

FUKUSHIMA



Quelques éléments relatifs à
L'évolution de la situation en termes de
contamination, doses et réglementations

Plan

- Retour sur l'accident, comparaison avec Tchernobyl
- Mouvements des populations
- Comment estimer l'exposition externe et l'exposition interne : grandeurs et unités employées
- Contamination des denrées alimentaires et doses efficaces externes dues aux dépôts de radionucléides : les études de l'IRSN
- Exemples de calcul
- Directives européennes et normes japonaises
- conclusions

Deux accidents très différents

- Tchernobyl

- suite à un essai de fonctionnement incompatible avec le RBMK, excursion brutale et incontrôlée de la réaction nucléaire (multipliée par plus de 100) entraînant l'explosion du réacteur, la destruction complète du bâtiment, suivie d'un incendie du graphite. Le cœur est à ciel ouvert. Il sera déversé dessus des centaines de tonnes de matériaux par hélicoptère.

Deux accidents très différents

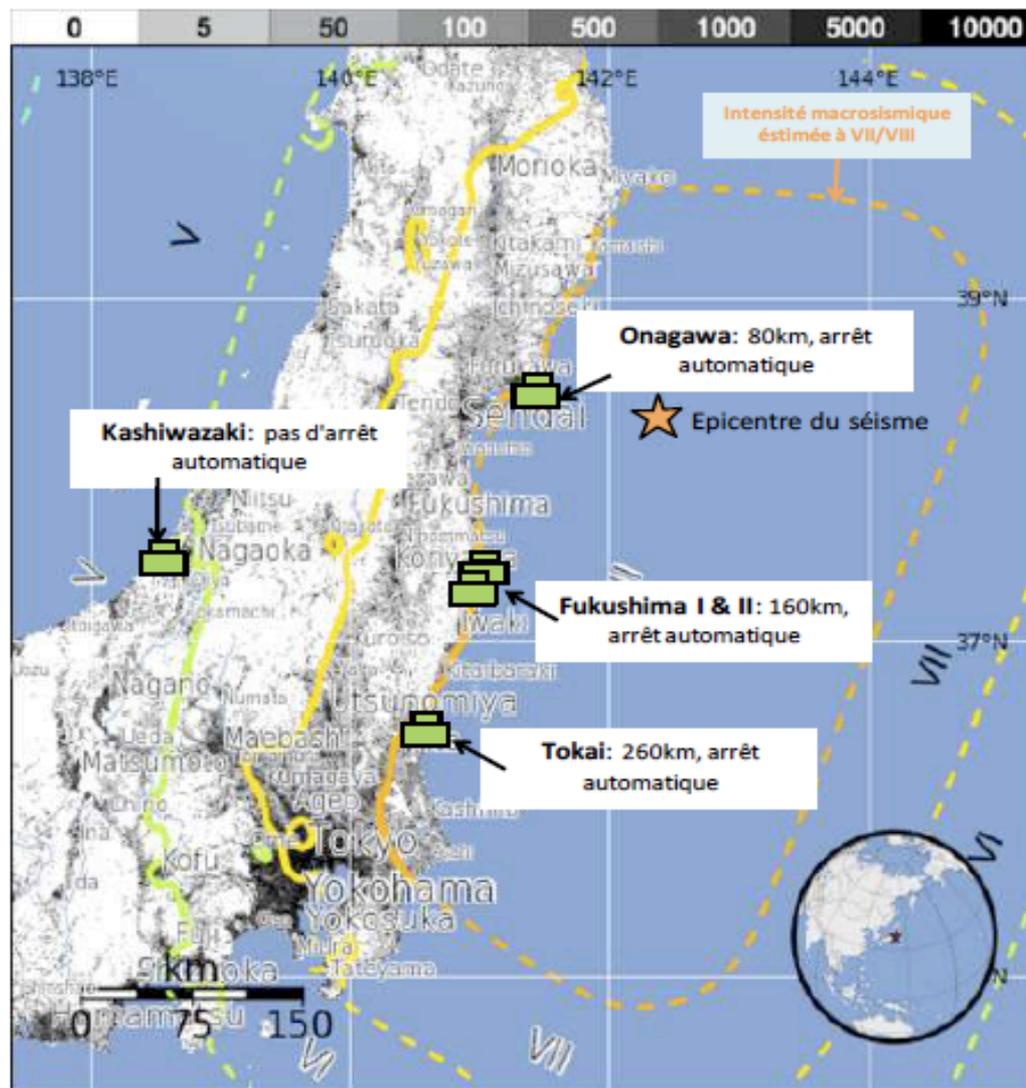
- Fukushima

- suite au tsunami, perte des alimentations électriques puis des diesels de secours entraînant la perte des sources de refroidissement, la dégradation du combustible nucléaire puis la fusion du cœur de trois réacteurs. Décompression des enceintes et explosions d'hydrogène. (réaction zircaloy et eau à hte T°C)

Fukushima Daiichi (Fukushima I)

La centrale est équipée 6 REB :

- Fukushima-Daiichi 1 : 439 MWe, 1970 construite par **GE**
- Fukushima-Daiichi 2 : 760 MWe, 1973 construite par **GE**
- Fukushima-Daiichi 3 : 760 MWe, 1974 construite par **Toshiba**
- Fukushima-Daiichi 4 : 760 MWe, 1978 construite par **Hitachi**
- Fukushima-Daiichi 5 : 760 MWe, 1977 construite par **Toshiba**
- Fukushima-Daiichi 6 : 1067 MWe, 1979 construite par **GE**





Application de l'échelle INES

	Conséquences à l'extérieur du site	Conséquences à l'intérieur du site	Dégradation de la défense en profondeur
7 Accident majeur	Rejet majeur : effets étendus sur la santé et l'environnement		
6 Accident grave	Rejet important susceptible d'exiger l'application intégrale des contre-mesures prévues		
5 Accident	Rejet limité susceptible d'exiger l'application partielle des contre-mesures prévues	Endommagement grave du cœur du réacteur/ des barrières radiologiques	
4 Accident	Rejet mineur : exposition du public de l'ordre des limites prescrites	Endommagement important du cœur du réacteur / des barrières radiologiques/ exposition mortelle d'un travailleur	
3 Incident grave	Très faible rejet : exposition du public représentant une fraction des limites prescrites	Contamination grave/effets aigus sur la santé d'un travailleur	Accident évité de peu/perte des barrières
2 Incident		Contamination importante/ surexposition d'un travailleur	Incidents assortis de défaillances importantes des dispositions de sécurité
1 Anomalie			Anomalie sortant du régime de fonctionnement autorisé
0 Ecart		Aucune importance du point de vue de la sûreté	
Evénements hors échelle		Aucune pertinence du point de vue de la sûreté	

Tchernobyl 1986-
Fukushima Dai-ichi 11 Mars
2011
Kyshtym 1957
Three Miles Island 1979
St Laurent des eaux 1980
Tokaimura 1999



L'échelle internationale des événements nucléaires

Des dommages très importants aux installations

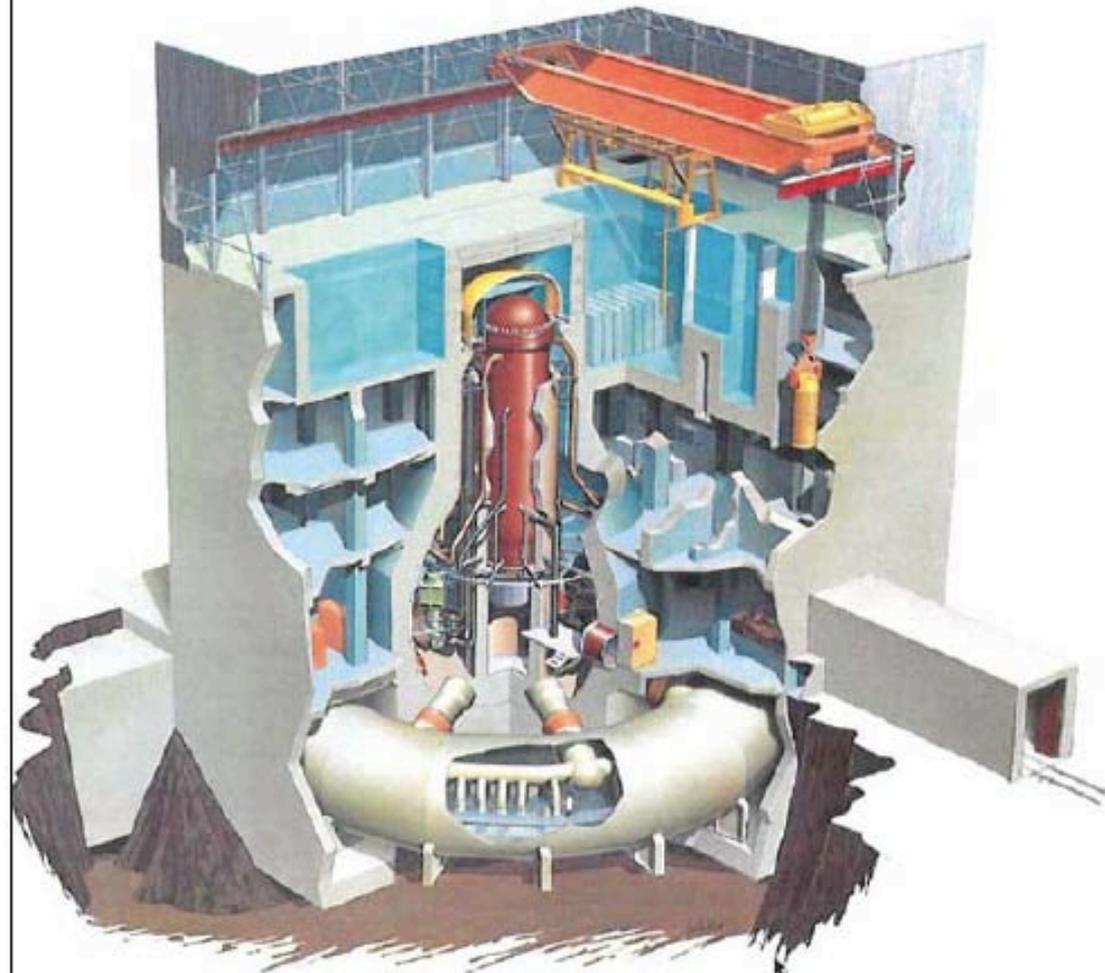
- Tchernobyl : un seul réacteur , mais entièrement détruit
- Fukushima : Trois réacteurs gravement endommagés , plus un quatrième (endommagé par l'explosion d'hydrogène du numéro 3) dont le combustible était déchargé et mis en piscine avec d'autres assemblages.

Tchernobyl

Réacteur 4



REB



DRYWELL TORUS

GENERAL  ELECTRIC

1- 12 mars

2 – 15 mars

3 – 14 mars

4 – 15 mars



Réacteur n° 3

Réacteur n° 4

2

3

4



Réacteur 4



Des rejets radioactifs dans l'air

- Tchernobyl : des rejets continus pendant 10 jours de l'ordre de 0,45 Ebq (Exabecquerel = 10^{18} Bq) le premier jour
- Fukushima : des bouffées discontinues très importantes de l'ordre de 10^{14} Bq/s du 12 au 16 mars et plus modérées jusqu'au 25 mars. *
- Des gaz rares : ^{133}Xe $T_{1/2} = 5,3$ j
- Des iodes et tellures : ^{131}I et ^{132}I ($T_{1/2} = 8$ j et 2,3 h)
- ^{132}Te et $^{129\text{m}}\text{Te}$ ($T_{1/2} = 3,2$ j et 33,6j)
- Des césiums : ^{137}Cs , ^{134}Cs et ^{136}Cs ($T_{1/2} = 30$ a; 2,1a; 13,2j)

*Source : IRSN/ SFRP mars 2015

Activité des rejets atmosphériques

	Tchernobyl AIEA 2005	Fukushima UNSCEAR 2014
Gaz rares (^{133}Xe)	6500 PBq	7300 PBq
Iodes / ^{131}I	5400/ 1760 PBq	159/ 120 PBq
Tellures	1390 PBq	29 PBq (^{132}Te)
Césiums/ ^{137}Cs)	168/85 PBq	20/8,8 PBq
Autres, dont 89 et ^{90}Sr , Pu	1227 PBq	28 * PBq

Hors Xenon : > 8.000Pbq

< 240 PBq

Comparaison des rejets

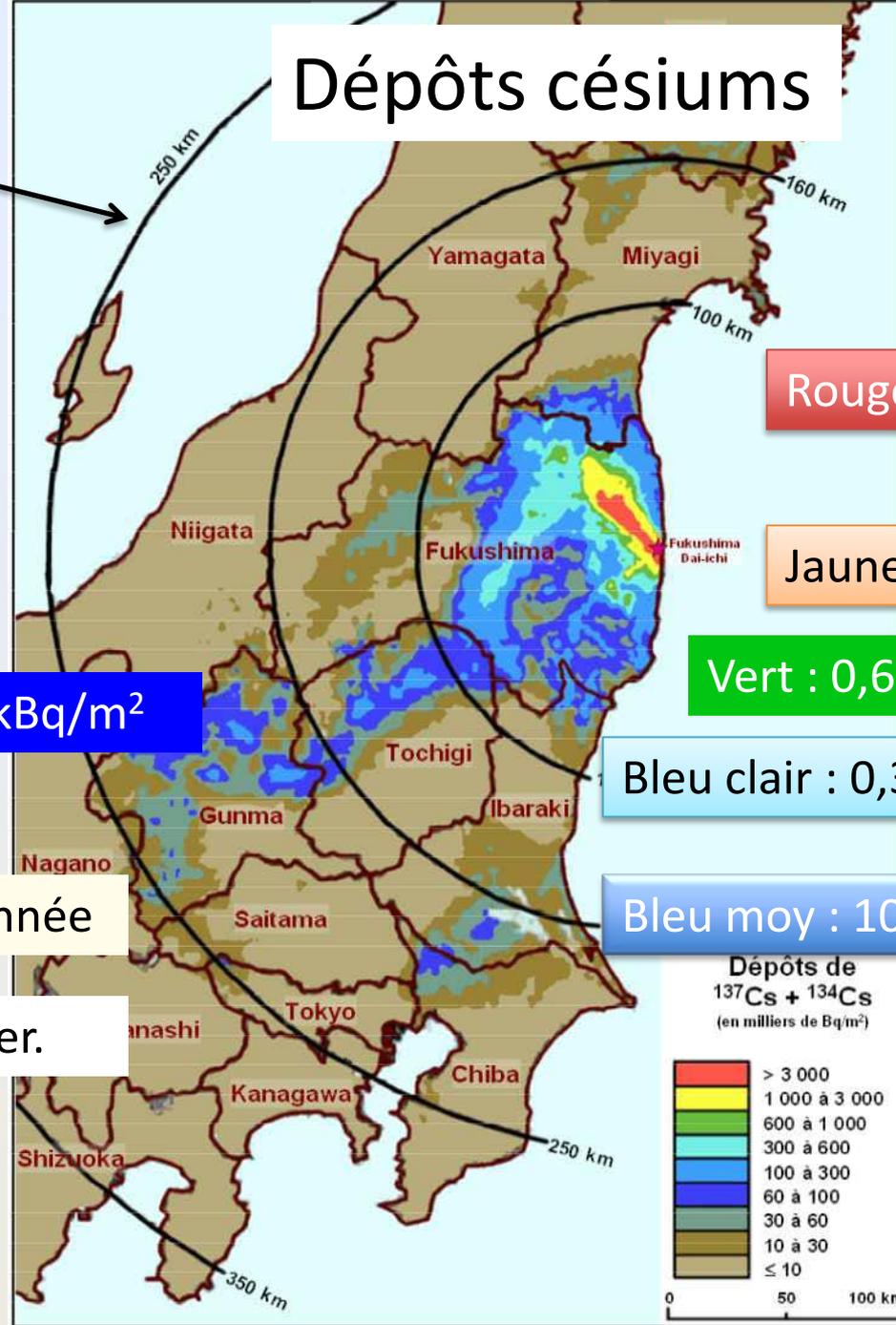
- En dehors de ces radionucléides communs aux deux accidents, une différence fondamentale avec Tchernobyl réside dans le fait qu'à Fukushima les rejets atmosphériques de radionucléides **peu volatils** comme le strontium, le Ruthénium... et **réfractaires** comme le plutonium, le zirconium, le cérium... **ont été limités**.
- à Fukushima : détection de faibles concentrations de ^{89}Sr , ^{90}Sr , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, $^{140}\text{La}/^{140}\text{Ba}$, ^{95}Nb , ^{238}Pu uniquement dans les zones les plus contaminées.

Dépôts radioactifs

- Tchernobyl : taches de léopard sur toute l'Europe dont 24.000 km² avec dépôts de Cs > 10.000 Bq/m²
- 13.000 km² dépassant 600 kBq/m² autour de Tchernobyl
- Fukushima : taches de léopard jusqu'à 250km
- zone max de 600 km² dépassant 600 kBq/m²
- Une zone rouge > 3000 kBq/m²

Dépôts césiums

Zone 250 km



Rouge : $> 3\text{MBq}/\text{m}^2$

Jaune : $> 1\text{MBq}/\text{m}^2$

Vert : $0,6 \text{ à } 1 \text{ MBq}/\text{m}^2$

Bleu clair : $0,3 \text{ à } 0,6 \text{ MBq}/\text{m}^2$

Bleu moy : $100 \text{ à } 300 \text{ kBq}/\text{m}^2$

Bleu foncé : $60 \text{ à } 100 \text{ kBq}/\text{m}^2$

$1\text{MBq}/\text{m}^2 = 1,5 \text{ mSv sur l'année}$

$1\text{MBq}/\text{m}^2 = 2 \text{ à } 4 \mu\text{Sv}/\text{h ext.}$

Source : Ph.
RENAUD/IRSN

Facteurs influant sur l'impact environnemental

- **La configuration géographique** : Tchernobyl au cœur du continent européen : dispersion totale des rejets sur des zones terrestres habitées
- Fukushima : île au bord de la mer, dispersion d'une grande partie (vents d'ouest) des rejets au dessus de l'océan inhabité
- **Période de l'accident**: Tchernobyl : au milieu du printemps impact important sur les cultures feuilles et l'élevage: contamination du lait et de la viande

Facteurs influant sur l'impact environnemental

- **Période de l'accident**
- Fukushima : à la sortie de l'hiver. Végétation encore peu développée, peu de production alimentaire, dans les zones contaminées (présence de neige), bétail en stabulation.
- Seuls les légumes feuilles de jardin, genre épinards, choux et les champignons ont présenté des contaminations significatives

Facteurs influant sur l'impact environnemental

- Les rejets liquides

- Tchernobyl: pas de rejets liquides significatifs, impact sur le milieu aquatique par retombées atmosphériques et ruissellement des surfaces.
- Fukushima : Importants rejets liquides vers le milieu marin du 21 mars au 6 avril 2011, de 3 à 6 PBq en ^{137}Cs et 3 fois plus en ^{131}I *

* source SFRP/ D. Champion mars 2015

Conséquences sur les travailleurs

- Tchernobyl : 2 morts immédiates, 134 cas de syndrome d'irradiation aigüe, 28 décès dans les 4 premiers mois et sans doute plus après
 - 600.000 liquidateurs ayant reçu des doses élevées
 - DED à Pripjat durant l'évacuation : 10 mSv/h le 27 avril 1986
- Fukushima : aucun décès imputable à l'accident ni syndrome d'irradiation aigüe répertorié
- Dose efficace maximale reçue la plus élevée < 700 mSv
8 travailleurs > 250 mSv (norme passée de 50 à 250 mSv/an)
 - DED élevé vers le 15 mars de 12,5 mSv/h à l'entrée du site

MOUVEMENTS DES POPULATIONS

Evacuation obligatoire dès le 12 mars 2011 dans un rayon de 20km, ce qui a évité des expositions élevées, et **conseillée** dans un rayon de 20 à 30 km autour de Fukushima Daiichi.

- Plus de 70.000 personnes sur 2 millions ont quitté le dept. de Fukushima après la catastrophe.
- En tout 127.000 auraient été évacuées et 145.000 en comptant les évacuations délibérées. Mais chiffre incertain.
- Plusieurs communes sont redevenues accessibles : en avril le gouvernement nippon a autorisé le retour de 357 personnes dans une partie de la ville de Tamura, jusqu'à présent située dans une zone interdite.

Nombre de personnes évacuées : 127 000

Depuis les zones évacuées : 79 000

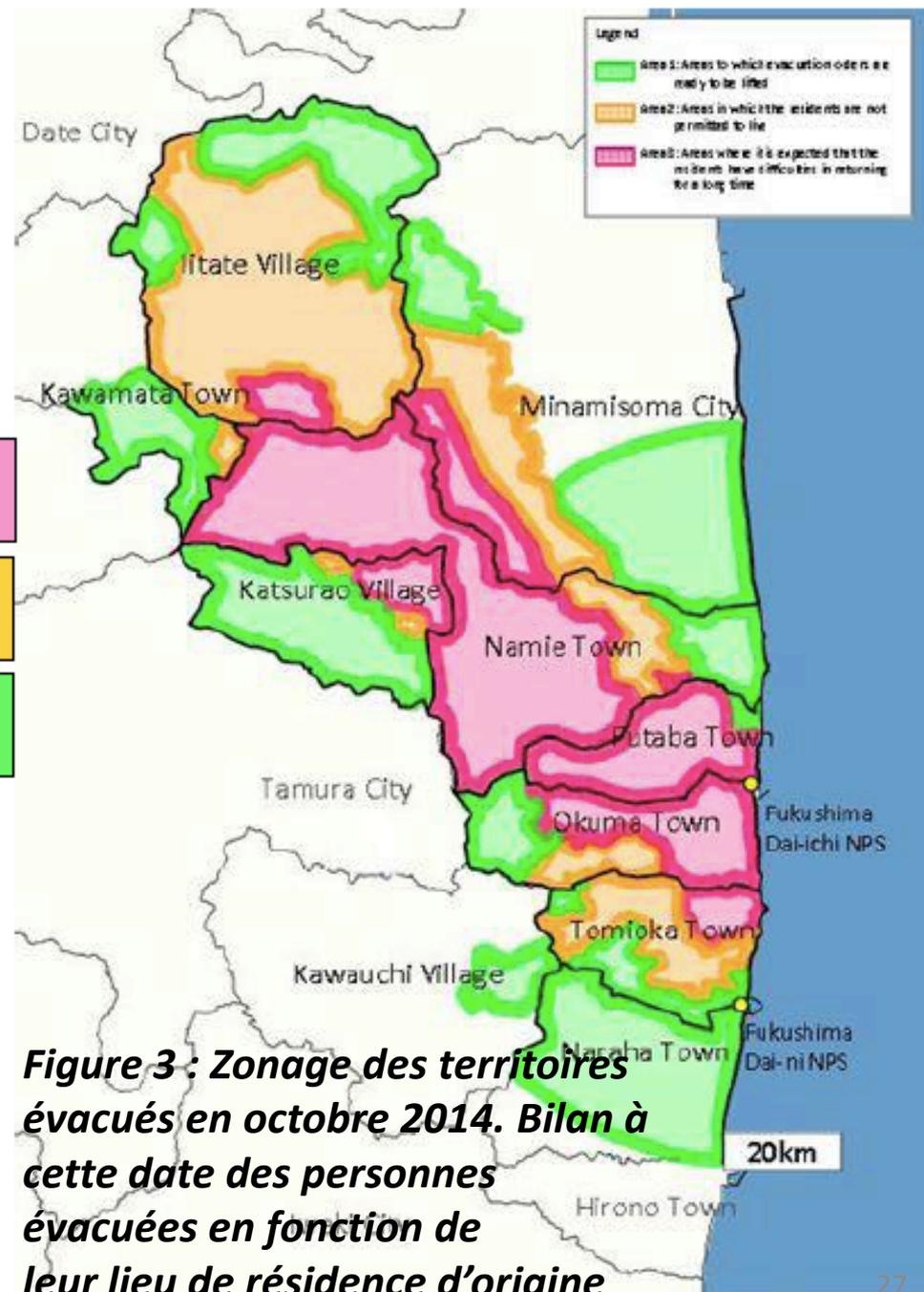
Depuis les zones à retour difficile : 24 000

Depuis les zones à séjour restreint : 23 000

Depuis les zones préparant le retour : 32 000

Depuis les zones à évacuation envisagée : 20 000

Volontaires à partir d'autres zones : 28 000



Aménagement d'accessibilité des territoires

- *« Courant avril 2012, 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) » **
- ** doc rapport IRSN 13/07/2012*

Zone d'évacuation élargie

Zone retour difficilement envisageable à long terme

Zone d'accès restreint

Zone retour pas autorisé à court terme

En vert : zone retour en préparation

- Area1:**
Areas to which evacuation orders are ready to be lifted
- Area2:**
Areas in which residents are not permitted to live
- Area3:**
Areas where it is expected that residents will face difficulties in returning for a long time

Lifting designation of restricted areas in Tamura City and Kawauchi Village from April 1, 2012, and Minamisoma City from April 16, 2012

©2010 ZENRINCO, LTD.

Traumatisme des populations évacuées

- Dans ces zones de retour en 2014 la valeur de l'exposition est limitée à 1 mSv. (cf diapo 91)
- cependant les habitants ont des angoisses pour leur santé même avec ces faibles doses. En majorité les personnes âgées acceptent de retourner dans leur village , mais les jeunes avec enfants ont quitté au bout de 3 ans les logements temporaires de 15m² sans espoir de retourner dans leur village.
- Il n'y a plus de vie communautaire de commerce ...
- d'ou une grande angoisse pour l'avenir

ACCOMPAGNER LES HABITANTS DANS LES ZONES CONTAMINEES

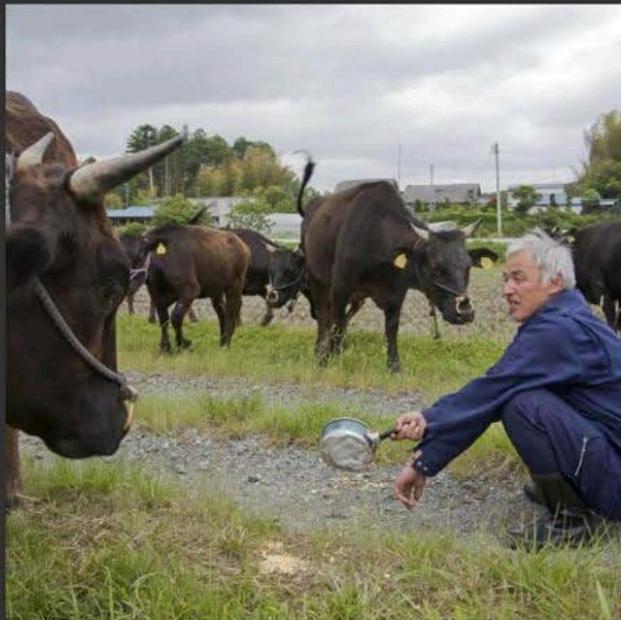
- Ryoko ANDO, une habitante d'IWAKI, a créé une association de citoyens : « ETHOS » pour améliorer le quotidien et soutenir les habitants qui sont revenus vivre dans le village de SUETSUGI, à 27 km de la centrale sinistrée.
- Elle est soutenue par un professeur de physique de l'université de Tokyo, Ryugo HAYANO, qui participe à une initiative internationale mettant en relation la société civile avec des scientifiques.

Mouvements des populations

Beaucoup de résidents étaient heureux de rentrer chez eux mais restaient inquiets des effets sanitaires des rayonnements.

Ils sont confrontés en permanence à des dépôts radioactifs qui influent sur leur quotidien. L'association « ETHOS » leur propose un soutien technique leur permettant l'évaluation et la gestion du risque radiologique. Les mères de famille mesurent l'éventuelle contamination interne de leurs enfants à l'hôpital d'HIRATA avec le « babyscan », développé par R. Hayano.

Certains
résidents
n'ont pas
voulu
évacuer la
zone
restreinte



- Naoto MATSUMURA 53 ans agriculteur survenant aux besoins des animaux abandonnés



- Kelgo SAKAMOTO 58 ans refusant d'abandonner ses 500 bêtes

Effets sanitaires

- En plus des 20 000 décès dus au tsunami on comptabilisait au 1er septembre 2014, 1603 décès dus au stress et au fait de vivre dans des conditions précaires et 204 disparus après le tremblement de terre.
- Aucun décès lié à l'accident nucléaire de Fukushima DAIICHI, mais l'évacuation a conduit à des décès (non radio-induits) précoces de personnes âgées ou souffrant de maladies chroniques
-

Effets sanitaires

- Le premier rapport de l'OMS en 2012 avait surestimé les doses, le rapport plus récent de l'UNSCEAR en 2014 a bénéficié de données plus nombreuses et plus récente , aboutissant à des résultats qui restent en cohérence (bien que supérieures) avec les doses réellement reçues par la population et les travailleurs.
- L'UNSCEAR conclut qu'il n'y aura pas de pathologies pré ou post natale
- Qu'il existe une **possibilité théorique** de cancers de la thyroïde chez les enfants les plus exposés
- Il cite: **“the most important and manifest health effects of the nuclear accident in the short term would appear to be on mental and social well-being“**

Objectifs de l'enquête Fukushima Health management

- Elle porte sur la totalité (2 millions) des personnes présentes lors de l'accident sur la préfecture de Fukushima.
- - Estimer l'exposition externe et interne reçue par la population après l'accident (basic survey)
- - Surveiller la santé de cette population sur le long terme et promouvoir leur bien-être futur
- - évaluer les effets, dus à des expositions faibles doses, sur la santé à long terme
- Des aides téléphoniques (avec l'université médicale), des DVD d'explication distribués par les mairies, et des vidéos (YouTube peuvent rassurer ces personnes sur leur avenir.

Fukushima Health Management (FHM) Survey

External Exposure Estimation

Basic Survey

Subjects: Residents (2 million) as of March 11, 2011
Method: Self-administered questionnaire survey
Content: Details of whereabouts and daily routine from March 11 onwards to estimate exposure.

Follow-ups

'Health Management File'

- ☆ To keep health checkup records
- ☆ To provide information on radiation

Database

- ◆ To provide long-term monitoring of residents' health
- ◆ To guide treatment
- ◆ To inform and guide future generations

- Whole Body Counter
- Dosimeter

Health Status Assessment

Detailed Surveys

Thyroid Ultrasound Examination

Subjects: Residents aged 18 years or younger
Content: Ultrasound examination Survey period: Three years

Comprehensive Health Check

Subjects: Residents in evacuation zones
Content: General health checkup items with differential leukocyte count

Subjects: Residents outside evacuation zones
Content: General health checkup items

Promotion of municipal and workplace health checkups

Additional health checkups to reach residents not included in current services

Mental Health and Lifestyle Survey

Pregnancy and Birth Survey

Consultation and support

Follow-up

Treatment

Basic survey

- Estimation de la dose externe à partir de questionnaires remplis par les résidents sur leur mode de vie et de déplacements depuis le 11 mars 2011.
- 27 % ont répondu au questionnaire complet et 3,1% au questionnaire simplifié
- cette étude a conduit aux résultats suivants : sur les 4 mois depuis mars 2011 :

Basic survey

effectif	Dose estimée En mSv	effectif	Dose estimée En mSv
279118	< 1	73	Entre 8 et 9
142344	Entre 1 et 2	39	Entre 9 et 10
24597	Entre 2 et 3	34	Entre 10 et 11
1457	Entre 3 et 4	31	Entre 11 et 12
496	Entre 4 et 5	13	Entre 12 et 13
376	Entre 5 et 6	12	Entre 13 et 14
227	Entre 6 et 7	8	Entre 14 et 15
114	Entre 7 et 8	12	> 15

448.012

927

Surveillance Thyroïde

- Protéger la santé des enfants par des dépistages en échographie
- début avril 2014 fin avril 2016
- fréquence tous les deux ans jusqu'à l'âge de 20 ans
- taux de participation au 31 dec 2014 : 48, 6% soit 106.068 enfants de 25 municipalités

Management du suivi de santé

- Suivi des paramètres cliniques, sanguins, urinaires:
- taille , poids , TA
- Glycosurie, protéinurie, NFS , glycémie, urée, créatinine, cholestérol, transaminases
- Résultats : **augmentation des anomalies** avec l'âge chez l'homme : obésité, métabolismes glucidique et lipidique, hypertension, troubles hépatiques d'où recommandations sur les habitudes de vie.

Enquête santé mentale et surveillance du style de vie

- 212.738 habitants des zones évacuées ont répondu au 15 janvier 2015. Début: janvier 2012
- - Questionnaire et/ou interview par téléphone :
- - Les états de santé mental et physique
 - Le style de vie (régime alimentaire, sommeil, consommation d'alcool et de tabac, exercice physique)
 - Les activités
 - L'environnement et les relations (adultes)
- - Evaluation et analyse des réponses (en fonction de l'âge – 5 catégories - et du sexe) par des médecins et autres professionnels de santé de l'Université Médicale de Fukushima, combinées à une prise en charge de soutien psychologique, en cas de besoin, par une équipe de psychiatres et d'infirmières au sein d'un réseau: “Mental Health Support”

Grossesse et surveillance à la naissance

- Améliorer les soins obstétricaux et prénataux et apporter un soutien aux femmes enceintes ou ayant un nourrisson au moment de l'accident
- pas d'augmentation du nombre de prématurés, ni d'anomalies congénitales
- Diminution de l'incidence du syndrome dépressif post natal chez les femmes

Conclusions

- Les habitants de Fukushima se préoccupent davantage de leur santé qu'auparavant
- Ils ressentent beaucoup d'anxiété d'où l'importance de la grande enquête « Fukushima health management survey
- avec les “ universités de Nagasaki et d'Hiroshima”, la “ Radiation Effects Research Foundation”, le “National Institute of Radiological Science” , et la “Fukushima Medical Association “
- Les pathologies liées aux RI risquent de se trouver en dessous du niveau détectable.

Difficultés

- Les évacués souhaitant s'établir ailleurs ont bénéficié de la gratuité de logements publics vacants, mais sans politique d'aide à l'emploi permettant une intégration durable.
- Dans ces logements provisoires prévus pour 2 ans, ils paient des charges et doivent acheter les aliments qu'ils produisaient auparavant, beaucoup étant fermiers, l'allocation de 100.000 yens (780€) restant insuffisante pour subvenir à leurs besoins.

Difficultés

- Beaucoup de familles étaient propriétaires et ont encore des crédits. Elles sont éloignées de leur village sans possibilité de retour immédiat. Il leur est difficile de tout abandonner sans un droit au refuge.
- Ces situations aboutissent à une augmentation des divorces, des suicides et des dépressions
- elles exacerbent l'anxiété et les pathologies déjà présentes.

Relation entre la Dose et les détriments aux tissus vivants

Plusieurs paramètres conditionnent les effets biologiques des RI sur le tissu vivant et la relation qui les **lie est variable et complexe**. Parmi les facteurs essentiels :

l'activité, la période physique et biologique, le type de rayonnement, l'énergie, la distance, les écrans, **le mode d'exposition externe ou interne, l'organe critique**, la présentation physico-chimique, la toxicité, la transférabilité...

Dose efficace totale

- En fait la dose efficace totale peut être délivrée soit par exposition externe seule, soit par exposition interne seule (conséquence de la contamination), soit par les deux.

$$E_{\text{tot}} = E_{\text{externe}} + E_{\text{interne}}$$

- L'exposition interne constitue la **dose efficace ENGAGÉE**
Car elle est intégrée sur une période plus ou moins longue

Effets sanitaires dus aux dépôts radioactifs

Les dépôts radioactifs entraînent 2 phénomènes:

- **une exposition externe**, évaluée en terme de débit d'équivalent de dose ($\mu\text{Sv/h}$ et mSv/h) et de dose intégrée (en μSv ou mSv) sur l'année ou sur une période déterminée.
- **Une exposition interne** due soit à l'inhalation de gaz et poussières radioactives soit, plus majoritairement, par l'ingestion de denrées ou d'eau contaminées (^{131}I , ^{137}Cs + ^{134}Cs) pouvant entraîner une exposition de la thyroïde surtout chez les jeunes enfants.
- On passe alors des Bq/kg aux doses en μ ou mSv par des facteurs de **Dose Par Unité d'Incorporation (DPUI)** en Sv/Bq

Relation activité/dose efficace pour l'exposition interne

L'ingestion de **1000Bq** en 1 an

enfant 2 ans

adulte 17ans

^{137}Cs : 12 μSv

13 μSv

^{60}Co : 27 μSv

3,4 μSv

^{131}I : 180 μSv

22 μSv

Grandeurs de radioprotection

Dose absorbée: (D) elle traduit la cession d'énergie à la matière. Unité le gray. $1 \text{ Gy} = 1\text{J/kg}$

Dose équivalente: (H) C'est le produit de la dose D par un facteur de **pondération radiologique** W_r évaluée en sievert (Sv)

Dose efficace :(E) C'est le produit de la dose équivalente H par un facteur de **pondération tissulaire** W_T qui traduit la vulnérabilité d'un tissu particulier. Evaluée en Sv également.

Grandeurs de radioprotection

Notions de dose équivalente et efficace

$$H_T = D_T \cdot W_R$$

Dose équivalente = dose en gray . Facteur de pondération radiologique
Sv Gy

$$E = \sum W_T \cdot H_T = \sum W_R \sum W_T \cdot D_T$$

Dose efficace = somme des doses équivalentes. Facteur de pondération tissulaire

Sv

Sv

Gy

Facteur de pondération radiologique

CIPR 60

Rayonnements (R)	Valeur de W_R
Photons	1
Electrons et muons	1
Neutrons, $E < 10$ keV	5 (!CIPR 103)
Neutrons, $10 \leq E \leq 100$ keV	10 (!)
Neutrons, 100 keV $< E \leq 2$ MeV	20 (!)
Neutrons, 2 MeV $< E \leq 20$ MeV	10 (!)
Neutrons, $E > 20$ MeV	5 (!)
Protons (autres que protons de recul), énergie > 2 MeV	5 (2 CIPR 103)
Particules alpha, produits de fission, noyaux lourds.	20

Facteur de pondération tissulaire CIPR 60

Tissu ou organe (T)	Valeur de W_T
Gonades	0.20 (0,08)*
Moelle rouge	0.12
Colon	0.12
Poumons	0.12
Estomac	0.12
Vessie	0.05 (0,04)*
Poitrine	0.05 (sein 0,12)*
Foie	0.05 (0,04)*
Œsophage	0.05 (0,04)*
Thyroïde	0.05 (0,04)*
Peau	0.01
Surface des os	0.01
Reste	0.05

* = Nulle. Valeur
de la CIPR 103

Valeurs limites. Normes de base

- Travailleurs exposés (exp tot.) **20 mSv/12mois dose efficace**
 - Peau 500 mSv (dose équivalente)
 - Cristallin * 150mSv (dose équivalente)
 - Femmes enceintes <1mSv efficace sur l'enfant
-
- Public (exp.tot.) **1 mSv (dose efficace)**
 - Peau 50 mSv (dose équival.)
 - Cristallin 15 mSv (dose équival.)
 - * cette valeur va changer: 20mSv/an en moy. et 50mSv sur une année

Nouvelles limites max dans la directive Euratom 2013/59

Type de dose	Equivalente peau extrémités	Equivalente cristallin	Efficace
Public	50	15	1
Etudiants 16/18	150	15	6
Cat B	150	15	6
Cat A	500	>15 et ≤ 20	20

Autres valeur limites (France)

- Il y a celles fixées par l'art. R.4451-15 du Code du travail : exposition exceptionnelles :
- Le double des valeurs limites fondamentales soit:
- **40 mSv en dose efficace totale**
- **et 1 sv en dose équivalente** sur peau , mains, avant bras , pieds et chevilles.

Autres valeurs limites

- En cas de situation d'urgence radiologique l'article R. 1333-86 établit pour le groupe le plus exposé, une **limite de 100 mSV** , pendant la durée de la mission, pouvant aller **jusqu'à 300 mSV** lorsque l'intervention est destinée à **protéger des personnes**.
- Tepco a porté de 50 à 250 mSv la dose efficace max pour certains travailleurs devant l'urgence de la situation

Dose efficace engagée

- L'exposition interne consécutive à une incorporation = prélèvement par l'organisme de radionucléides dans le milieu extérieur par inhalation, ingestion ou voie cutanée (idem ing)
- $E_{int} = I_{inh} \cdot h(g)_{inh} + I_{ing} \cdot h(g)_{ing}$
- $Sv = Bq \cdot Sv/Bq + Bq \cdot Sv/Bq$
- $h(g)$ = coefficient de dose efficace engagée par inhalation ou par ingestion. On le désigne aussi sous le terme de **DPUI**: **D**ose **P**ar **U**nité d'**I**ncorporation

Dose efficace engagée

- C'est la somme des doses équivalentes engagées dans les divers tissus par suite d'une incorporation, multipliées chacune par le facteur de pondération tissulaire W_T approprié.

$$E(\tau) = \sum_T W_T \cdot H_T(\tau)$$

Grandeurs opérationnelles

(Grandeur physique x coefficient de conversion)

- Les mesures d'ambiance sont réalisées par des instruments de mesure **d'équivalent de dose ambiante et directionnelle** notée $H^*(d)$ et $H'(d,\Omega)$
- Pour la dosimétrie individuelle on utilise **l'équivalent de dose individuel ou personnel** $H_p(d)$
- La profondeur d reflète la valeur moyenne à laquelle sont situés les tissus les plus radiosensibles $d= 10\text{mm}$ (OE), 3mm (cristallin) ou $0,07\text{mm}$ (peau) voir tome II chap 1.4 Page12

Grandeurs et unités pour évaluer le risque radioactif

- Dans le cas de Fukushima seront seuls employés les **débits d'équivalent de dose** pour mesurer l'intensité de l'exposition externe $H^*(10)$ en $\mu\text{Sv/h}$ et mSv/h . (En multipliant par le temps on obtient la dose efficace en μSv ou mSv)
- et les **doses efficaces engagées par ingestion** de produits contaminés en $\text{Bq/kg} \cdot \text{Sv/Bq}$ (utilisation des DPUI) pour obtenir des sieverts.
- Entre la contamination déposée en KBq/m^2 et la dose subie on utilise un facteur expérimental empirique qui dépend du temps de présence extérieur/intérieur.

Quelques valeurs de contamination sur les denrées alimentaires et l'eau

- En ce qui concerne l'iode 131 (8,04j) , sa contribution ne fut plus significative à partir du 3ème mois .
- Seuls les deux radionucléides Cs 134 (30 ans) et Cs 137 (2,06 ans) seront donc considérés pour estimer les doses efficaces engagées reçues après mai 2011
- En mars, seules les productions maraichères de jardin présentèrent de la contamination ainsi que les crosses de fougères et les champignons

fruits	Municipalité	KBq/m2	Activité min/max Moy Bq/kg	Facteur T m ² /kg
Abricots	Kori-machi	101	320 33/330	3.10 ⁻³
	Date-shi	99	210 110/760	2.10 ⁻³
	Minamisoma-shi	83	530 250/750	3.10 ⁻³
	Iwaki-shi	30	95 77/110	3.10 ⁻³
	Mito-shi	5,7	37 33/40	6.10 ⁻³
Cerises	Fukushima-shi	101	84 70/96	8.10 ⁻⁴
Pêches	Date-shi	99	47 24/90	5.10 ⁻⁴
pommes	Kori-machi	101	73 39/62	7.10 ⁻⁴
poires	Fukushima-shi101	17	23 14/36	2.10 ⁻⁴
raisins	Date-shi	99	27 31/35	3.10 ⁻⁴

Contamination en ¹³¹I

Type de légume	min	max
Brocoli	<10	17.000
Laitue	<10	1.100
Epinards	<10	54.100
Choux	<10	5200

En mars- avril 2011

Exemple de calcul de dose à la thyroïde chez l'enfant de 1 an

- Reprenons les valeurs max des épinards : 54.100 Bq/kg , pour 100g d'ingéré :

- H la dose équivalente = $54.100 \cdot 0,1 \cdot 3,6 \cdot 10^{-6} *$

$H_{\text{thyr}} = 19,5 \text{ mSv}$ à la thyroïde arrondi à 20 mSv

Comme W_t thyroïde = 0,05

la dose efficace $E = 20 \cdot 0,05 = 1 \text{ mSv}$ à l'Organisme entier

* = DPUI thyroïde

Contamination

- la contamination des productions agricoles est restée majoritairement très en-deçà des normes de commercialisation de 500 Bq/kg pour les radiocésiums et 2000 Bq/kg pour l'iode 131, y compris sur la Préfecture de Fukushima.
- A partir de 2012, les dépassements de la nouvelle norme japonaise de 100 Bq/kg n'ont plus concerné que les denrées sauvages (gibiers, champignons saisonniers), les denrées issues de végétaux qui avaient des feuilles au moment des retombées radioactives : pousses de bambou, crosses de fougères... et quelques échantillons de denrées agricoles (végétales) cultivées dans les localités situées en périphérie de la zone évacuée, notamment du riz, du sarrasin et graines de soja
- (Source IRSN actualisation des connaissances mars 2015)

TABLE 4.1–8. SUMMARY OF COUNTRYWIDE MEASUREMENTS OF RADIOCAESIUM IN AGRICULTURAL PRODUCTS [129]

Product	Total number of reported samples	Per cent of vegetable samples			
		<50 Bq/kg	50–100 Bq/kg	>100 Bq/kg	
<i>March 2011–31 March 2012</i>					
Wheat and barley	557		95.15	4.85	
Vegetables	12 671		96.96	3.04	
Fruits	2 732		92.31	7.69	
Pulses	Soy bean	534	97.00	3.00	
	Other pulses	155	100.00	0.00	
Other cultivated plants	498		96.79	3.21	
Mushrooms and wild edible plants	3 856		79.80	20.20	
<i>April 2012–31 March 2013</i>					
Wheat and barley	1 818	100.00	0	0	
Vegetables	18 570	99.92	0.05	0.03	
Fruits	4 478	98.37	1.34	0.29	
Pulses	Soy bean	4 069	97.75	1.68	0.57
	Other pulses	329	97.26	2.13	0.61
Other cultivated plants	3 094	96.77	2.78	0.45	

Exposition interne consécutive

- Pour les rares personnes, qui ont consommé des produits locaux très contaminés en iode 131 (légumes-feuilles et champignons essentiellement), les doses à la thyroïde ont alors pu atteindre quelques dizaines, voire la centaine de milli-Sievert.
- Pour le reste de l'année 2011, les doses dues aux seuls césiums 134 et 137 (l'iode ayant quasiment disparu par décroissance radioactive au terme des trois premiers mois) **ont été très faibles au regard de l'importance des dépôts radioactifs.**
- Les résultats des mesures individuelles d'activité corporelle de césium, réalisées sur plus de 106 096 résidents de la Préfecture de Fukushima à partir de juin 2011 montrent que la valeur **de 1 mSv n'a été dépassée que pour 26 personnes .**
- Source : IRSN actualisé des connaissances mars 2015

Calcul de dose Thé Fukushima

Echantillon n° 1 , en provenance de Shizuoka (300 à 500 km de Fukushima)

$$\text{Cs 137 : } A=(153 \pm 17) \text{ Bq / kg}$$

$$\text{Cs 134 : } A= (114 \pm 18) \text{ Bq / kg}$$

$$\text{K40 : } A=(830 \pm 190)\text{Bq /kg}$$

Mesures effectuées au laboratoire accrédité COFRAC “LABRADOR” à IPN Lyon

Calcul dose Thé Fukushima

- La dose efficace est donnée par les relations :

- Pour l'ingestion

- $$E = A_{ing} \times D.P.U.I.*$$

- $$Sv = Bq \times Sv/Bq$$

Pour l'inhalation on remplace A_{ing} par A_{inh}

- DPUI = Dose par Unité d'Incorporation
- A_{ing} Activité effectivement ingérée
- A_{inh} = Activité effectivement inhalée
- * valeurs dans l'arrêté du 1 septb. 2003

Dose Thé Fukushima

- Valeurs des DPUI -ingestion pour les radioéléments concernés :
- Cs 137 : $1,3 \cdot 10^{-8}$ Sv/Bq Cs 134 : $1,9 \cdot 10^{-8}$ Sv/Bq
- K40 : $6,2 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq
- Exemple: échantillon N°1 calculons pour un kg
-
- Pour le 137 Cs
- $E_{137} = 153 \times 1,3 \cdot 10^{-8} = 1,989 \cdot 10^{-6}$ Sv soit environ $2 \mu\text{Sv}$
-
- Pour le 134 Cs
- $E_{134} = 114 \times 1,9 \cdot 10^{-8} = 2,166 \cdot 10^{-6}$ soit environ 2,2 microsievert ($2,2 \mu\text{Sv}$) par excès
- Au total la consommation de un kg de thé contaminé par ces deux radionucléides conduit à une dose de :
- $2 + 2,2 = 4,2 \mu\text{Sv}$.

Calcul dose thé Fukushima

- Donc pour atteindre la valeur de 1mSv (ou 1000 μ Sv) il faudrait ingérer $1000/4,2 = \mathbf{238 \text{ kg}}$ de thé dans l'année .

Calcul de la dose annuelle incorporée par une personne qui consommerait 2 tasses de thé chaque jour, soit 30g /jour :

- $0,030 \times 365 \times 153 = 1675 \text{ Bq}$ de ^{137}Cs et
- $0,030 \times 365 \times 114 = 1248 \text{ Bq}$ de ^{134}Cs
- Doses sur l'année : $(1675 \times 1,3 \cdot 10^{-8}) + (1248 \times 1,9 \cdot 10^{-8}) =$ en transformant en microsievert : $21,77 + 23,7 = \mathbf{45,5 \mu\text{Sv/an}}$ pour **1095g de thé ingérés**
- Nota des valeurs de 553 Bq/kg en ^{137}Cs et 485 Bq/kg en ^{134}Cs furent mesurées dans du thé vert de shizuoka le 2 juillet 2011.
soit 16 μSv pour 1 kg de thé vert.

Et le Potassium 40?

- La radioactivité en K 40 est la même pour les deux échantillons. Elle est indépendante de l'accident, et correspond à l'activité naturelle de la plante due à un transfert dans le végétal de l'activité naturelle du sol.
- Le métabolisme de notre organisme établit un équilibre en potassium entre les apports (bol alimentaire) et les rejets (essentiellement urine et fèces), de telle sorte que l'activité naturelle en K40 chez l'homme est constante : de l'ordre de 4500 Bq pour un homme de 70kg. Elle conduit à une dose annuelle de 0,19 mSv (190 μ Sv) par an, identique pour l'adulte et l'enfant, car elle est proportionnelle principalement à la masse du squelette rapportée à la masse corporelle totale.

Contamination marine

- Du fait des rejets d'eaux contaminées en mer en provenance de la centrale de Fukushima et des lessivages des terres par les eaux de pluie, la concentration des eaux en ^{137}Cs à 2 km du site restent stables entre 0,01 et 5 Bq/l, soit 10000 fois plus faibles qu'en avril 2011.
- A 30 km la fourchette est entre 0,007 et 0,2 Bq/l
- les sédiments sont plus actifs : 1000 à 5000 Bq/kg sec (zone des 80 km) et 10 fois plus faibles jusqu'à 280km

Poissons

- Depuis mai 2012 TEPCO a mis en place une surveillance de la contamination des organismes marins par plusieurs stations proches de la centrale
- Les poissons restent les organismes qui présentent les niveaux de césium les plus élevés dépassant encore parfois la valeur NMA de 100 Bq/kg
- Dans la zone de Fukushima, sur les poissons demersaux* vivant sur le fond, des valeurs plus élevées de 1.700Bq/kg frais furent mesurées en nov 2012
- Au large des autres préfectures on note parfois des valeurs encore supérieure à 100 Bq/kg, la valeur moyenne stagnant autour des 10 Bq/kg frais en 2014
- * congres, raies, ainames, lançons, sebastes, grondins ...

Le contexte élevage

- La contamination des produits de l'élevage est directement liée à celle de leur nourriture.
- Elle est restée très modérée du fait de pratique d'importation de fourrage. La période de fin d'hiver a évité les contaminations directes foliaires du fait d'absence de feuilles développées .
- Ainsi les denrées agricoles et d'élevage sont restées en majorité en dessous des normes fixées par le japon

11 March 2011–31 March 2011	173	95.38	4.05	0.58
1 April 2011–31 March 2012	1 764	100	0	0
1 April 2012–31 March 2013	2 453	100	0	0
1 April 2013–31 March 2014	2 052	100	0	0

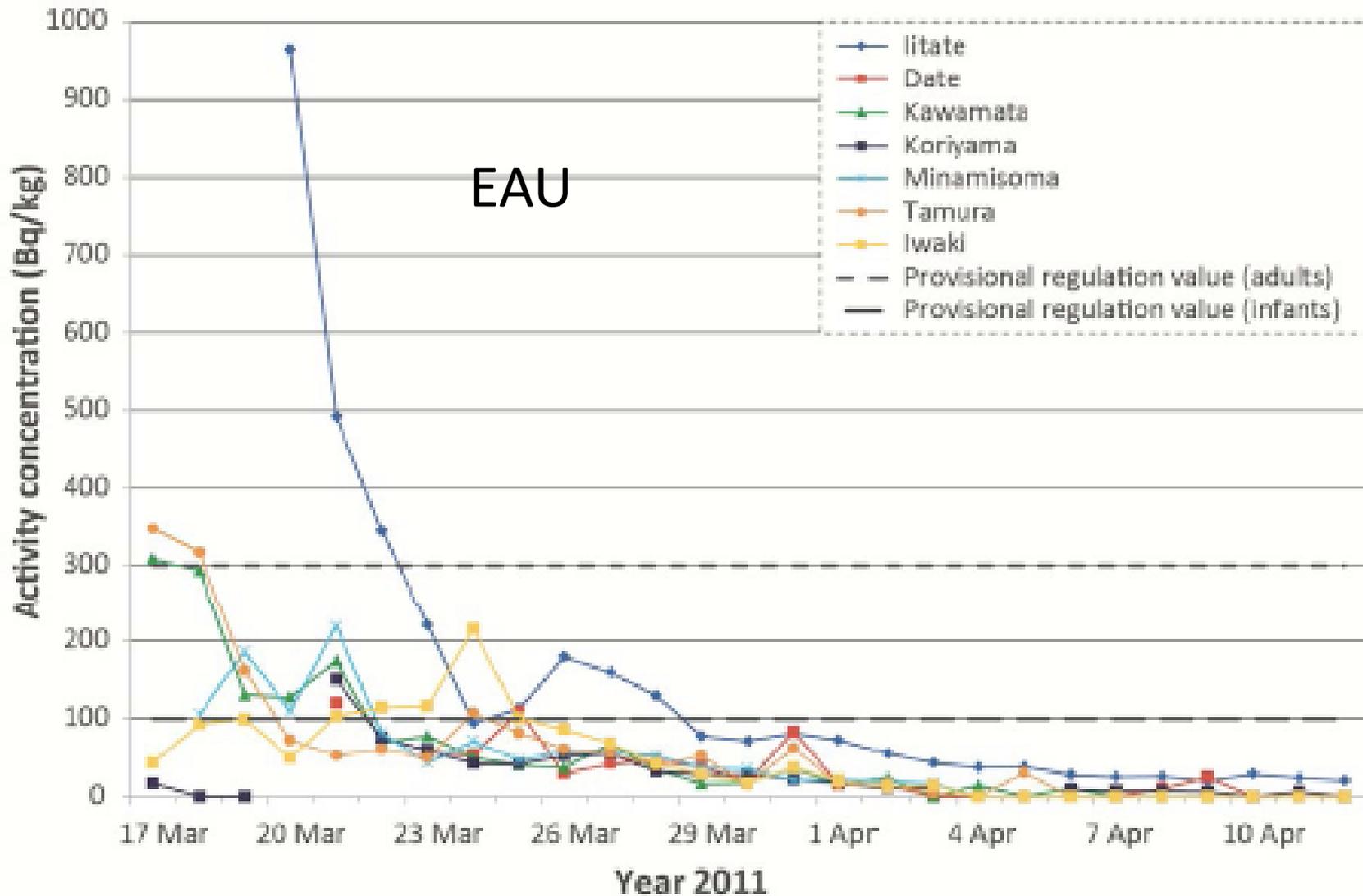
TABLE 4.1–10. SUMMARY OF COUNTRYWIDE MEASUREMENTS OF RADIOCAESIUM IN MEAT AND EGGS FOR ALL PREFECTURES IN JAPAN

Period		No. of samples	Per cent of samples in ranges		
			<50 Bq/kg	50–100 Bq/kg	>100 Bq/kg
11 March 2011– 31 March 2012	Beef	91 973	98.81		1.19
	Pork	538	98.88		1.12
	Chicken	240	100.00		0
	Egg	443	100.00		0
	Other	23	100.00		0
1 April 2012– 31 March 2013	Beef*	74 168	99.97	0.02	0.01
	Beef**	113 008	99.99	0.01	0
	Pork	984	99.70	0.20	0.10
	Chicken	472	100.00	0	0
	Egg	565	100.00	0	0
	Other	99	97.98	1.01	1.01

* 1 April–September 2012

** October 2012–March 2013

Rapport AIEA 2014



Séminaire UBP 20 nov. 2015 **FIG. 4.1-32 Levels of ^{131}I measured in tap water supplies in Fukushima Prefecture [167].**

Niveaux de radioactivité eau du robinet Tokyo

採水日 Sampling date	ヨウ素131 (¹³¹ I) Bq/kg	放射性セシウム	
		セシウム 134 (¹³⁴ Cs) Bq/kg	セシウム 137 (¹³⁷ Cs) Bq/kg
2011/04/02	1.96	不検出 (ND)	0.45
2011/04/01	2.06	不検出 (ND)	0.45
2011/03/31	3.39	0.35	0.52
2011/03/30	5.09	0.25	0.63
2011/03/29	5.63	不検出 (ND)	0.51
2011/03/28	9.82	0.25	0.56
2011/03/27	19.7	0.47	0.72
2011/03/26	37.2	0.78	1.01
2011/03/25	31.8	0.92	1.22
2011/03/24	25.6	1.01	1.43
2011/03/23	25.8	0.62	0.87
2011/03/22	18.7	0.34	0.31
2011/03/21	5.25	0.23	0.22
2011/03/20	2.93	不検出 (ND)	不検出 (ND)
2011/03/19	2.85	0.15	0.21
2011/03/18	1.47	不検出 (ND)	不検出 (ND)
(参考) 原子力安全委員会が定めた飲食物摂取制限に関する指標	300	200	

Niveaux radioactivité eau du robinet à TOKYO

date	^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs
2011/04/02	1.96	(ND)	0.45
2011/04/01	2.06	(ND)	0.45
2011/03/31	3.39	0.35	0.52
2011/03/30	5.09	0.25	0.63
2011/03/29	5.63	(ND)	0.51
2011/03/28	9.82	0.25	0.56
2011/03/27	19.7	0.47	0.72
2011/03/26	37.2	0.78	1.01
2011/03/25	31.8	0.92	1.22
2011/03/24	25.6	1.01	1.43
2011/03/23	25.8	0.62	0.87
2011/03/22	18.7	0.34	0.31
2011/03/21	5.25	0.23	0.22
2011/03/20	2.93	(ND)	(ND)
2011/03/19	2.85	0.15	0.21
2011/03/18	1.47	(ND)	(ND)

Exemple de calcul de dose efficace engagée

- Eau de Tokyo du 18 mars au 2 avril 2014
activité totale ingérée en ^{131}I à raison de 2l d'eau par jour (boisson et cuisine) pour un adulte
- $2 \times 400 = 800$ Bq (arrondis)
- dose efficace engagée pour cette période :
- $E = 800 \cdot 2,2 \cdot 10^{-8} = 1,76 \cdot 10^{-5}$ Sv soit 18 μSv .
- la dose césium est négligeable
- Pour un enfant de 1 an avec 1l/jour lait reconstitué
- $E = 400 \cdot 1,8 \cdot 10^{-7} = 7,2 \cdot 10^{-5}$ Sv soit 72 μSv

Valeurs limites dans l'eau de boisson

La « Nuclear Safety Commission » avait indiqué des limites maximales tolérables dans l'eau du robinet

- pour l' I-131: 300Bq/L

- pour le Cs 137 : 200 Bq/L

-Mais depuis avril 2012 le japon a adopté des valeurs plus restrictives pour le cesium : 10 Bq/l

*"Guide: Emergency Preparedness for Nuclear Facilities",
Nuclear Safety Commission, June, 1980- final revised in 2010*

Exposition externe

- Le DED dans l'air a diminué d'un facteur 3 entre 2011 et 2013, plus ralenti maintenant (du fait de la décroissance rapide du ^{134}Cs).
- Le DED à l'intérieur est inférieur à celui exter.
- On établit des calculs sur une base 16h à l'inter pour 8h à l'exter avec dose théorique =1/2 de la dose mesurée à l'extérieur
- On essaye d'adopter la valeur opérationnelle $0,23 \mu\text{Sv/h}$ afin de limiter la dose annuelle à 1 mSv. ($0,23 \cdot 8760 = 2000.1 / 2 = 1000 \mu\text{Sv}$)

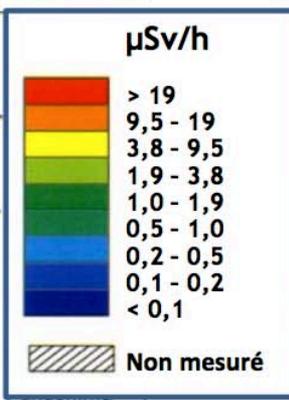
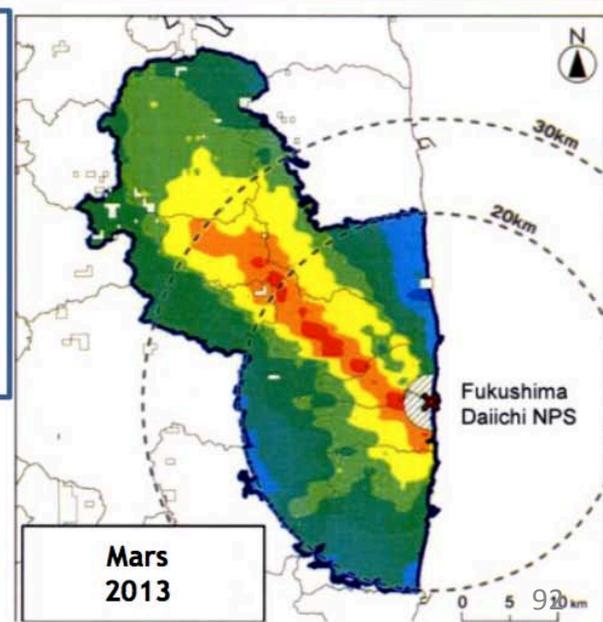
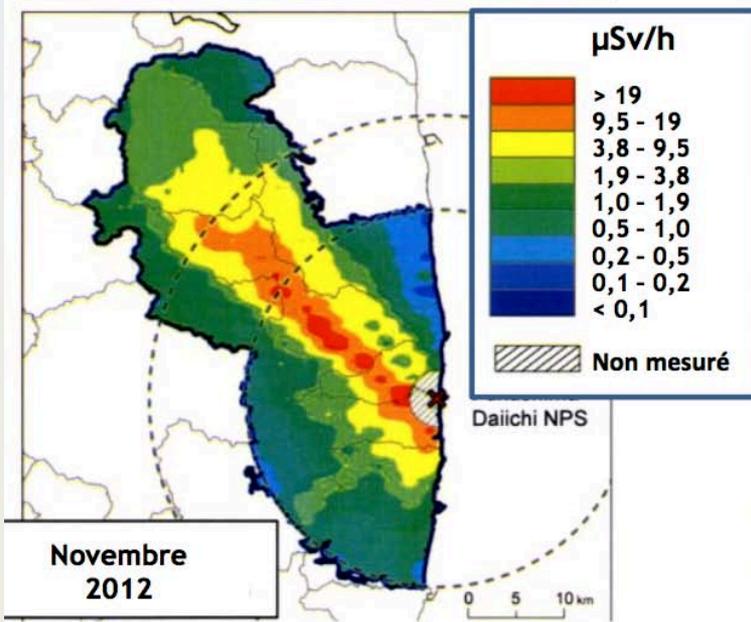
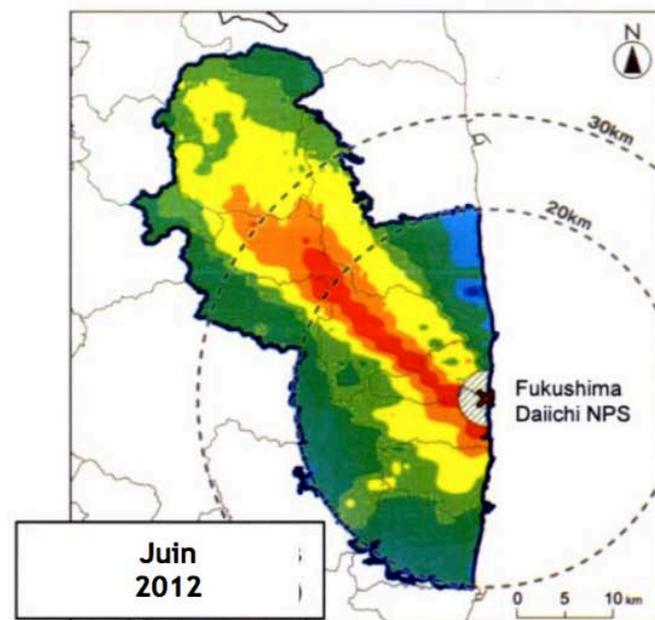
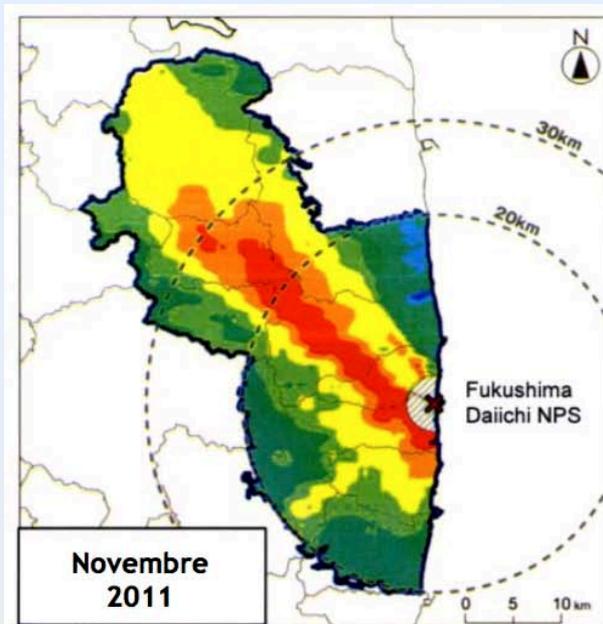
Exposition externe

Dose aux habitants de la ville de Dade

Pourcentage des 18700 habitants objets d'un suivi dosimétrique entre juillet 2013 et juin 2014 (source IRSN 2015)

mSv/an	0-6 ans	7-12 ans	13-15 ans	16-20 ans	21-60 ans	>61 ans
>5	0,00%	0,00%	0,00%	0,04%	0,17%	0,17%
4 – 5	0,00%	0,04%	0,00%	0,08%	0,23%	0,35%
3 – 4	0,14%	0,11%	0,36%	0,93%	0,91%	1,06%
2 – 3	1,02%	1,20%	2,23%	3,93%	4,63%	5,09%
1 – 2	15,63%	17,13%	20,40%	26,52%	28,56%	31,20%
<1	83,21%	81,53%	77,01%	68,49%	65,49%	62,12%

Variation des débits de dose à 1m de hauteur à l'extérieur (Mesures aéroportées)



Source :Fukushima / IRSN mars 2015

Dose efficace externe *estimée* pour les résidents de la préfecture de Fukushima les 4 premiers mois (ref AIEA 2014)

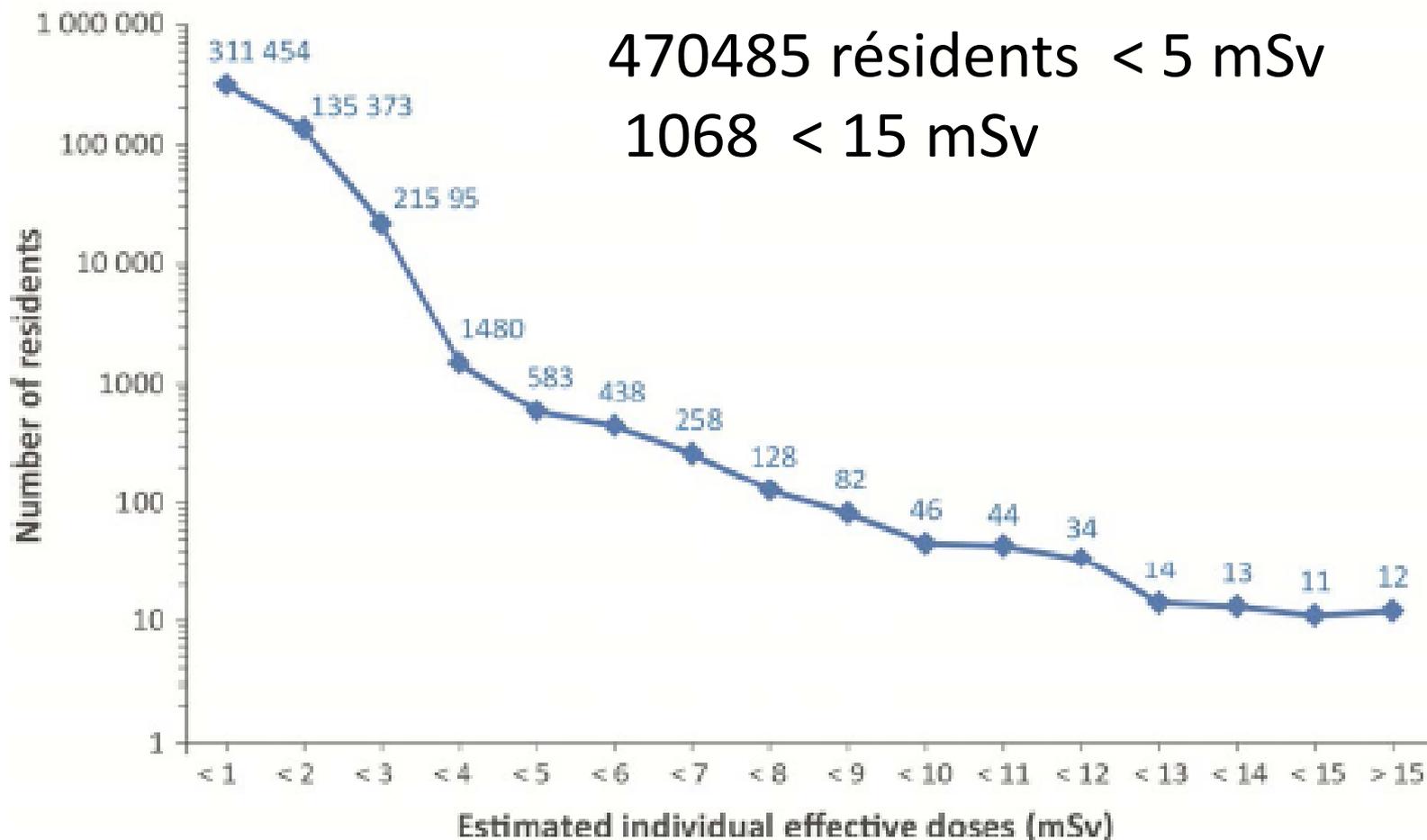


FIG. 4.2-11. Estimated individual effective doses from external radiation for all residents of Fukushima Prefecture for the first four months following the accident [212].

Doses aux travailleurs

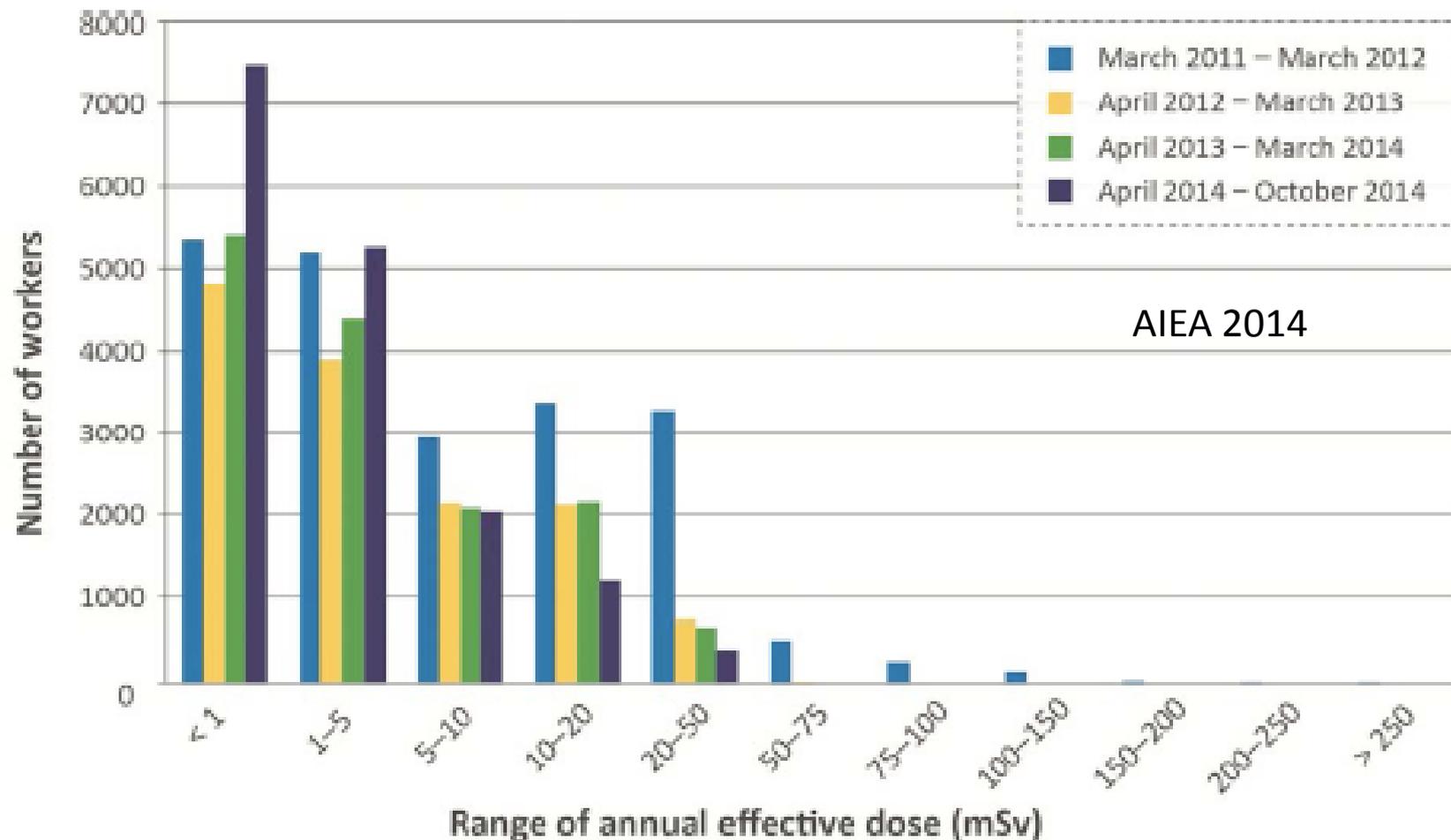


FIG. 4.2-1. The annual effective dose to workers between March 2011 and October 2014 [101].

Rapport AIEA 2014 doses travailleurs

TABLE 4.2-4. COMMITTED EFFECTIVE DOSE (INTERNAL EXPOSURE) DISTRIBUTION TO TEPCO AND CONTRACT WORKERS (MARCH 2011-MARCH 2012) [189]

Classification (mSv)	TEPCO	Contractor	Total
Over 250	5	0	5
200-250	1	0	1
150-200	1	0	1
100-150	7	0	7
75-100	11	11	22
50-75	27	17	44
20-50	191	125	316
10-20	399	311	710
5-10	280	411	691
2-5	223	685	908
2 or less	2 271	16 149	18 420
Total	3 416	17 709	21 125
Max. (mSv)	590.00	98.53	590.00
Average (mSv)	6.00	0.90	1.73



^a Sum of effective dose from external radiation and the committed effective dose.

Doses aux travailleurs les plus exposés

Travailleur	Dose eff totale En mSv	Dose eff engagée En mSv	Dose thyroïde En Sv
A	680	590	11
B	650	540	10,8
C	350	240	4,8
D	310	260	5,2
E	480	430	8,6
F	360	330	6,6

Evolution normes Japon

Radionucléide	Nourrisson	Lait produits laitiers	Liquides destinés à la consommation	Autres denrées
^{131}I	100	300	300	2000
^{134}Cs et ^{137}Cs	200 (50)	200 (50)	200 (10)	500 (100)
^{90}Sr	75	125	125	750
^{239}Pu	1	1	1	10

En rouge valeurs applicables à partir du 1^{er} avril 2012

RÉGLEMENTATION EUROPEENNE

L'art. 31 du traité instituant la communauté européenne de l'énergie atomique, prévoit une commission qui établit, après avis d'un groupe d'experts nommés par le comité scientifique,

- des normes de sécurité dont :
- **des niveaux maximaux admissibles** de contamination RA pour les denrées alimentaires et les aliments pour les animaux, après un accident nucléaire ou toute autre situation d'urgence

Règlementation européenne

- Dès que la commission est informée d'un accident nucléaire ou de niveaux inhabituellement élevés de radioactivité elle arrête immédiatement **un règlement rendant applicable des niveaux maxima admissibles préétablis**, qui font l'objet de contrôles appropriés et de documents douaniers.
- **Ces niveaux sont révisés ou complétés** en fonction des circonstances et de l'évolution des circonstances et de la situation .

Un objectif sanitaire et économique

- Ces mesures sont prises :
- pour éviter que des produits alimentaires contaminés ne soient introduits au sein de la communauté Européenne
- sauvegarder ainsi la santé de la population
- tout en maintenant l'unité du marché et en prévenant le détournement de trafics.
- De nombreux règlements, relatifs à ces niveaux, ont été élaborés depuis Tchernobyl

- Règlement Euratom n° 3954/87 du 22/12/87
- Règlement Euratom n° 944/89 du 12/04/89
- Règlement Euratom n° 2218/89 du 18/07/89
- Règlement CEE n° 2219/89 du 18/07/89
- Règlement Euratom n° 770/90 du 29/03/90
- Règlement d'exécution (UE) n° 297/2011 du 25/03/11
- Règlement d'exécution (UE) n° 351/2011 du 11/04/11
- Règlement d'exécution (UE) n° 284/2012 du 29/03/12
- Règlement d'exécution (UE) n° 996/2012 du 26/10/12
- Règlement d'exécution (UE) n° 495/2013 du 29/05/13
- Règlement d'exécution (UE) n° 322/2014 du 28/03/14
- Règlement d'exécution (UE) n° 2015/328 du 02/03/15

Règlement UE 297/2011 du 25 mars

- C'est le premier règlement relatif à Fukushima qui a imposé les niveaux maximaux préétablis par les règlements antérieurs 3954/87 et 2218/89 de l'Euratom.
- Il s'appliquait dès le 26 mars et jusqu'au 30 juin 2011
- Il a été modifié par le règlement d'exécution n° 351/2011 du 11 avril 2011 du fait que les valeurs de niveaux max du Japon étaient inférieures à ceux de la CE

Règlement primitif préétabli

3954/87 ET 2218/89

NIVEAUX MAXIMAUX ADMISSIBLES POUR LES DENRÉES ALIMENTAIRES ET LES ALIMENTS POUR BÉTAIL (Bq/kg)

	Denrées alimentaires ⁽¹⁾				Aliments pour bétail ⁽²⁾
	Aliments pour nourrissons ⁽³⁾	Produits laitiers ⁽⁴⁾	Autres denrées alimentaires à l'exception de celles de moindre importance ⁽⁵⁾	Liquides destinés à la consommation ⁽⁶⁾	
Isotopes de strontium, notamment Sr-90	75	125	750	125	
Isotopes d'iode, notamment I-131	150	500	2 000	500	
Isotopes de plutonium et d'éléments transplutoniens à émission alpha, notamment Pu-239 et Am-241	1	20	80	20	
Tout autre nucléide à période radioactive supérieure à 10 jours, notamment Cs-134 et Cs-137 ⁽⁷⁾	400	1 000	1 250	1 000	

Règlement UE 351/2011 du 11 avril 2011

Niveaux maximaux pour les denrées alimentaires ⁽¹⁾ (Bq/kg)

*= anc Valeurs du 3954/87 et 2218/89	Aliments pour nourrissons et jeunes enfants	Lait et produits laitiers	Autres denrées alimentaires, à l'exception des liquides destinés à la consommation	Liquides destinés à la consommation
Somme des isotopes de strontium, notamment Sr-90	75	125	750	125
Somme des isotopes d'iode, notamment I-131	100 ⁽¹⁾ (150*)	300 ⁽²⁾ (500*)	2 000	300 ⁽²⁾ (500*)
Somme des isotopes de plutonium et d'éléments transplutoniens à émission alpha, notamment Pu-239 et Am-241	1	1 ⁽²⁾ (20*)	10 ⁽²⁾ (80*)	1 ⁽²⁾ (20*)
Somme de tout autre nucléide à période radioactive supérieure à 10 jours, notamment Cs-134 et Cs-137, à l'exception de C-14 et H-3	200 ⁽²⁾ (400*)	200 ⁽²⁾ (1000*)	500 ⁽²⁾ (1250*)	200 ⁽²⁾ (1000*)

⁽¹⁾ Afin d'assurer la cohérence avec les seuils de contamination actuellement en vigueur au Japon, ces valeurs remplacent provisoirement les valeurs fixées dans le règlement (Euratom) n° 3954/87 du Conseil.

⁽²⁾ Afin d'assurer la cohérence avec les seuils de contamination actuellement en vigueur au Japon, cette valeur remplace provisoirement la valeur fixée dans le règlement (Euratom) n° 770/90 de la Commission.

Règlement UE 284/2012 du 29 mars 2012

Limites maximales (en Bq/kg) prévues par la législation japonaise pour les denrées alimentaires ⁽¹⁾

Applicable le 1
avril 2012

	Aliments pour nourrissons et enfants en bas âge	Lait et boissons à base de lait	Autres aliments, à l'exception: - de l'eau minérale et des boissons similaires - du thé obtenu par infusion de feuilles non fermentées	Eau minérale et boissons similaires; thé obtenu par infusion de feuilles non fermentées
Somme de césium-134 et de césium-137	50 ⁽²⁾	50 ⁽²⁾	100 ⁽²⁾	10 ⁽²⁾

⁽¹⁾ Pour les produits déshydratés destinés à être consommés sous forme reconstituée, la limite maximale s'applique au produit reconstitué prêt à être consommé.

Pour les champignons déshydratés, un coefficient de reconstitution de 5 est appliqué.

Pour le thé, la limite maximale s'applique à l'infusion obtenue à partir des feuilles de thé. Un coefficient de transformation de 50 est appliqué pour le thé déshydraté; ainsi, une limite de 500 Bq/kg applicable aux feuilles de thé séchées permet de garantir que le niveau de radioactivité dans l'infusion ne dépasse pas la limite maximale de 10 Bq/kg.

⁽²⁾ Par souci de cohérence avec les limites maximales actuellement en vigueur au Japon, ces valeurs remplacent provisoirement celles fixées dans le règlement (Euratom) n° 3954/87 du Conseil.

Limites maximales (en Bq/kg) prévues par la législation japonaise pour les aliments pour animaux ⁽¹⁾

	Aliments destinés aux bovins ou équins	Aliments destinés aux porcins	Aliments destinés aux volailles	Aliments destinés aux poissons ⁽²⁾
Somme de césium-134 et de césium-137	100 ⁽²⁾	80 ⁽²⁾	160 ⁽²⁾	40 ⁽²⁾

⁽¹⁾ Le niveau maximal se rapporte aux aliments pour animaux d'une teneur en humidité de 12 %.

⁽²⁾ Dans un souci de cohérence avec les limites maximales actuellement en vigueur au Japon, cette valeur remplace provisoirement celle fixée dans le règlement (Euratom) n° 770/90 de la Commission (JO L 83 du 30.3.1990, p. 78).

Séminaire de l'ANSES sur les aliments destinés aux poissons d'ornement.

Limites maximales (en Bq/kg) prévues par la législation japonaise pour les denrées alimentaires ⁽¹⁾

	Aliments pour nourrissons et enfants en bas âge	Lait et boissons à base de lait	Autres aliments, à l'exception:- de l'eau minérale et des boissons similaires - du thé obtenu par infusion de feuilles non fermentées	Eau minérale et boissons similaires; thé obtenu par infusion de feuilles non fermentées
Somme de césium-134 et de césium-137	50 ⁽¹⁾	50 ⁽¹⁾	100 ⁽¹⁾	10 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Par souci de cohérence avec les limites maximales actuellement en vigueur au Japon, ces valeurs remplacent provisoirement celles fixées dans le règlement (Euratom) n° 3954/87 du Conseil.

Limites maximales (en Bq/kg) prévues par la législation japonaise pour les aliments pour animaux ⁽²⁾

	Aliments destinés aux bovins ou équins	Aliments destinés aux porcins	Aliments destinés aux volailles	Aliments destinés aux poissons ⁽¹⁾
Somme de césium-134 et de césium-137	100 ⁽²⁾	80 ⁽²⁾	160 ⁽²⁾	40 ⁽²⁾

⁽¹⁾ À l'exception des aliments destinés aux poissons d'ornement.

⁽²⁾ Par souci de cohérence avec les limites maximales actuellement en vigueur au Japon, cette valeur remplace provisoirement la valeur fixée dans le règlement (Euratom) n° 770/90 de la Commission du 29 mars 1990 fixant les niveaux maximaux admissibles de contamination radioactive pour les aliments pour bétail après un accident nucléaire ou dans toute autre situation d'urgence radiologique (JO L 83 du 30.3.1990, p. 78).

Aliments pour le bétail

	134 Cs et 137 Cs règl. CE	134 Cs et 137 Cs japon	131 I Japon
Porcs	1250	500	2000
Volailles Agneaux veaux	2500	500	2000
autres	5000	500	2000

Avant 12 avril 2011

Applicable 12 avril 2011

Aliments pour animaux

reglt UE n° 284/2012
applicable le 1 avril 2012

	Vaches et chevaux	Porcs	volailles	poissons
134 Cs + 137 Cs	100	80	160	40

Teneur des aliments en humidité : 12%
Hors poissons d'ornement

Mesures transitoires

Les limites du 284/2012 s'appliquent sauf :

	Fabriqués ou transformés avant le 31 mars 2012	Fabriqués ou transformés avant 30 septb. 2012	Fabriqués ou transformés avant 31 dec. 2012
Lait produits laitiers eau minérale boissons similaires	200		
Autres denrées sauf riz , soja et produits dérivés de ceux ci	500		
Produits à base de riz		500	
Soja récolté et mis sur le marché			500
Produits à base de soja			500

Conclusions

- Une catastrophe de niveau 7
- Des populations déplacées en grand nombre, bien gérées sur le plan des premières évacuations mais difficultés de retour dans les zones
- Des doses efficaces engagées faibles (ingestion des denrées alimentaires) grâce à des niveaux très restrictifs fixés le 1er avril 2012.
- Une contamination importante du milieu marin
- Des populations qui se sentent abandonnées et souffrent d'anxiété pour leur avenir
- Une gestion « à l'aveugle » des réacteurs, sans préparation sur ce type de scénario
- Un manque de culture de sûreté de Tepco
- Des problèmes à long terme de gestion des déchets et de démantèlement des réacteurs.

références

- Congrès SFRP Fukushima 4 ans après-mars 2015
- Ph. Renaud- IRSN
- D. Champion- IRSN
- L. Lebaron-jacobs- CEA

Référence : rapport AIEA 2014



référence

