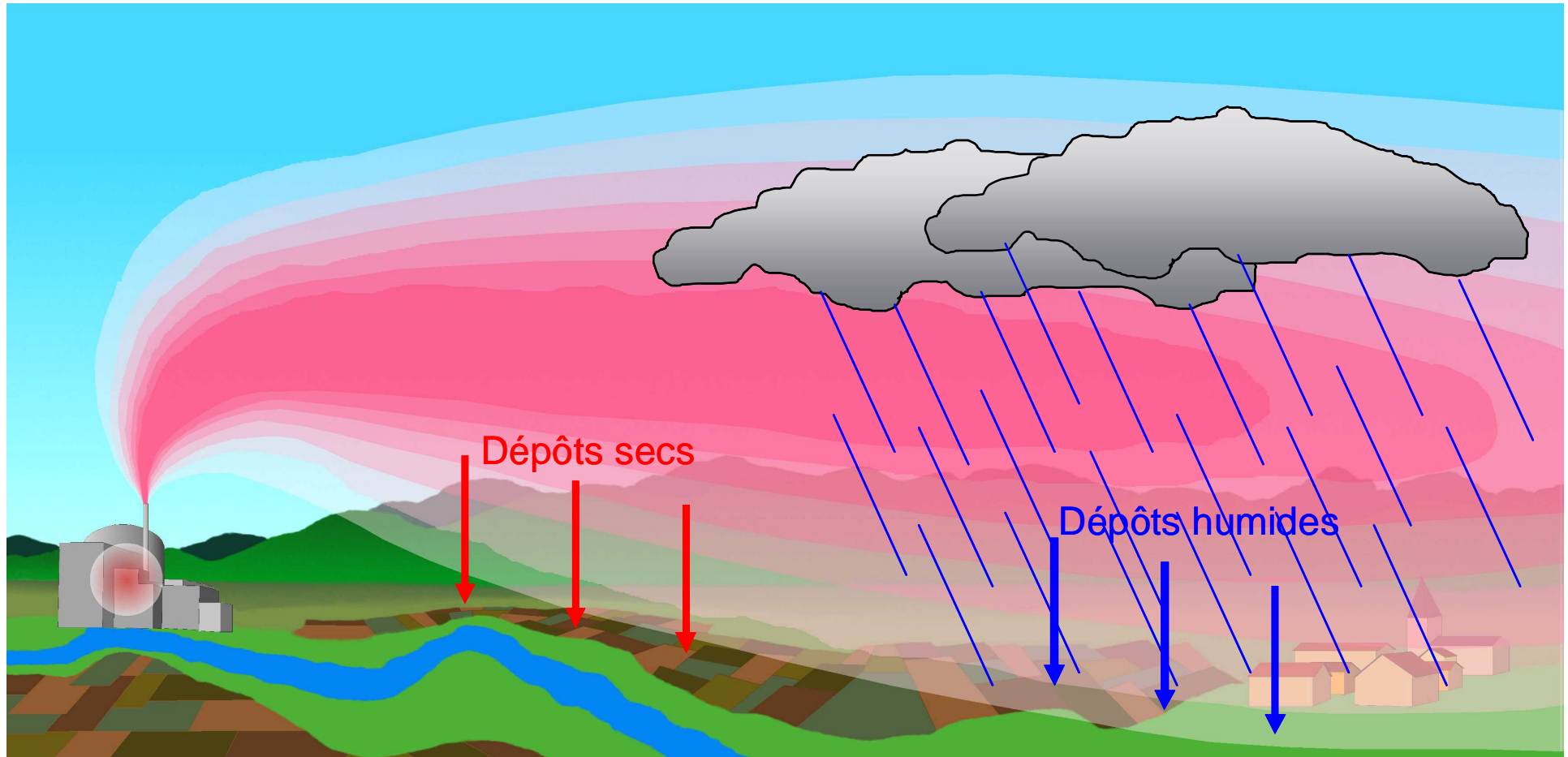
4^{ème} phase de rejet (du 20 mars en soirée au 22 mars) : 2^{ème} épisode de contamination terrestre au Japon

Suivi des épisodes de contamination de l'environnement

Mesure du débit de dose ambiant (en microsievert par heure) à Ibaraki (Mito)



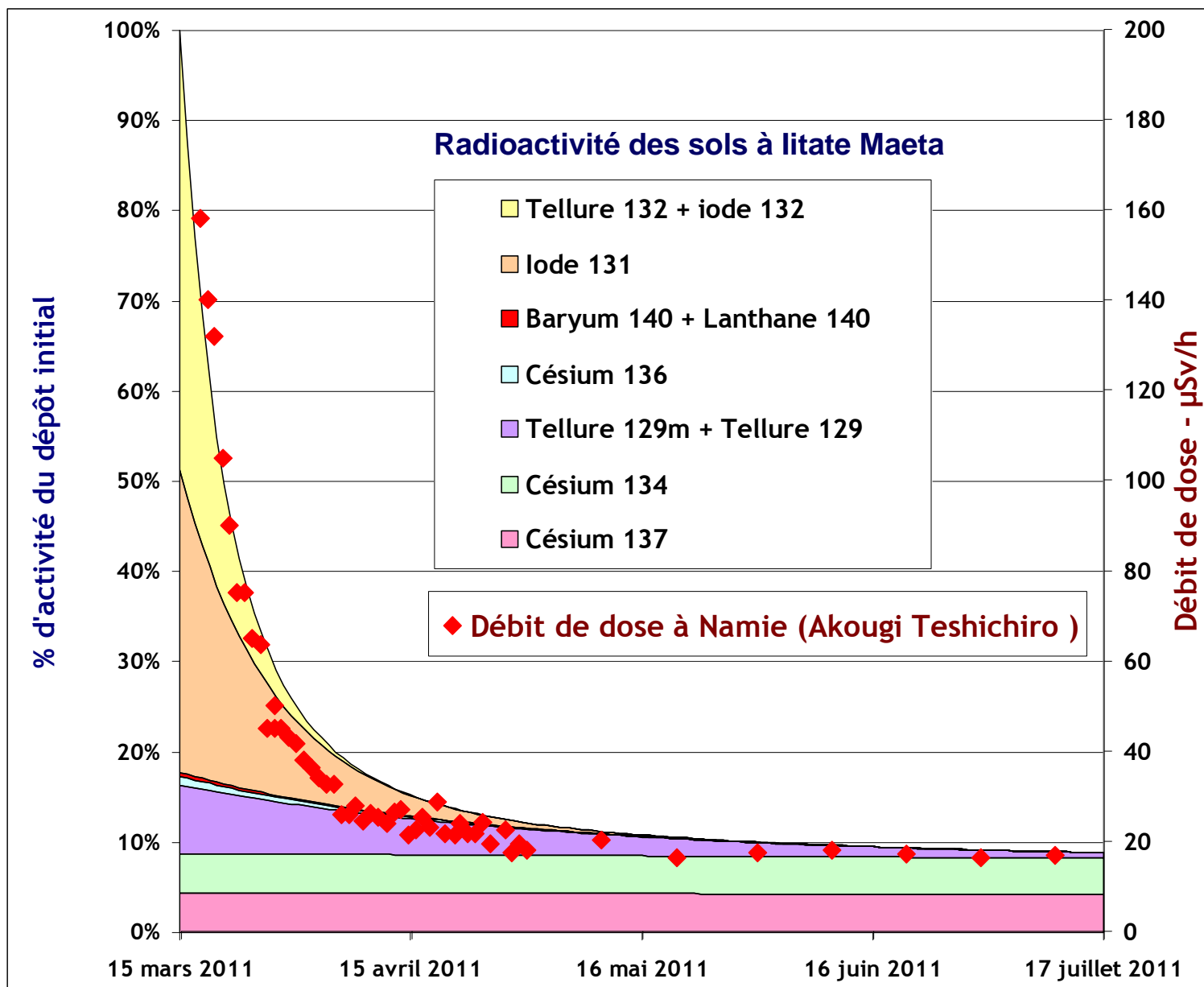
La formation des dépôts radioactifs lors de la dispersion des rejets



Conséquences immédiates du dépôt radioactif :

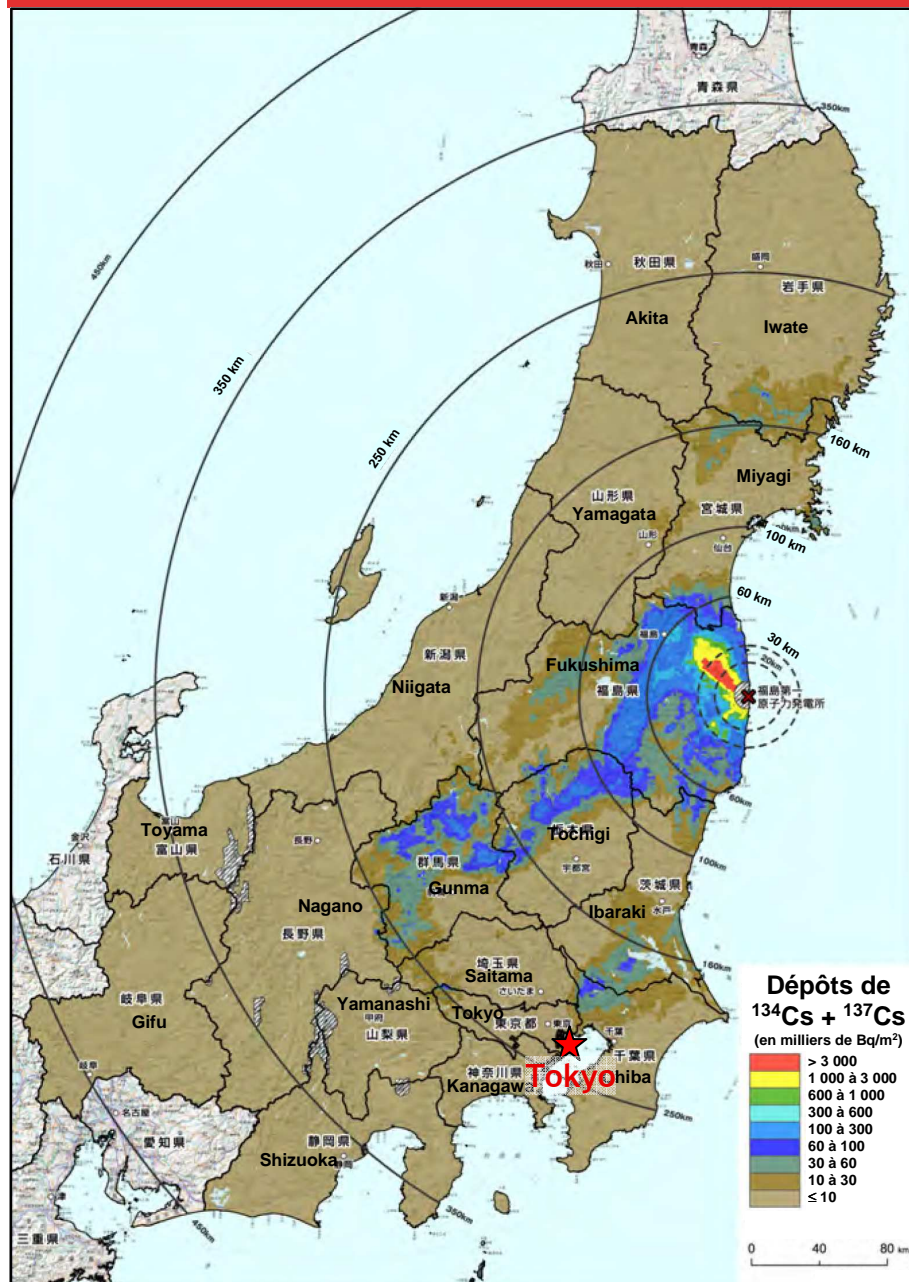
- Augmentation du débit de dose ambiant (en $\mu\text{Sv/h}$)
- Contamination des feuilles des végétaux = impact important sur la chaîne alimentaire

Evolution de l'intensité et de la composition des dépôts



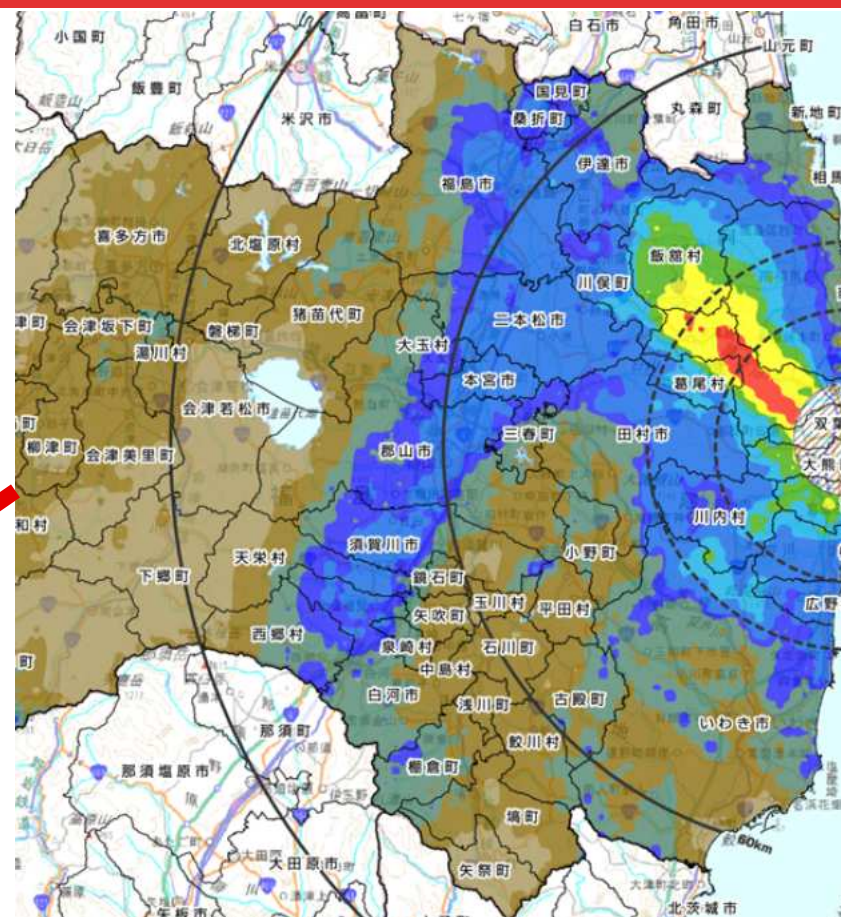
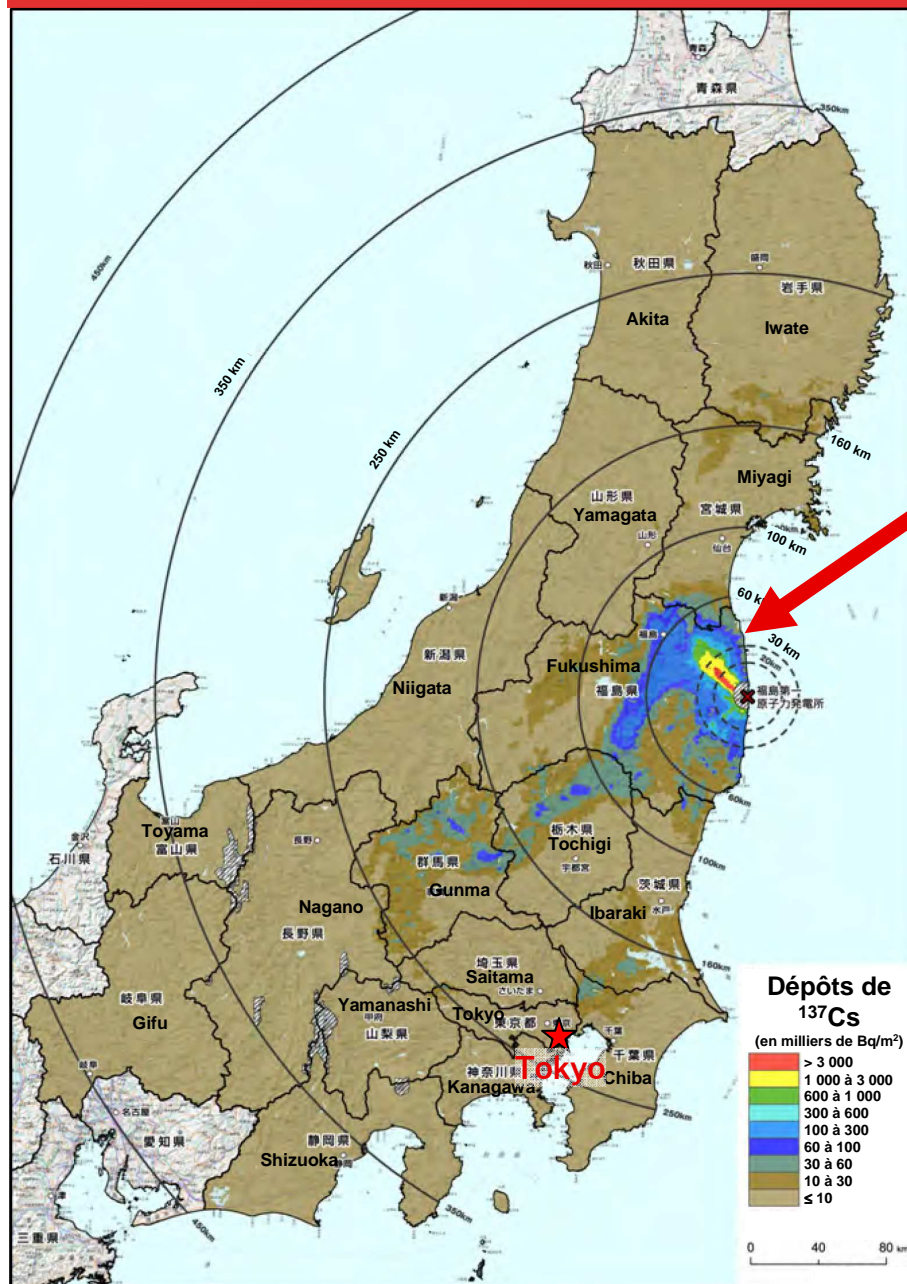
Cartographie des dépôts cumulés de césiums 134+137

Situation à l'automne 2011



- Cartographie obtenue à l'aide de campagnes de mesures aéroportées
- Cartographie complétée par des campagnes de mesures au sol : zone la plus contaminée (29 millions de Bq/m² de $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$ immédiatement à l'ouest de la centrale)
- Dépôts en « taches de léopard jusqu'à 250 km : en fonction des zones de pluie au moment de la dispersion des rejets
- De fortes variations locales non visibles sur cette carte (« points chauds » : effet du ruissellement de la pluie contaminée vers des points d'accumulation

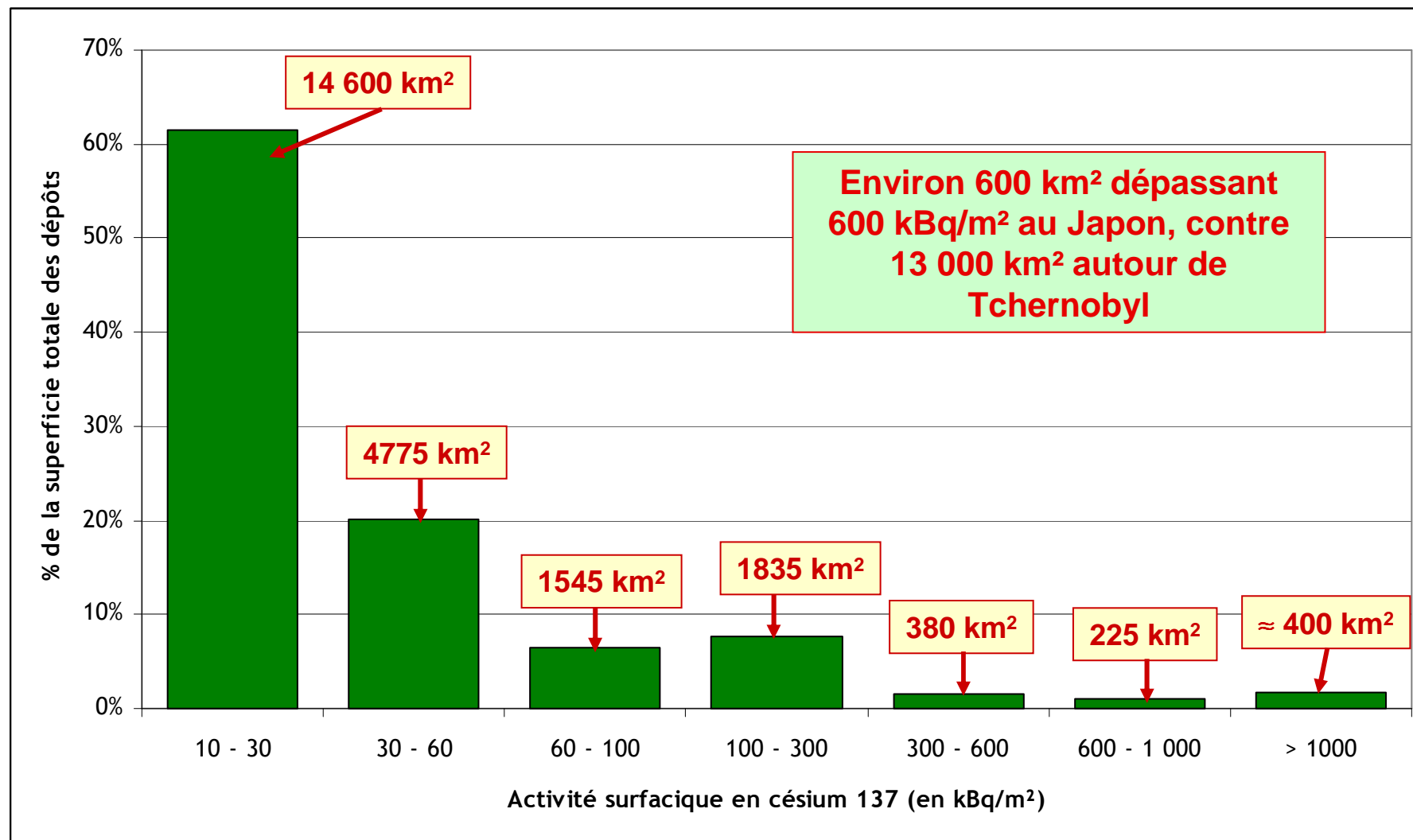
Cartographie des dépôts césiums 137



- ➔ En 2020, il ne restera plus que 5 % de l'activité initiale du ^{134}Cs mais il restera encore 81 % du ^{137}Cs
- ➔ Le césium est peu mobile dans la plupart des sols et restera dans les 20 premiers centimètres

Superficie des territoires ayant reçus des dépôts de césium 137

Près de 24 000 km² avec un dépôt de césium 137 > 10 000 Bq/m²

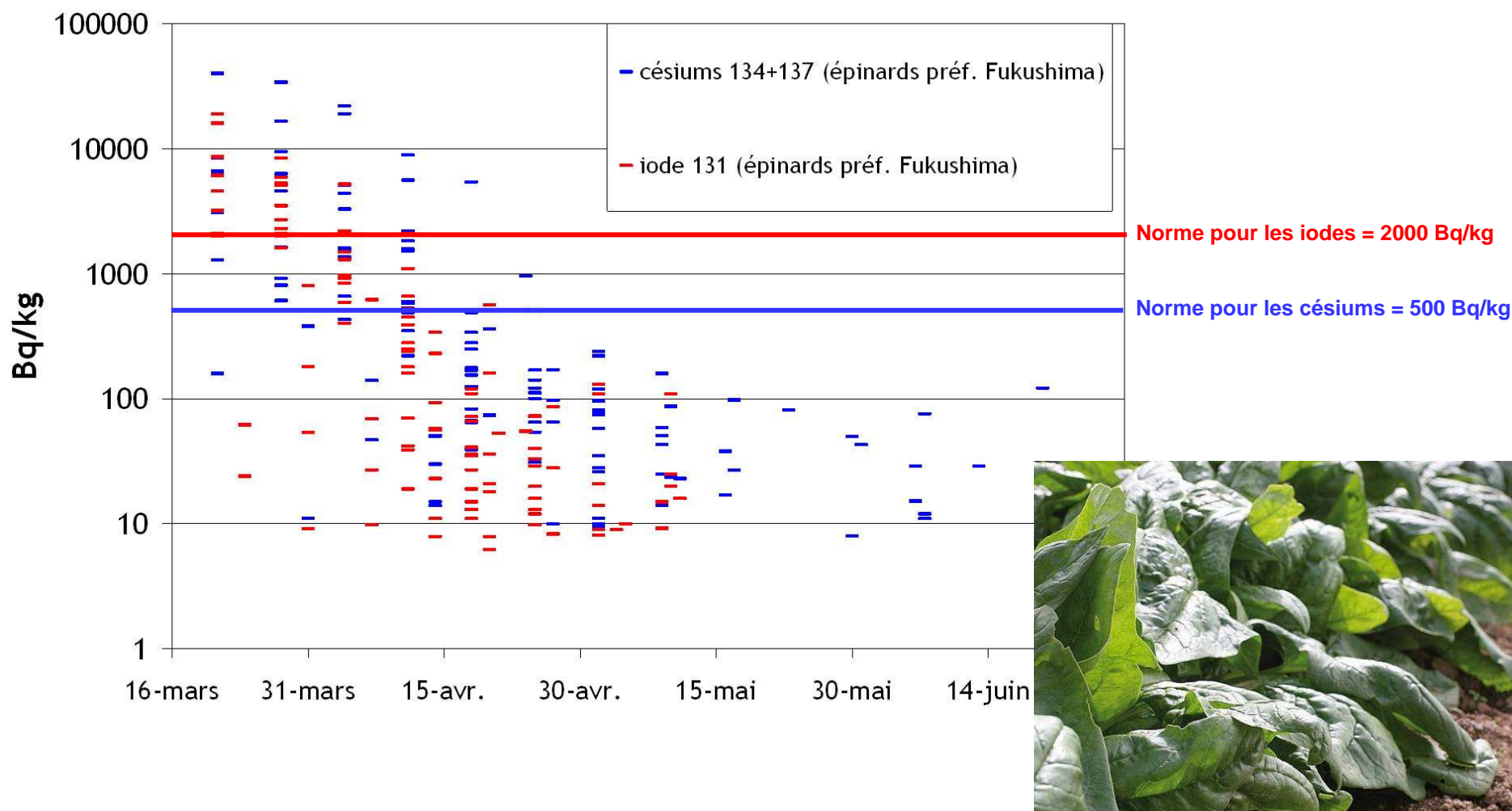


Les conséquences sur les productions agricoles



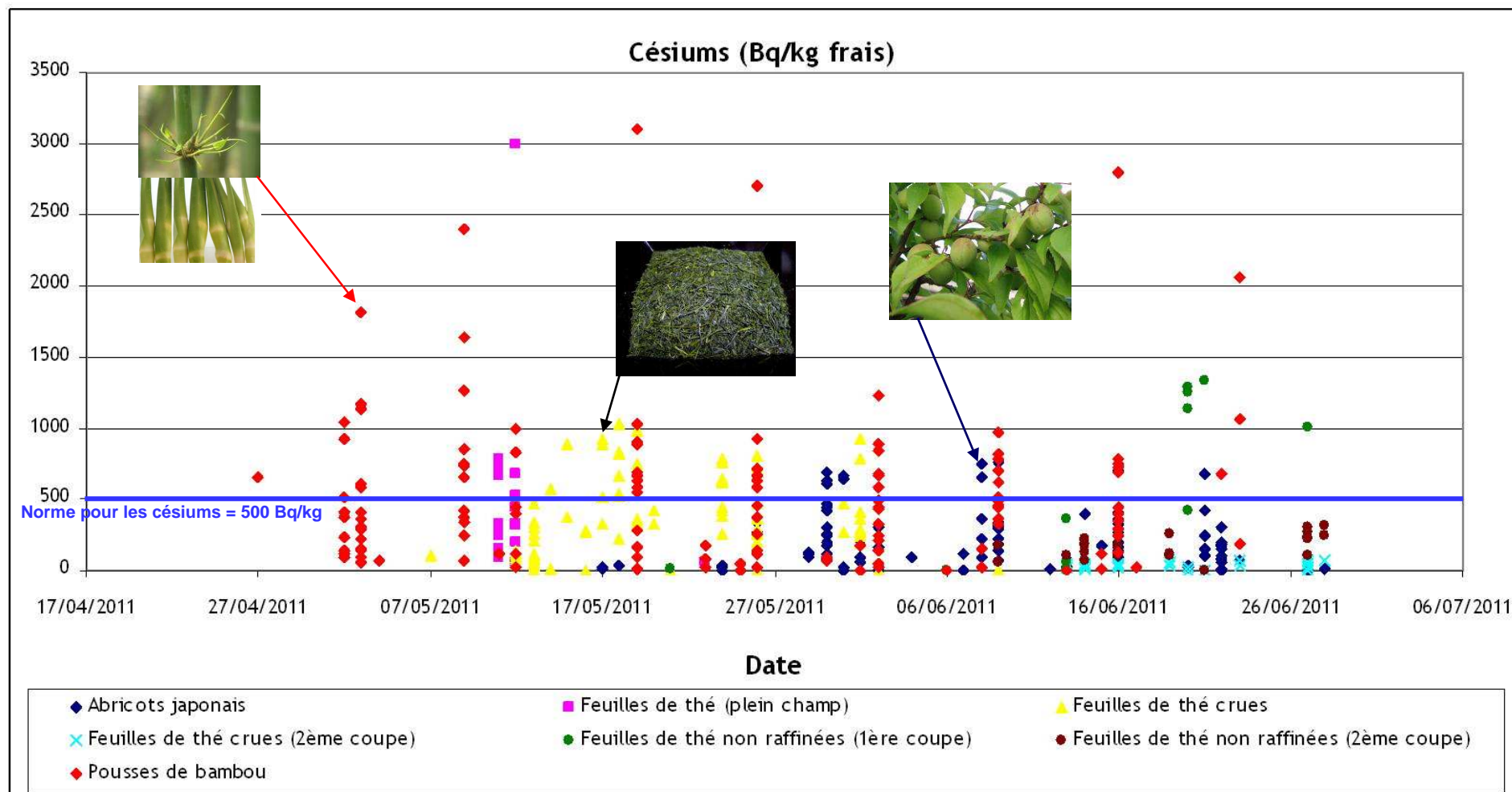
Les premiers produits impactés : les légumes à feuilles

Évolution de la contamination en iode 131 et césiums 134+137 des épinards de la préfecture de Fukushima (données MHLW)



Les produits végétaux contaminés par « translocation »

Évolution de la contamination en césiums 134+137 des abricots japonais, des feuilles de thé et des pousses de bambou récoltés dans diverses préfectures japonaises



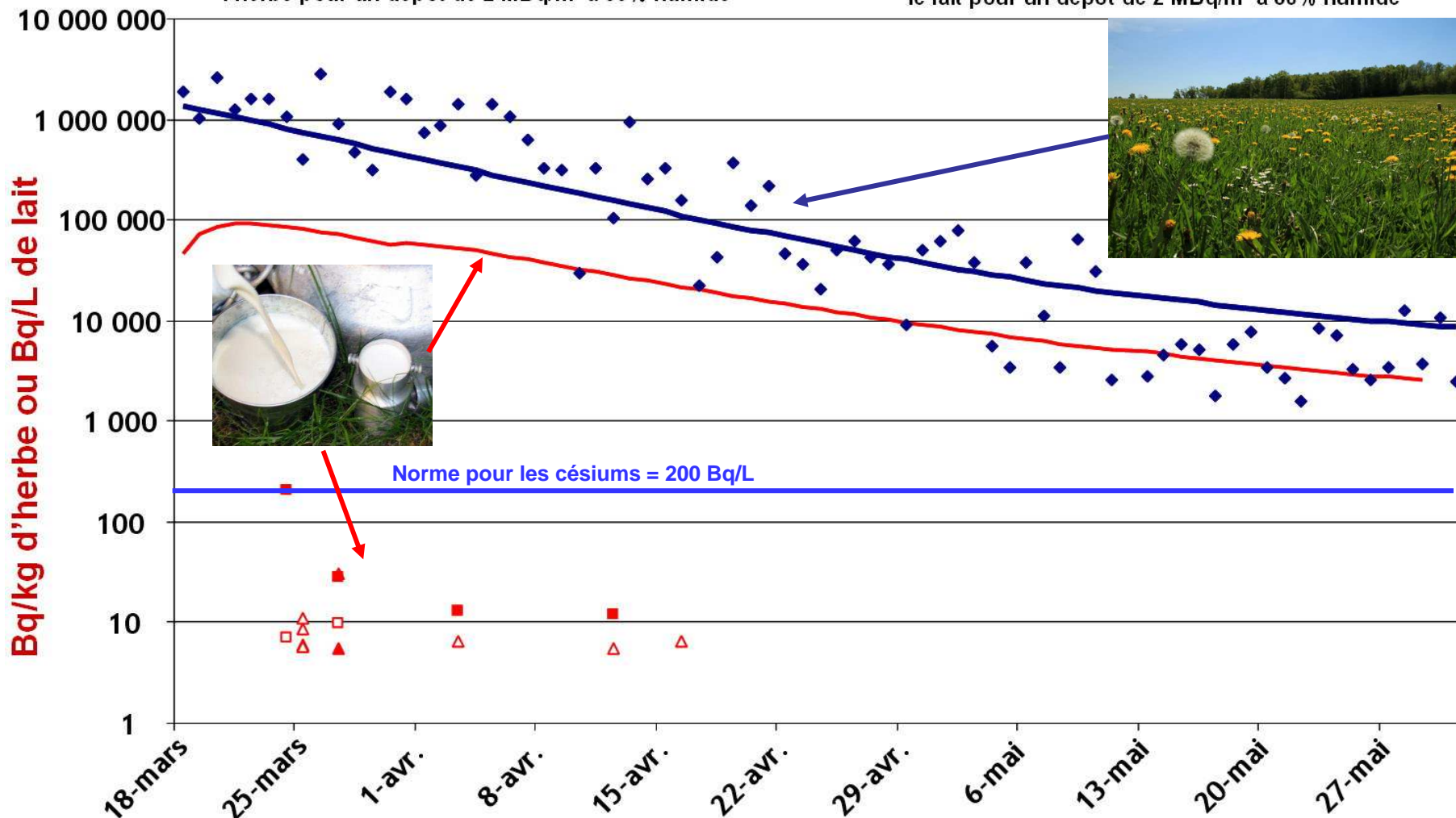
Contamination de l'herbe et du lait

« Mauvaises herbes »

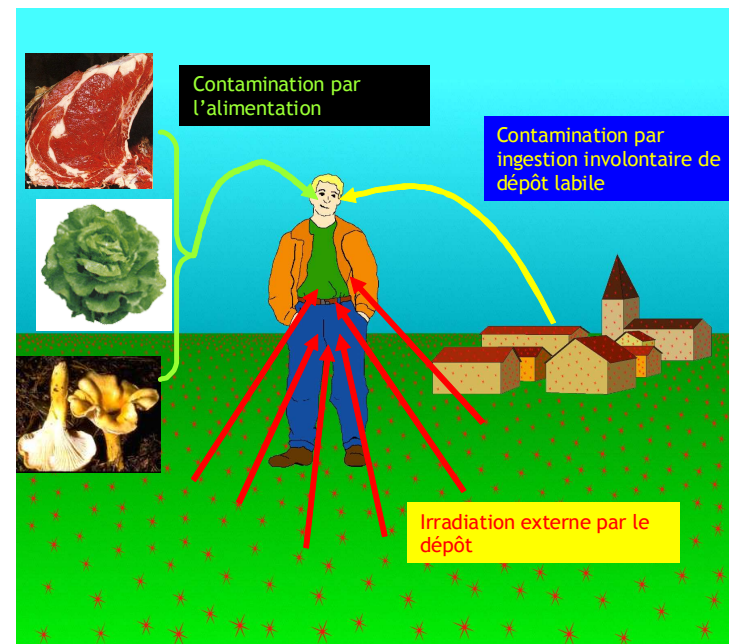
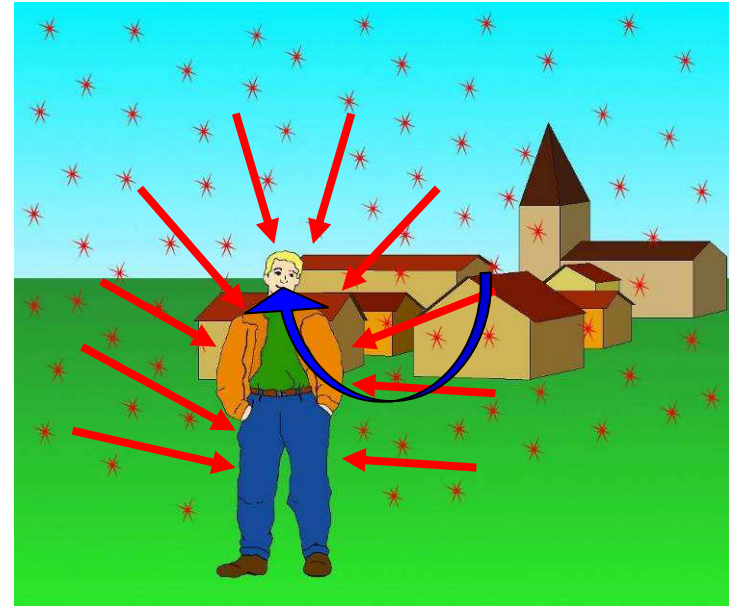
◆ Mesures dans les « mauvaises herbes » - litate
 — Modélisation (ASTRAL) de l'activité en césium 137 dans l'herbe pour un dépôt de 2 MBq/m² à 80% humide

Lait de vache

▲ Mesures dans le lait de Motomiya
 ■ Mesures dans le lait de Kawamata
 △ Mesures dans le lait d'Iitate
 □ Mesures dans le lait de Date
 — Modélisation (ASTRAL) de l'activité en césium 137 dans le lait pour un dépôt de 2 MBq/m² à 80% humide

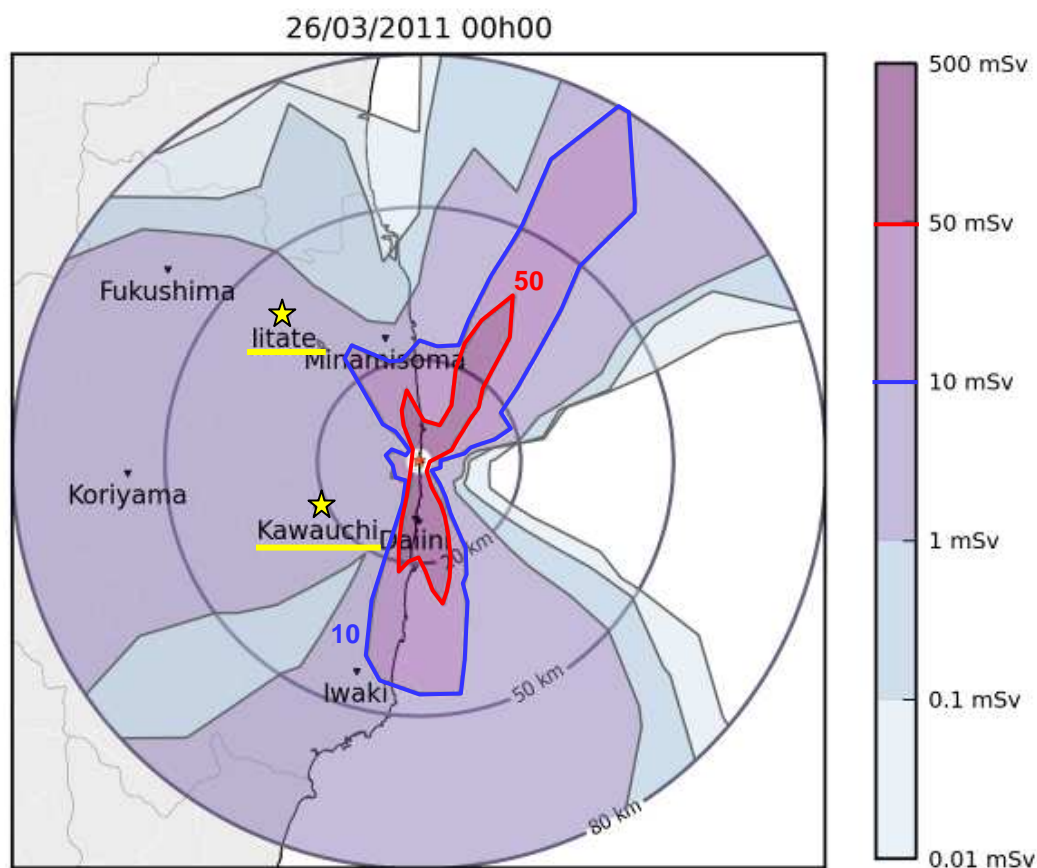


Impact dosimétrique et risques sanitaires



Exposition pendant la phase de rejet (12 au 25 mars)

Doses efficaces (corps entier) reçues par un enfant d'un an



Dose corps entier susceptible d'être reçue pour un enfant de 1 an sans protection pendant la durée totale des rejets (en millisievert)

Enfant exposé sans protection au panache (+ exposition externe due au dépôt) du 12 au 25 mars 2011

Sur la partie terrestre, au cours de cette phase :

- Les doses n'auraient pas dépassé 50 mSv au-delà de 20 km
- Une dose de 10 mSv aurait pu être dépassée jusqu'à une quarantaine de km au sud

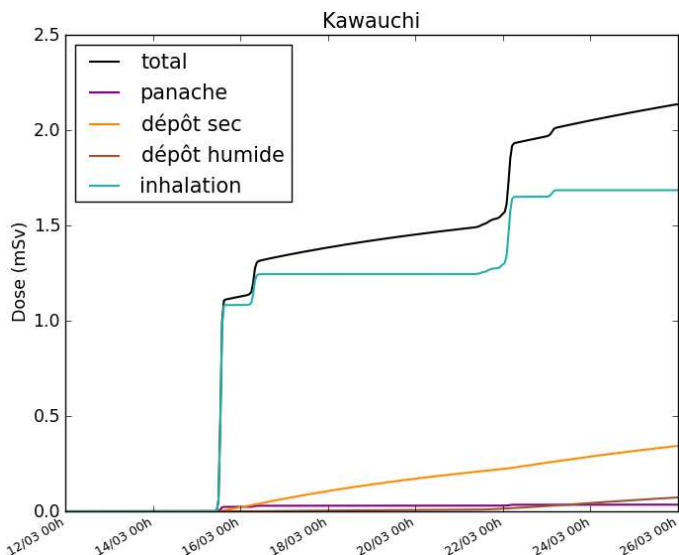
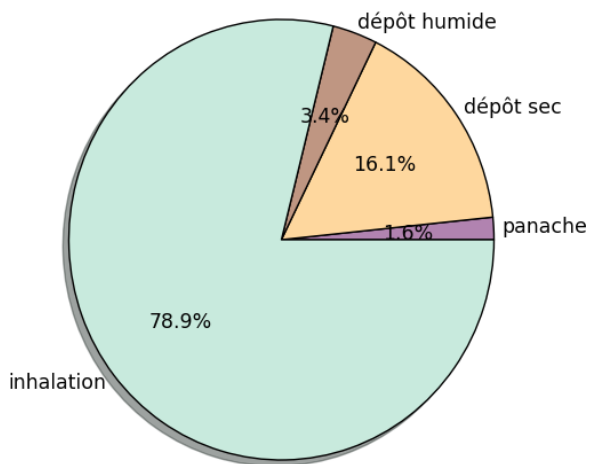
Estimation par modélisation à l'échelle local avec le modèle *pX* de l'IRSN - Hors ingestion alimentaire

Contribution des voies d'exposition pendant la phase de rejet

Doses efficaces potentielles sans protection engagées du 12 au 26 mars 2011

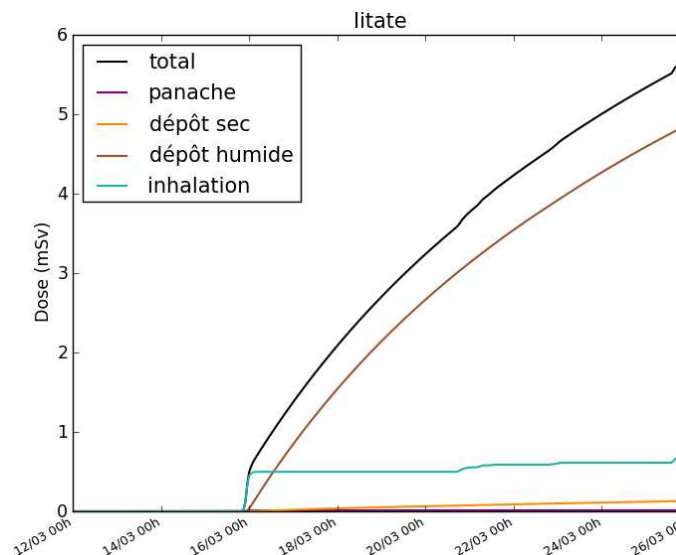
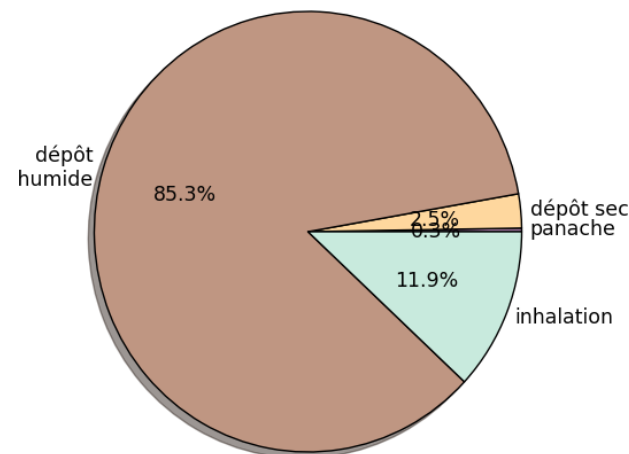
Au sud et sud-ouest de Fukushima Dai-ichi

Kawauchi



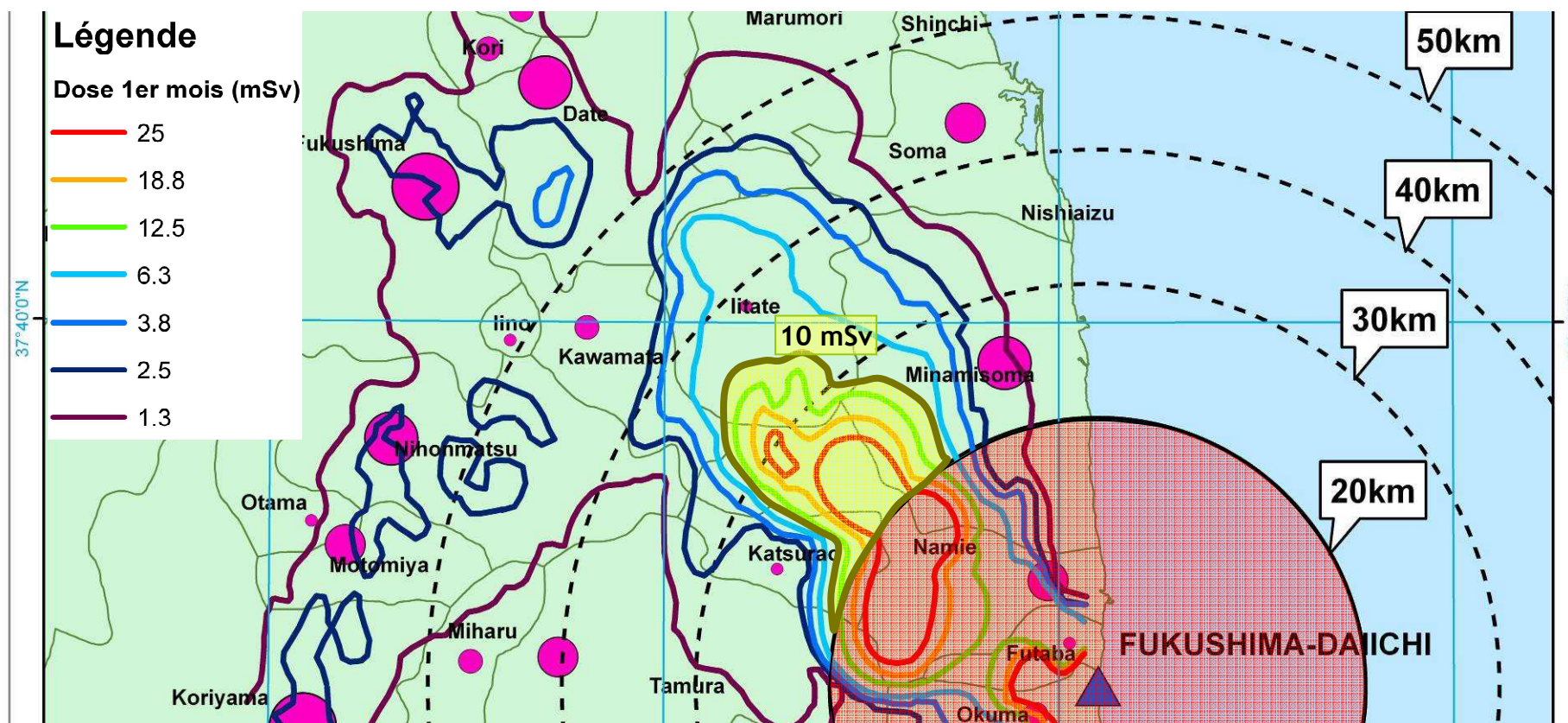
Au nord-ouest de Fukushima Dai-ichi

litate



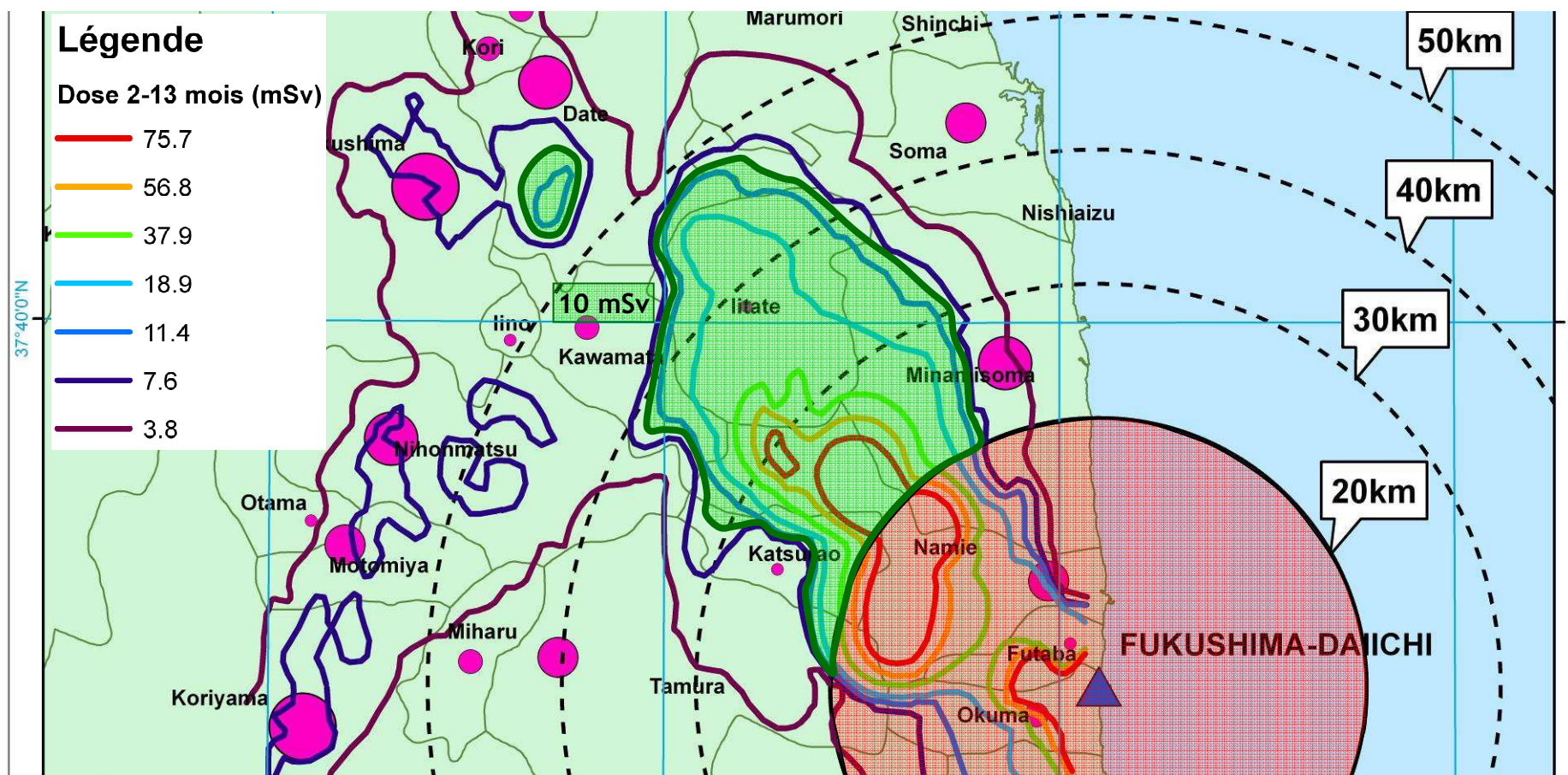
Exposition de la population au rayonnement des dépôts

Évaluation de la dose efficace prévisionnelle reçue par exposition externe due aux dépôts pour le 1^{er} mois (du 15 mars au 15 avril 2011)



Exposition de la population au rayonnement des dépôts

Évaluation de la dose efficace prévisionnelle reçue par exposition externe due aux dépôts du 2^{ème} au 13^{ème} mois (du 15 avril 2011 au 15 avril 2012)



Conséquences sanitaires sur la population

Suivi des conséquences sanitaires : 4 études engagées

- Evaluation de la dose externe reçue par les personnes exposées
 - Questionnaire
 - Environ 2 millions de personnes concernées
- Suivi de l'état de santé des personnes évacuées
 - Questionnaire + examens cliniques et biologiques
 - Environ 210 000 personnes concernées
- Suivi des femmes enceintes et de leurs enfants
 - Questionnaire + suivi des enfants jusqu'à l'âge de 12 ans
 - Environ 20 000 femmes concernées
- Suivi de l'apparition des cancers de la thyroïde chez les enfants
 - Echographie de la thyroïde + examens biologiques
 - Environ 360 000 enfants concernés

→ 30 ans - 78 milliards ¥ ~ 720 millions €

Exposition des travailleurs sur le site de Fukushima Dai-ichi

Doses déclarées par TEPCO du 11 mars au 31 décembre 2011

Dose cumulée	TEPCO	Contractants	Total
> 250 mSv	6	0	6
200 - 250 mSv	1	2	3
150 - 200 mSv	21	2	23
100 - 150 mSv	118	17	135
50 - 100 mSv	382	315	697
20 - 50 mSv	625	1 896	2 521
10 - 20 mSv	474	2 558	3 032
< 10 mSv	1 741	11 436	13 177
Total	3 368	16 226	19 594
Maximum (mSv)	678,80	238,42	-
Moyenne (mSv)	23,53	9,06	11,55

Source : TEPCO - Données réactualisées au 31 janvier 2012

- Chez les 6 travailleurs les plus exposés, 85 % de la dose serait due à l'inhalation d'iode 131
- Très peu d'informations disponibles quant à la méthode d'évaluation des doses
- Aucune information précise n'est disponible à ce jour pour les autres catégories de travailleurs (pompiers, policiers, sécurité civile, employés municipaux)

Effets sanitaires observés chez les travailleurs

- Aucun effet déterministe attribuable à une exposition aiguë à la radioactivité n'aurait été observé à ce jour
- Pas exclu que de tels effets apparaissent dans les mois à venir
- 6 décès déclarés :
 - 2 décès (mars 2011), conséquence du tsunami
 - 2 décès par arrêt cardiaque (mai 2011 -janvier 2012)
 - 1 décès par leucémie aigue (août 2011) : **ce décès ne peut pas être imputé à l'accident**
 - 1 décès par choc septique (octobre 2011) : cause ?
- Il est à ce jour très difficile d'obtenir des informations précises quant à l'exposition des travailleurs et aux effets sur leur santé

Un an après, où en est-on et quelles perspectives ?

- **Un effort important a été accompli au Japon pour caractériser la contamination environnementale**
- **La contamination environnementale a fortement diminué dans les semaines et les mois qui ont suivi l'accident :**
 - Quasi disparition des radionucléides à vie courte
 - Les risques les plus élevés pour la population et l'alimentation se sont concentrés sur le premier mois
- **Les doses reçues par la population auraient été inférieures à 100 mSv :**
 - il n'est pas sûr qu'un excès de risque puisse être décelé par les études épidémiologiques
- **Aujourd'hui et pour de nombreuses années subsiste une contamination pérenne de l'environnement par le césium :**
 - Le retour dans les territoires évacués les plus contaminés suppose un retrait des dépôts rémanents : chantier lourd, long et générateur de déchets
 - L'impact sur certaines productions agricoles pourrait subsister dans les territoires les plus contaminés mais peut être réduit par des pratiques adaptées et le maintien d'une surveillance
 - Les milieux naturels (forêts) resteront les plus vulnérables dans la durée et la dépollution y est difficile

Un an après, où en est-on et quelles perspectives ?

Des questions scientifiques restent à approfondir :

- Quel va être l'impact sur le milieu marin littoral dans la durée ?
- Comment va évoluer la contamination dans les milieux forestiers et dans les bassins versant (ruissellement et transport de la contamination) ?
- Quels sont les risques pour les écosystèmes terrestres, aquatiques et marins au Japon ?

L'IRSN veut s'engager dans une collaboration scientifique durable avec le Japon

Participation à la seconde campagne de mesure au Japon en décembre 2011 (coordination JAEA)



Projet ANR « Free bird » : étude des effets des rayonnements ionisants sur les oiseaux

