

**IRSN**

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

*Faire avancer la sûreté nucléaire*

# L'accident de Fukushima, 2 ans après

4 mars 2013



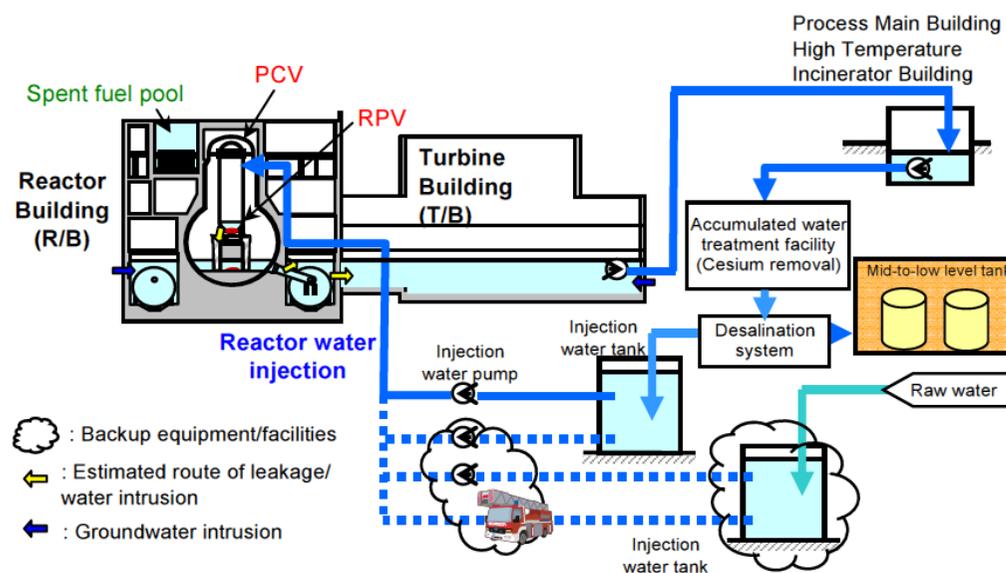
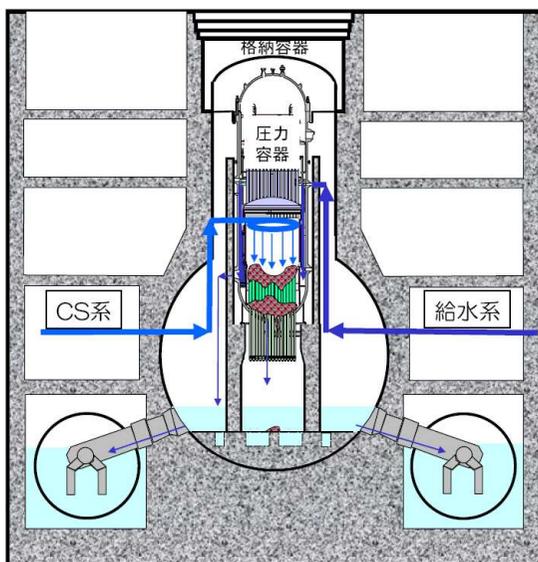
# Situation sur le site de la centrale de Fukushima Dai-ichi



# Situation sur le site de la centrale de Fukushima Dai-ichi

## Réacteurs 1 à 3 :

- **Cuves et enceintes de confinement** : entre 20 et 50 °C
- **Injection d'azote** pour prévenir les risques d'explosion
- **Injection d'eau douce** : < 10 m<sup>3</sup>/h, en réduction



## Reprise des combustibles de la piscine 4 : objectif à fin 2014

- **Enjeu** : évacuer les combustibles (1500) présents en piscine dans un bâtiment accidenté et pouvant être soumis à de nouvelles agressions naturelles
- **À poursuivre pour les piscines 1, 2 et 3**, moins chargées (entre 300 et 600 assemblages)

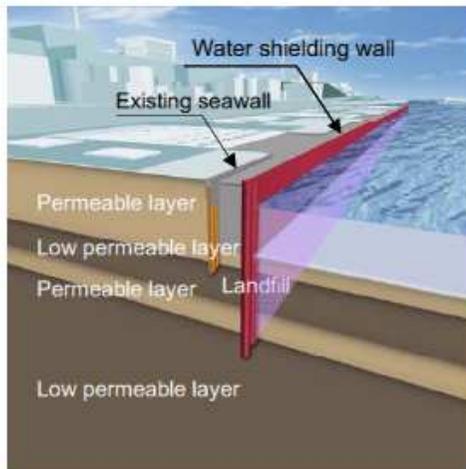
# Situation sur le site de la centrale de Fukushima Dai-ichi

## Persistance de rejets diffus de faible ampleur

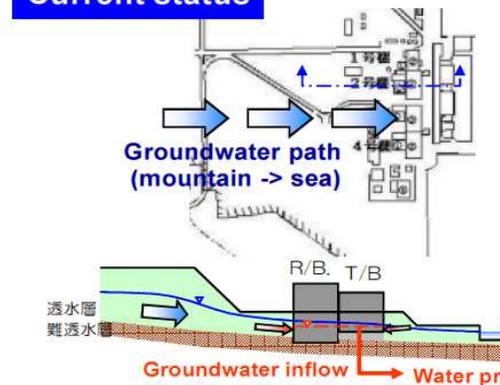
- Poursuite de la couverture des bâtiments réacteurs accidentés (réacteur 1 couvert)



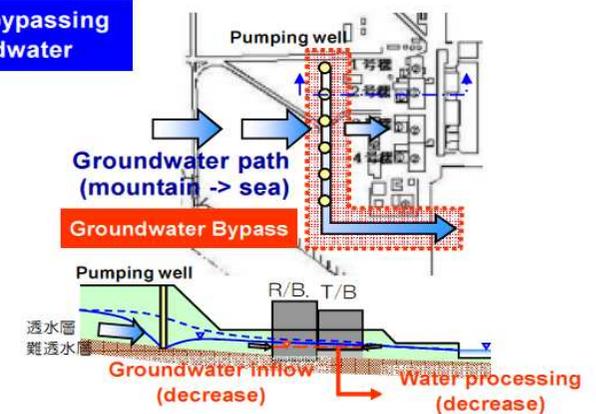
- Traitement des eaux contaminées
- Système de pompage pour rabattre la nappe sous les installations



Current status



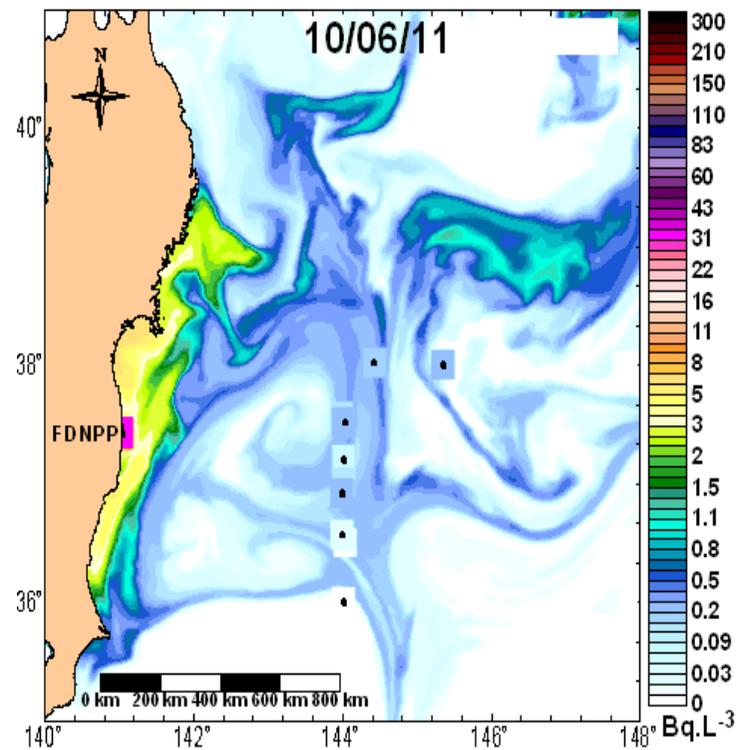
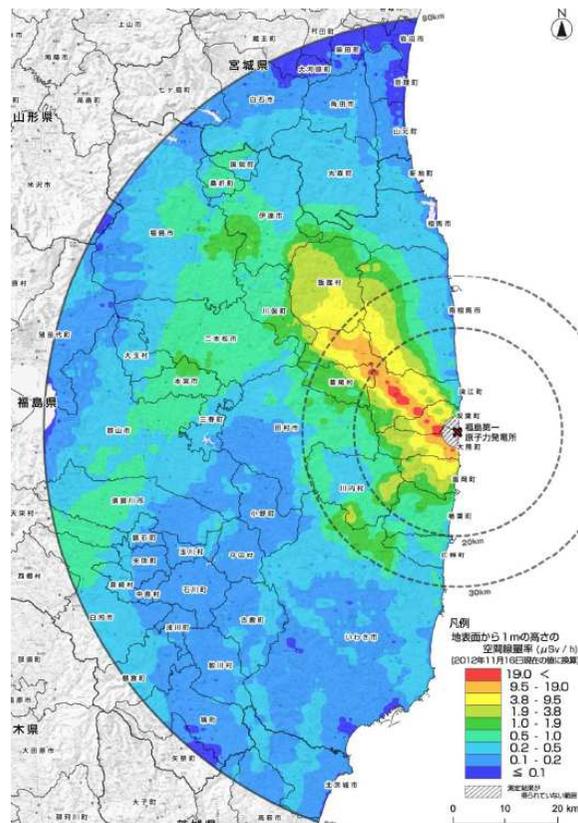
After bypassing groundwater



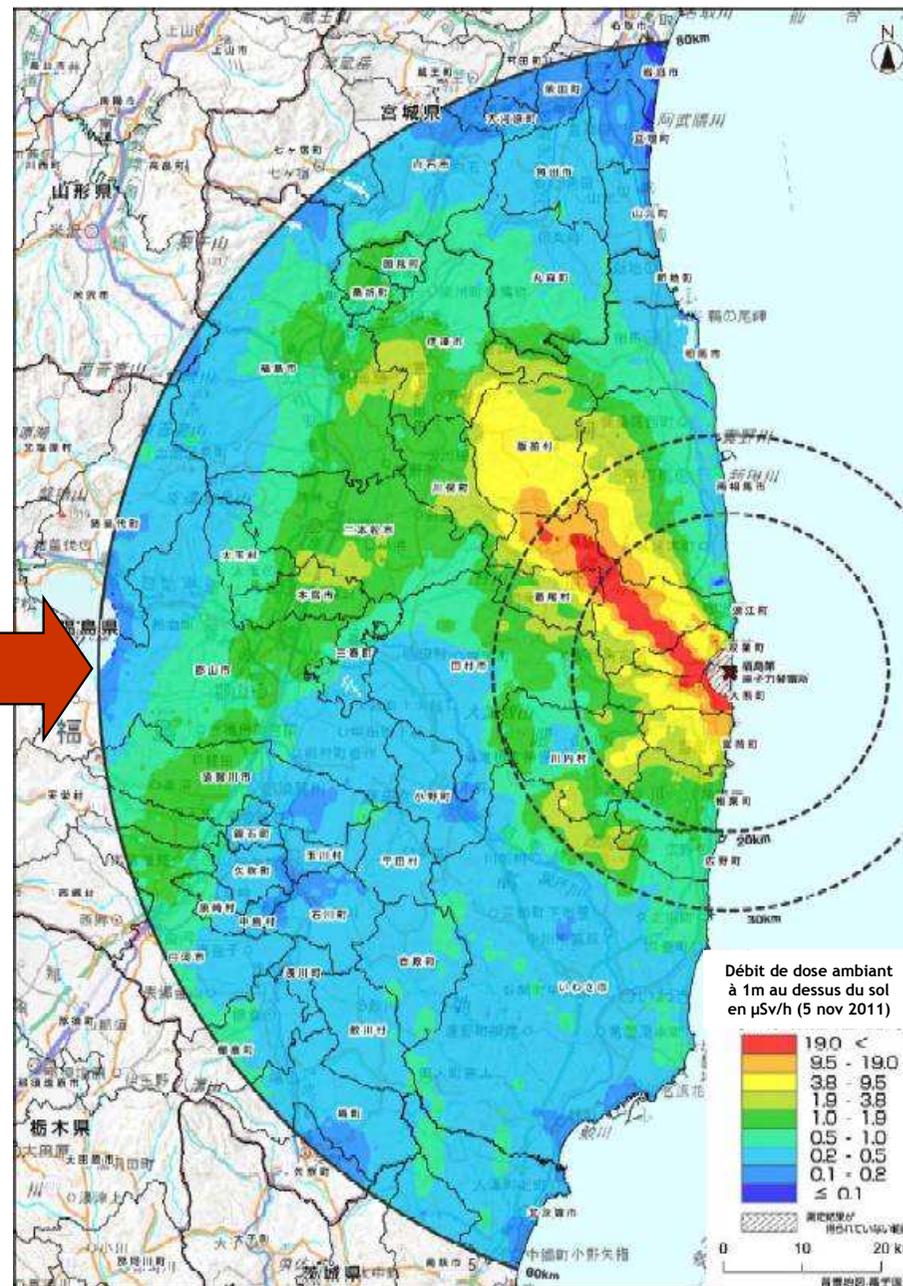
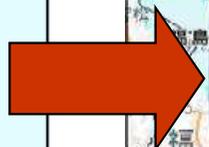
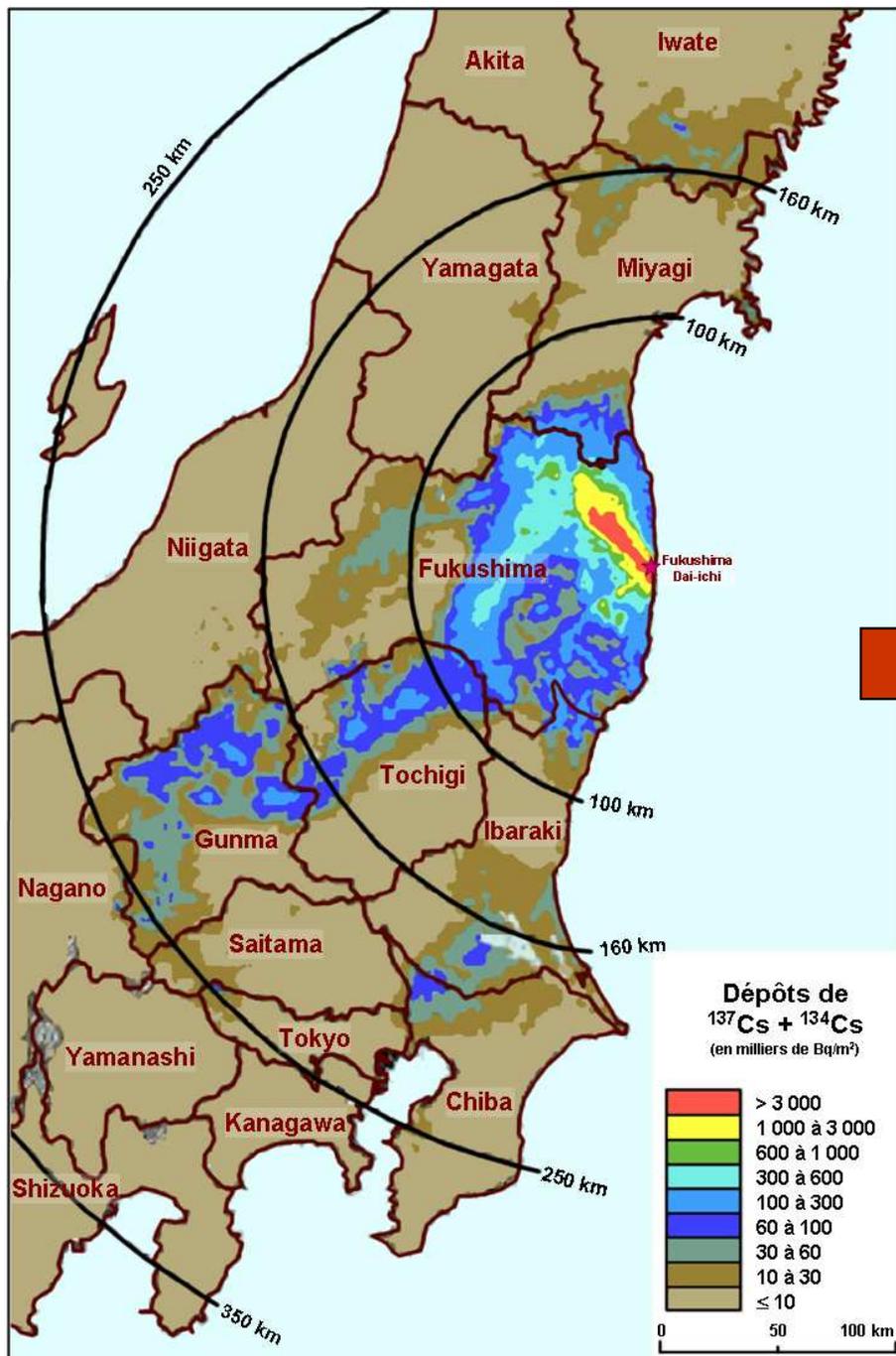
## Plan d'actions TEPCO

- **Etapas à court terme : réalisées à fin 2011**
  - **Reprise de contrôle progressive** : maîtrise des installations, « nettoyage » du site, mise en place de protections contre les agressions...
  
- **Puis 3 phases à moyen et long termes (R&D en cours)**
  - **Phase 1** : jusqu'au début du **retrait du combustible en piscines** (objectif  $\approx$  1 an)  $\Rightarrow$  *Actions multiples en cours pour* :
    - Préparer la reprise des combustibles en piscines
    - Confiner au mieux les bâtiments des réacteurs
    - Maîtriser les eaux contaminées
    - Caractériser les locaux des bâtiments des réacteurs
    - Préparer les interventions sur le combustible des réacteur...
  
  - **Phase 2** : jusqu'au début du **retrait du combustible dégradé des réacteurs** (objectif 10 ans)
  
  - **Phase 3** : jusqu'au retrait complet du combustible endommagé et au **démantèlement complet** (objectif 30 à 40 ans)

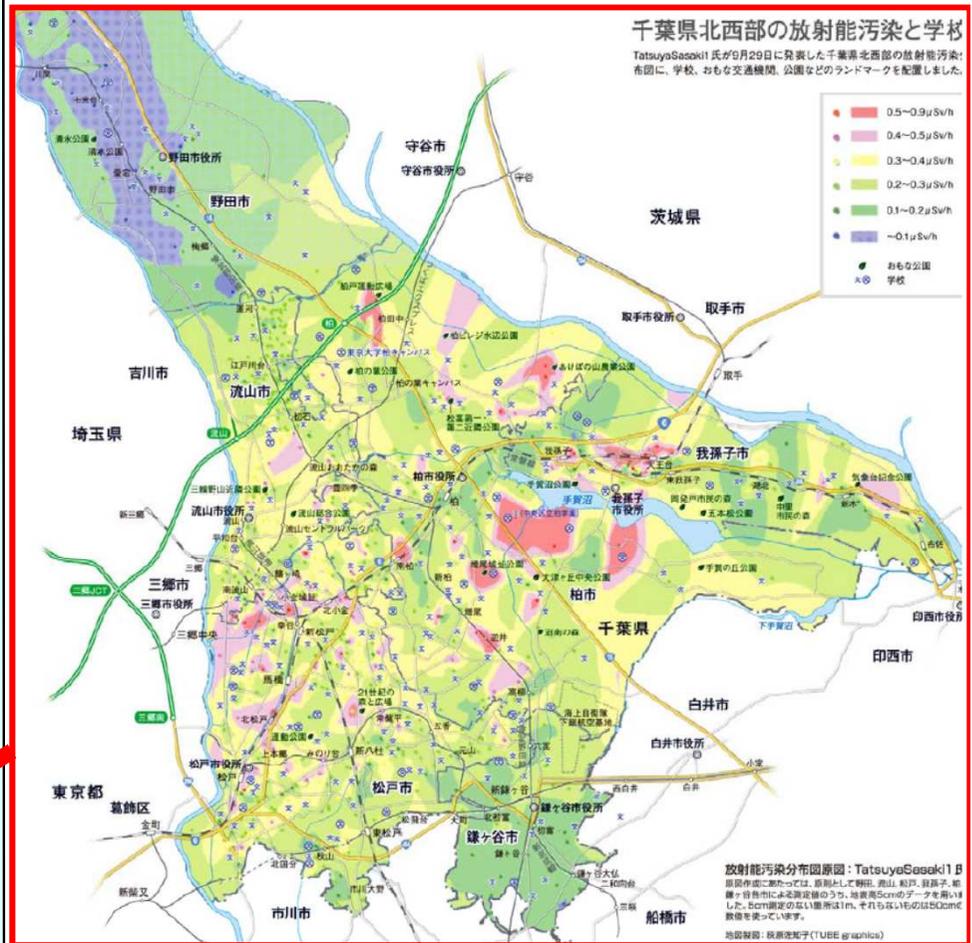
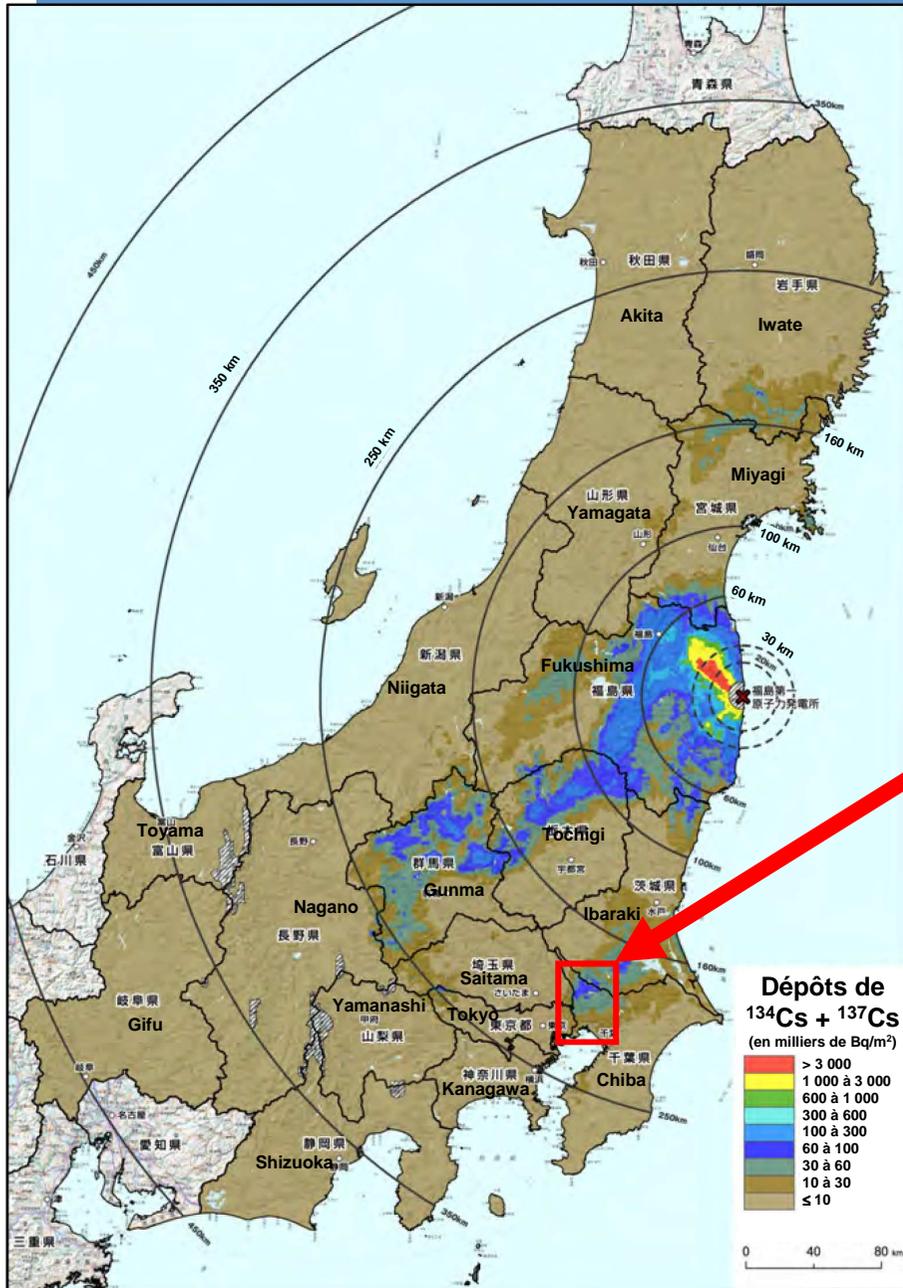
# Situation environnementale



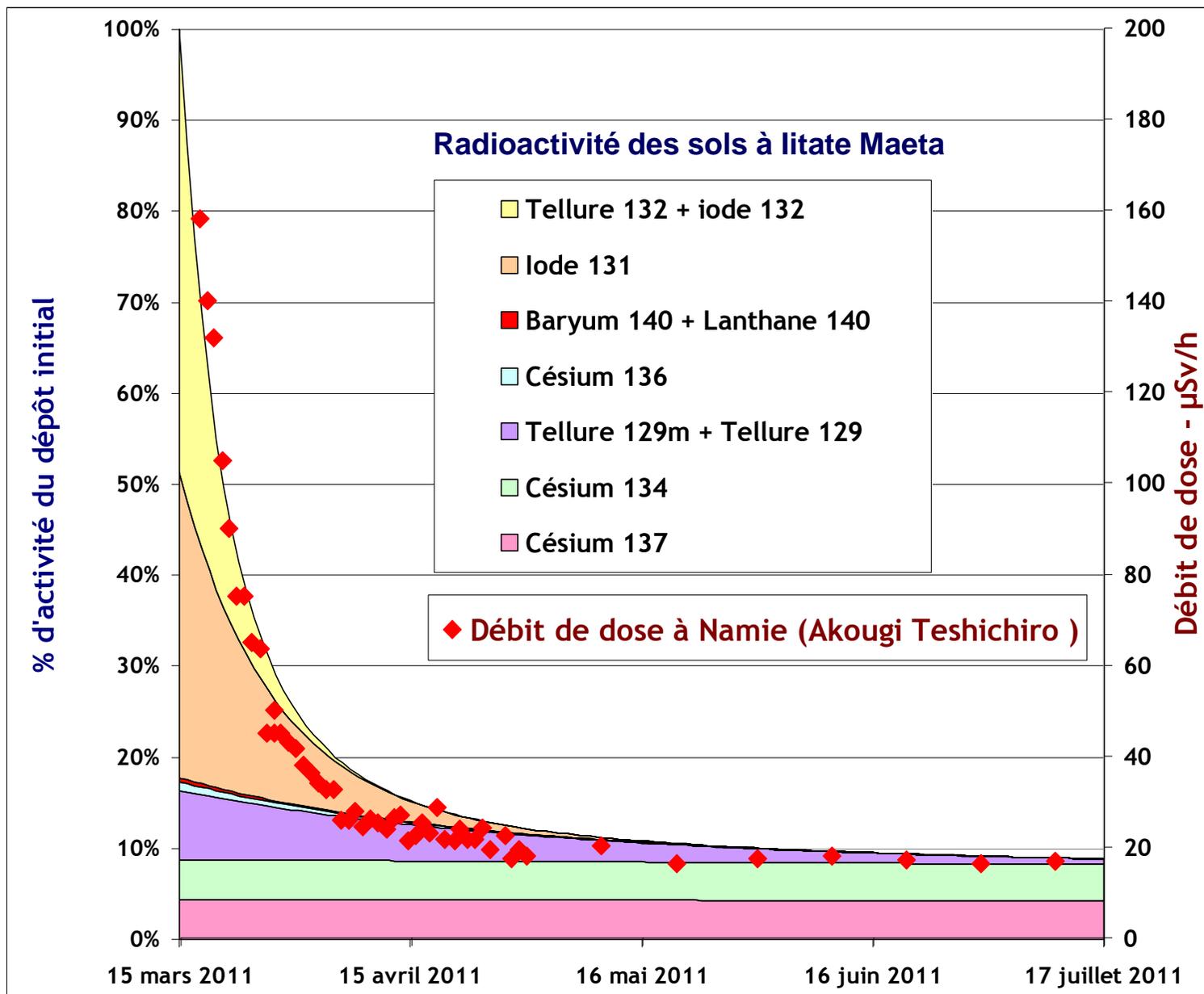
# Les dépôts radioactifs persistants



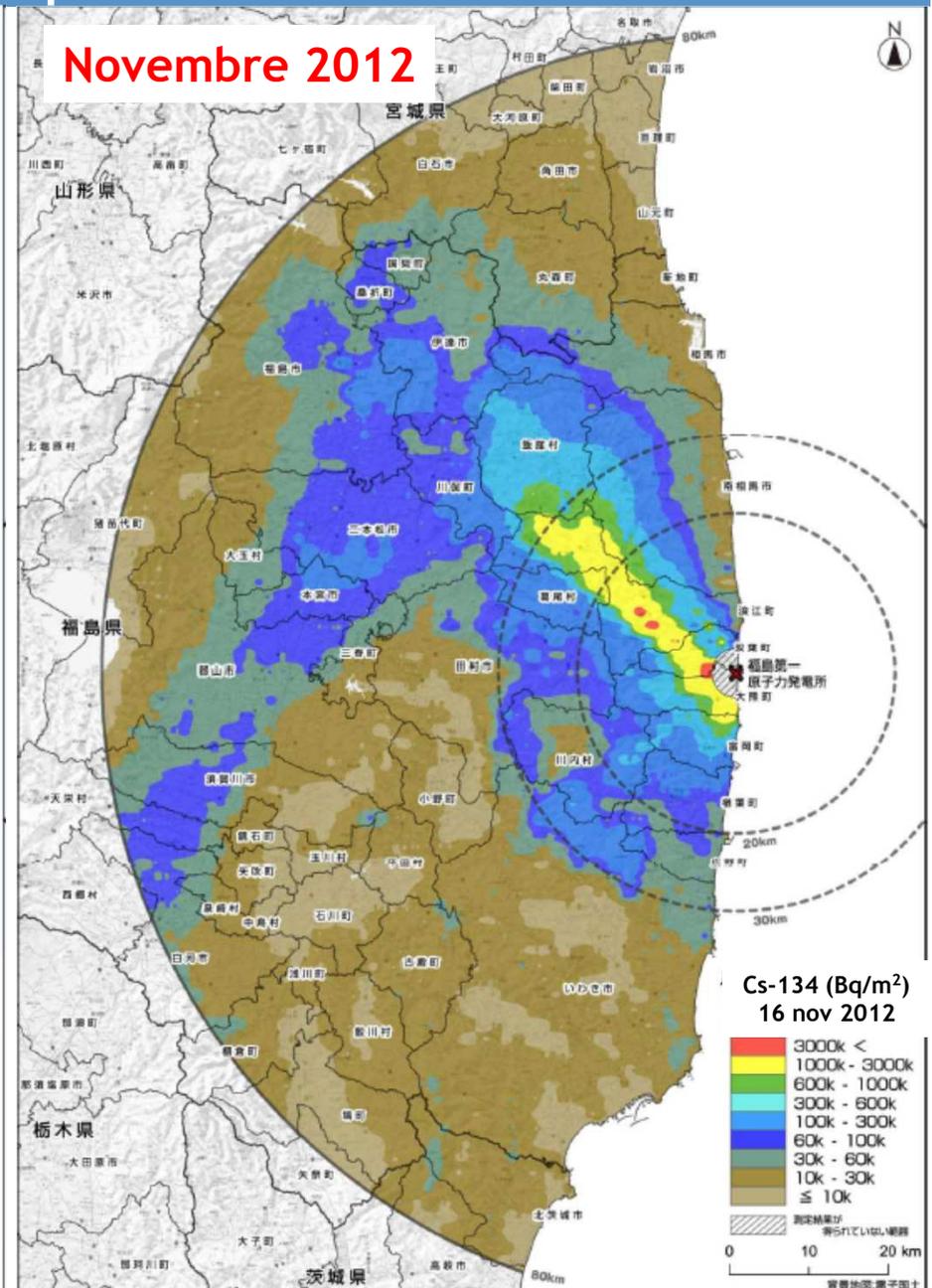
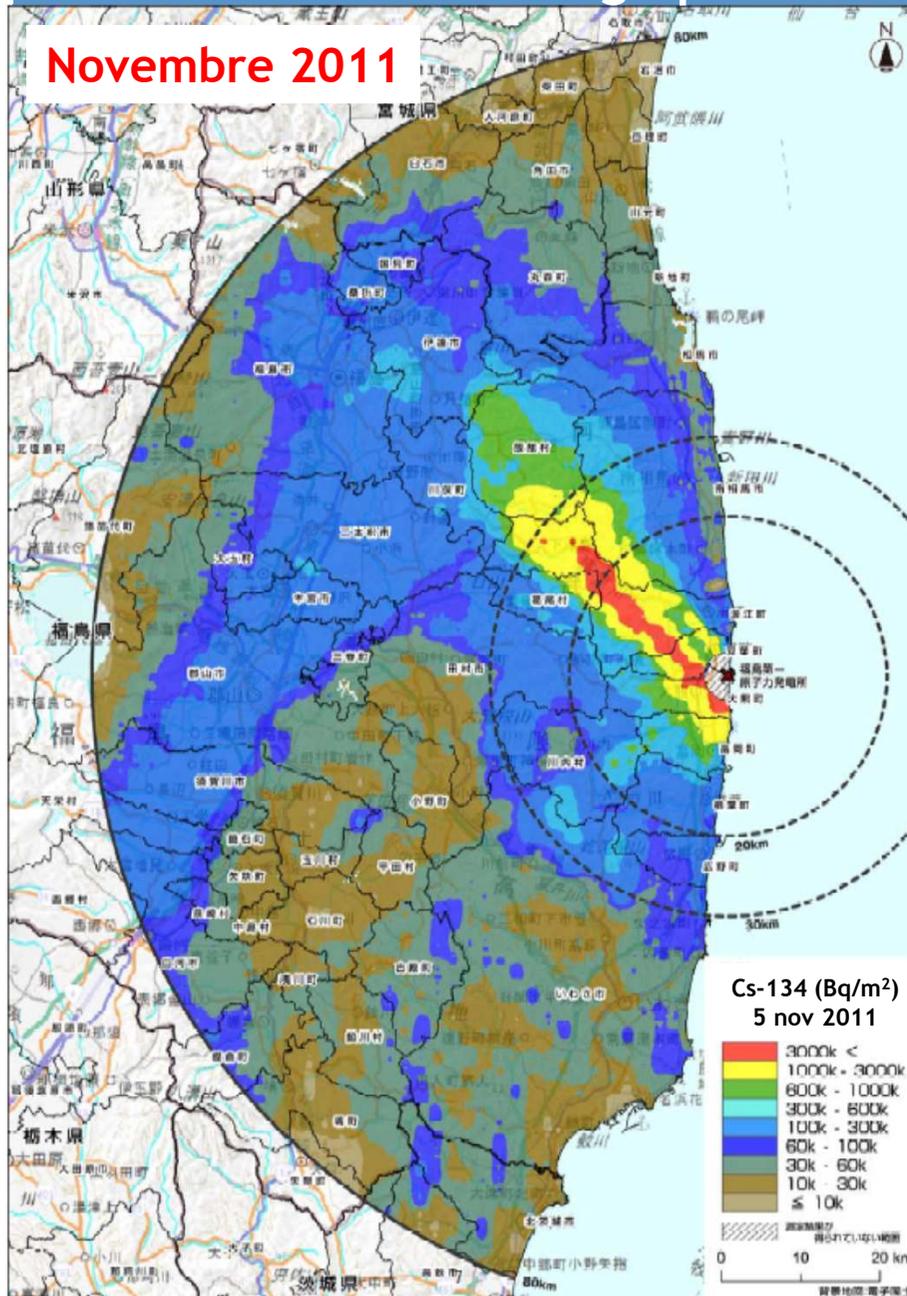
# Une contamination environnementale complexe



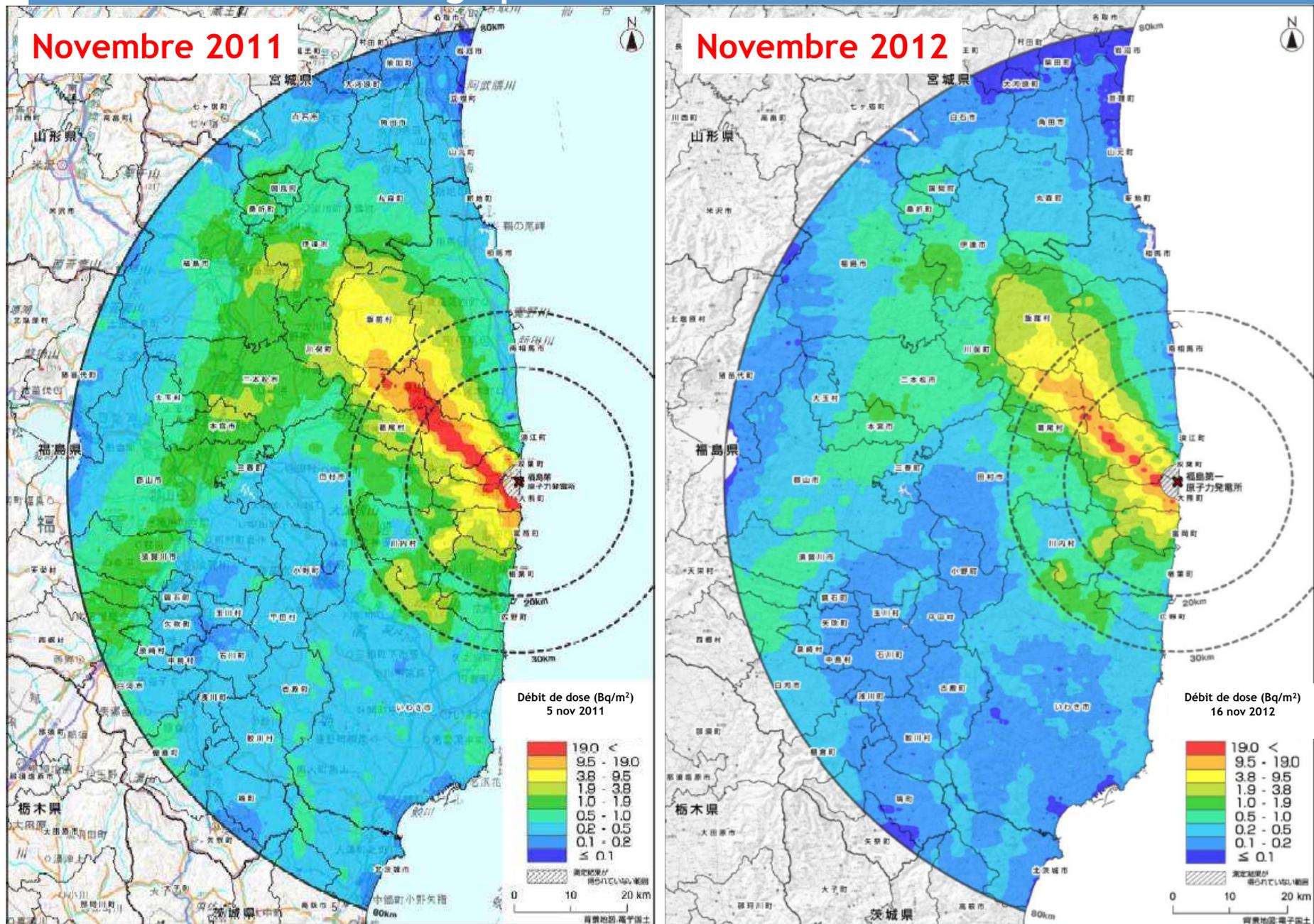
# Evolution des dépôts radioactifs et du rayonnement ambiant



# Evolution de la cartographie des dépôts de césium 134

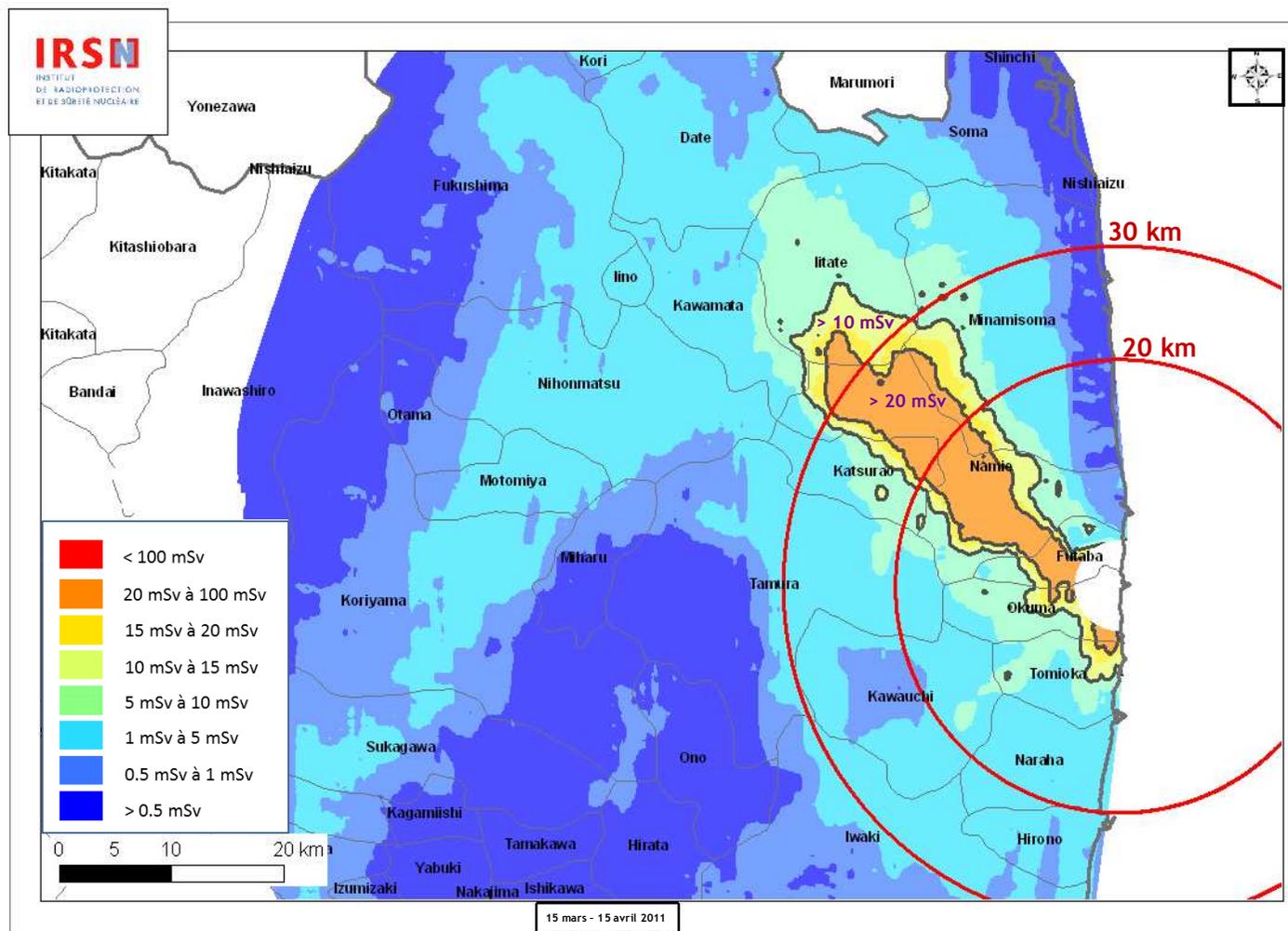


# Evolution de la cartographie du débit de dose ambiant



# Exposition des populations au rayonnement ambiant dû aux dépôts

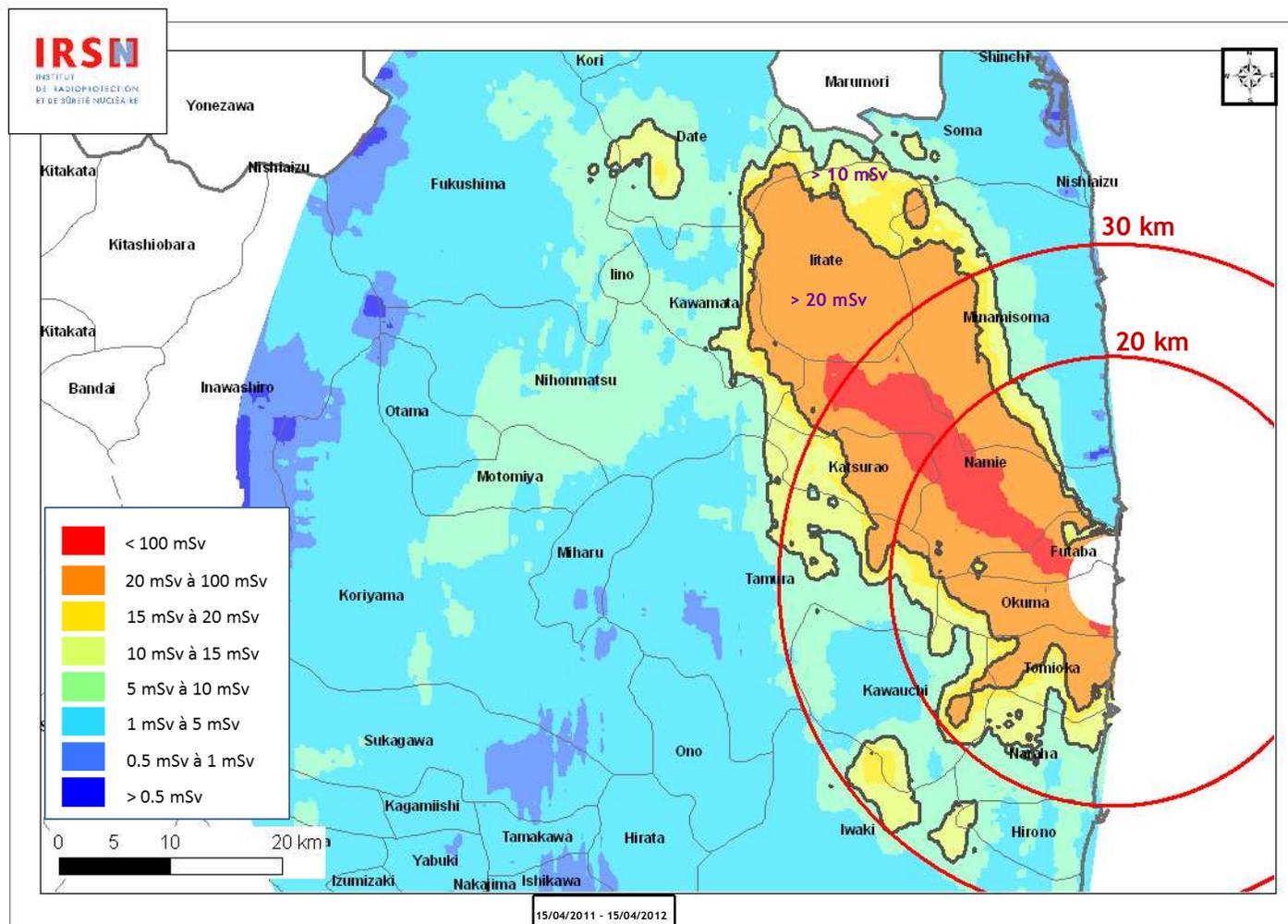
Estimation des doses cumulées potentiellement reçues par exposition externe (hors exposition au panache radioactif) entre le 15 mars et le 15 avril 2011 = « Doses 1<sup>er</sup> mois »



# Exposition des populations au rayonnement ambiant dû aux dépôts

Estimation des doses cumulées potentiellement reçues par exposition externe entre le 15 avril 2011 et le 15 avril 2012

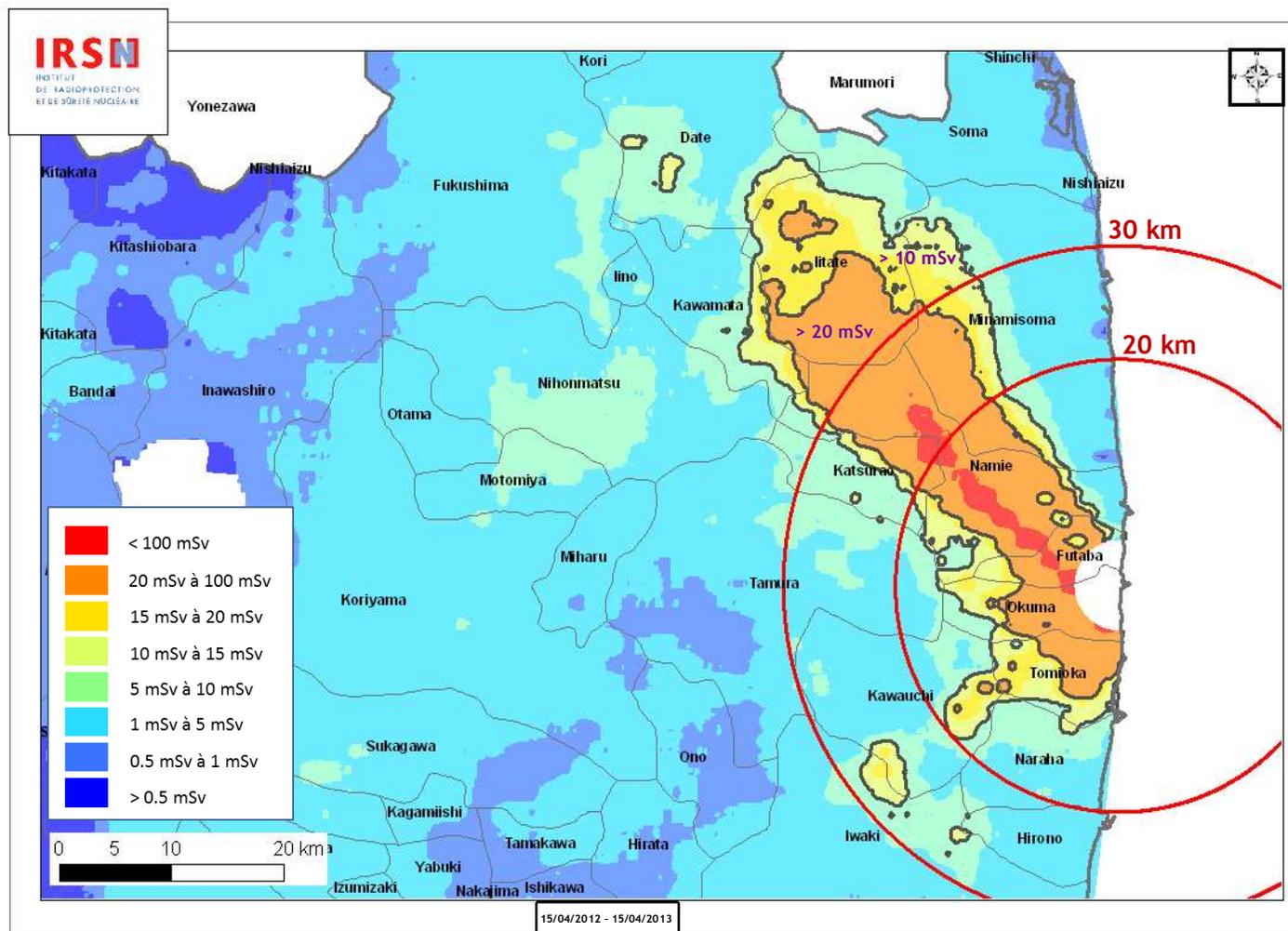
= « Doses 1<sup>ère</sup> année »



# Exposition des populations au rayonnement ambiant dû aux dépôts

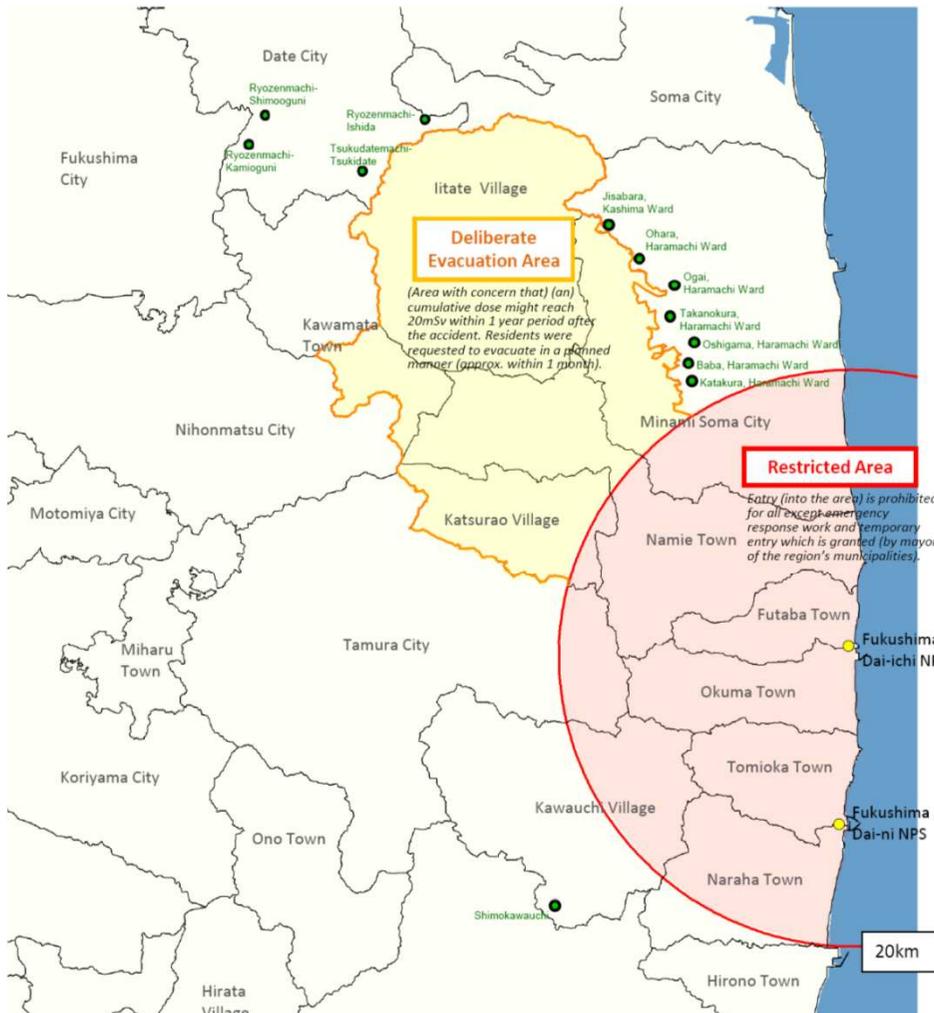
Estimation des doses cumulées potentiellement reçues par exposition externe entre le 15 avril 2012 et le 15 avril 2013

= « Doses 2<sup>ème</sup> année »

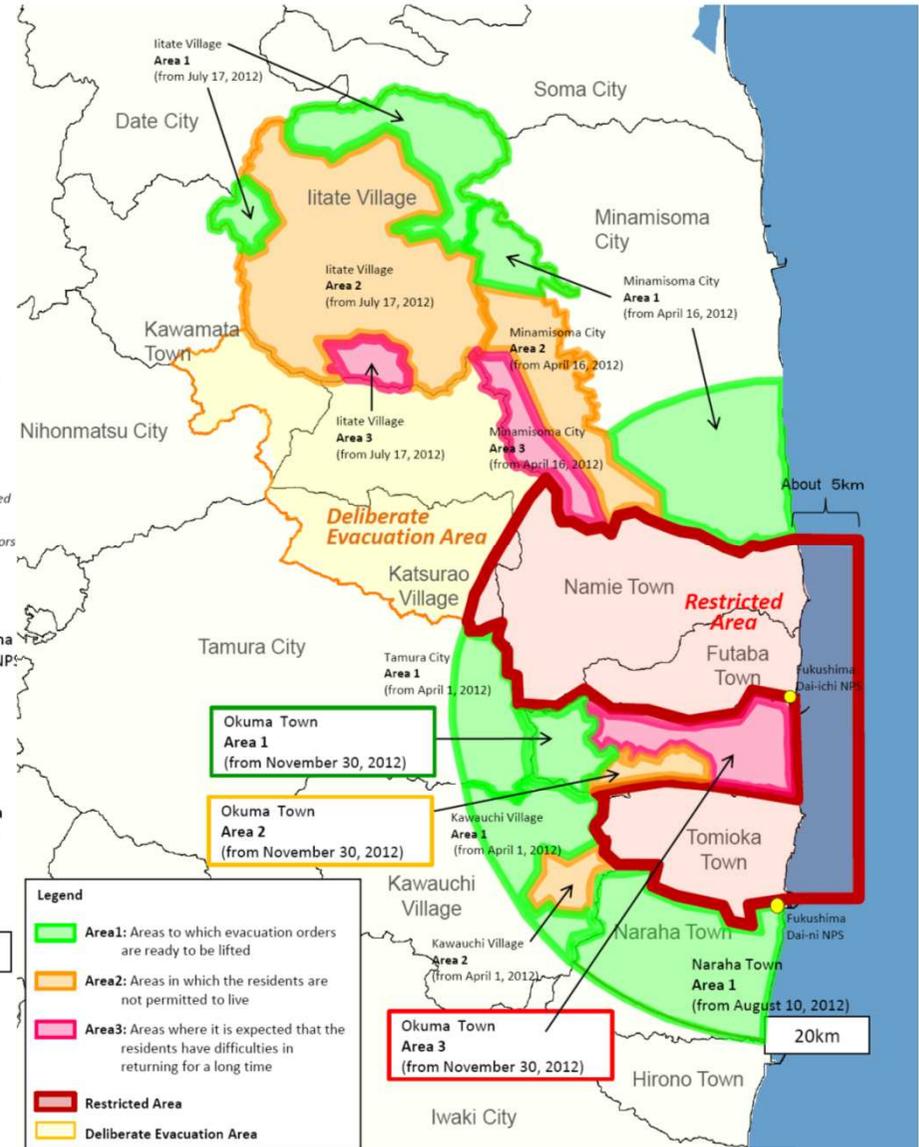


# Zonage post-accidentel mis en place au Japon et évolution

Restricted Area, Deliberate Evacuation Area  
And Regions including Specific Spots Recommended for Evacuation (As of September 30, 2011)



Restricted areas and areas to which evacuation orders have been issued (November 30, 2012)



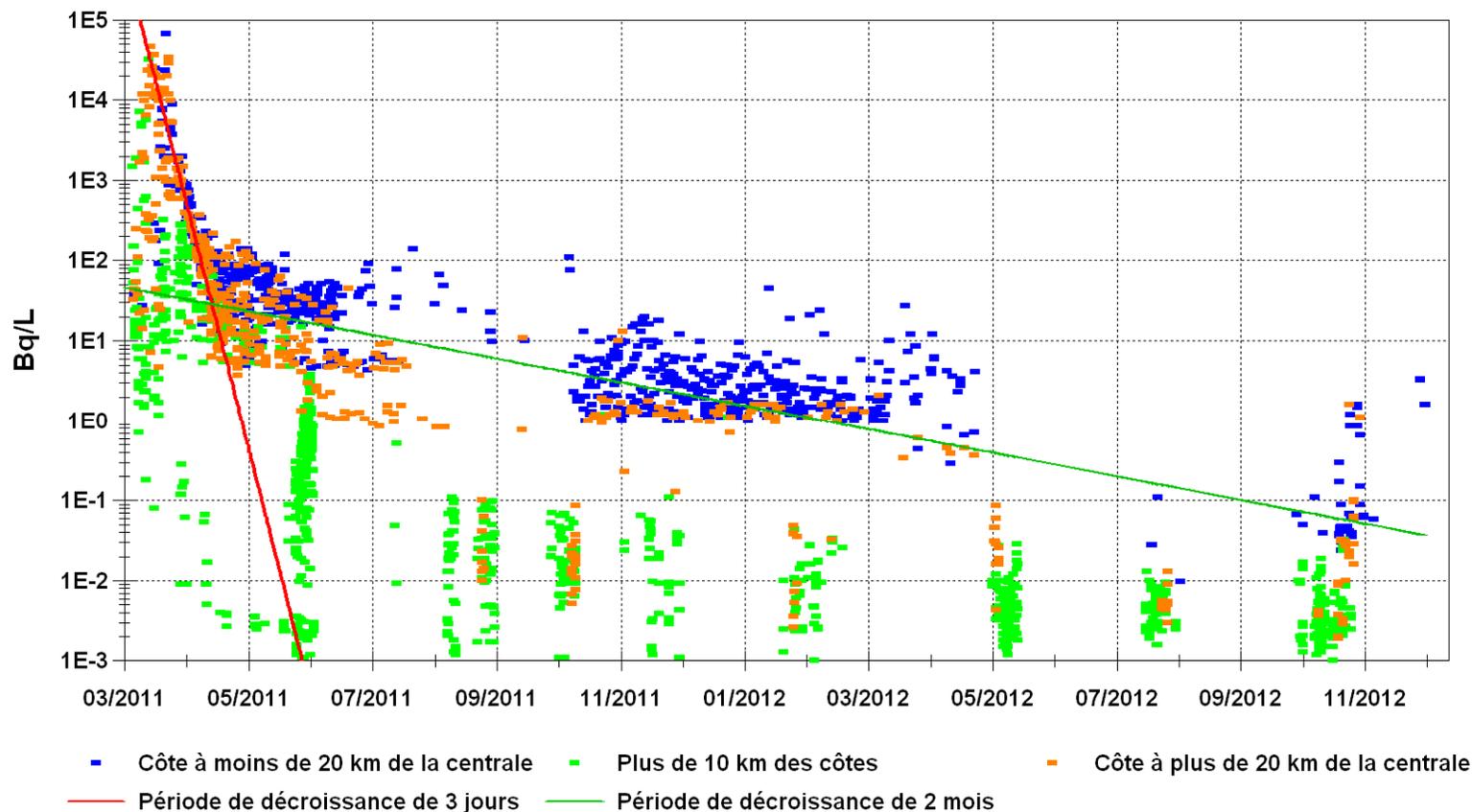
22 avril 2011 complété au cours de l'été 2011

- Restricted Area
- Deliberate Evacuation Area
- Regions including Specific Spots Recommended for Evacuation

Evolution au 30 novembre 2012

# Evolution de la contamination du milieu marin

## Concentration en césium 137 dans l'eau de mer à proximité de la centrale de Fukushima Dai-ichi



- ➡ *Des concentrations dans l'eau 100 000 à 1 million de fois plus faibles que fin mars 2011*
- ➡ *Poursuite d'apports diffus de la centrale accidentée et par les rivières*

# Evolution de la contamination des denrées et contrôles mis en place au japon



# Le contrôle des denrées alimentaires au Japon

- Un double dispositif reposant sur une surveillance des niveaux de contamination par la mesure et une comparaison à des normes pour encadrer la commercialisation et la consommation
- Une mise sur le marché autorisée a priori ;
  - Les restrictions ne sont mises en place que si des analyses révèlent a posteriori un dépassement des normes
- Des contrôles effectués par échantillonnage
  - L'IRSN n'a pas connaissance du détail des protocoles d'échantillonnage ni de leur échelle de représentativité
- Une procédure de levée des interdictions
  - Sélection de plusieurs points de prélèvements,
  - Analyses sur des denrées produites en ces points, chaque semaine,
  - quand, pour chaque point, les résultats de mesures sur 3 semaines consécutives sont inférieurs à la norme, la levée est possible.

# Evolution des normes de commercialisation des denrées alimentaires

Normes de commercialisation ou de consommation instaurées au Japon en mars 2011

Bq/kg, Bq/L	Aliments pour nourrissons	Lait et produits laitiers	Légumes	Céréales	Viande œuf poisson
Iodes	100	300	2000	-	-
Pu et transPu alpha	1	1	1	10	10
Uranium	20	20	20	100	100
Césiums	200	200	500	500	500

En avril 2012, abaissement des normes alimentaires avec fixation de valeurs de concentrations admissibles pour les Cs en cohérence avec la situation observée dans l'environnement

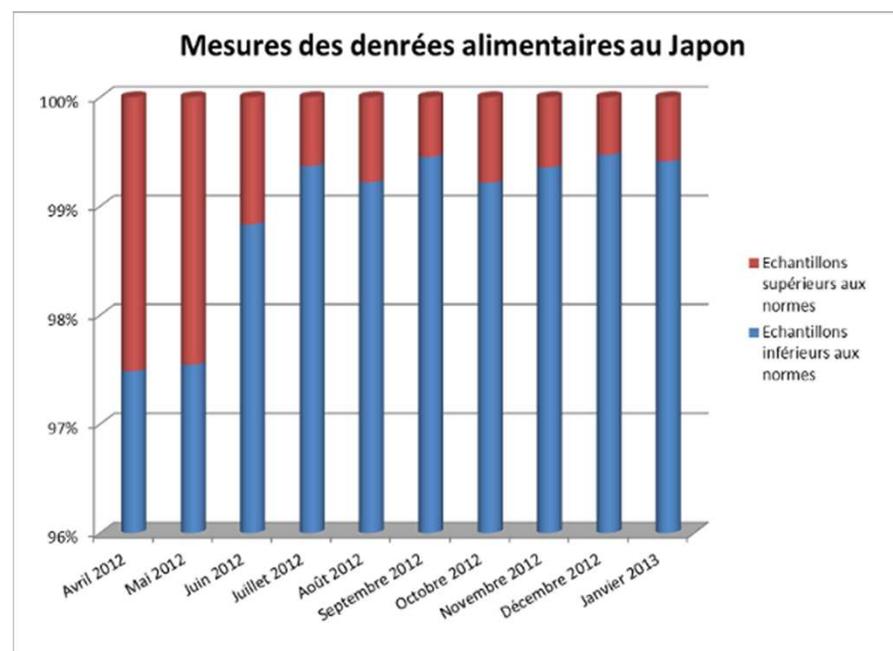
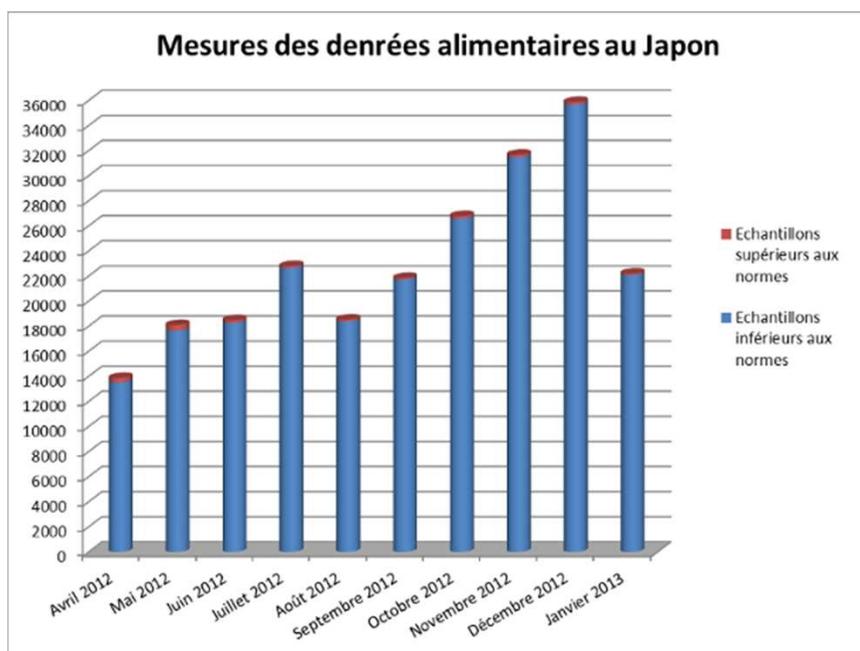
Groupe alimentaire	Normes après 01/04/2012 (Bq de Cs /kg)
Eau potable	10
Lait	50
Autres denrées générales	100
Aliments pour nourrisson	50

Echelonnement de l'évolution des normes alimentaires dans les denrées alimentaires au Japon en fonction des productions agricoles

Denrées générales + produits transformés	Normes provisoires (2011)	01/04/12	Nouvelles normes (2012)
Riz, Bœuf et produits transformés correspondants	Normes provisoires (2011)	01/10/12	Nouvelles normes (2012)
Soja + et produits transformés correspondants	Normes provisoires (2011)	01/01/13	Nouvelles normes (2012)

## Les contrôles de contamination

- Renforcement du nombre de contrôles au cours de l'année 2012 suite à l'abaissement des normes alimentaires
- Faibles taux de dépassement des normes sur l'ensemble des contrôles réalisés : 3 % en avril 2012 ; 0,7 % en fin d'année
- Couverture de la surveillance étendue à l'ensemble des 47 préfectures du Japon



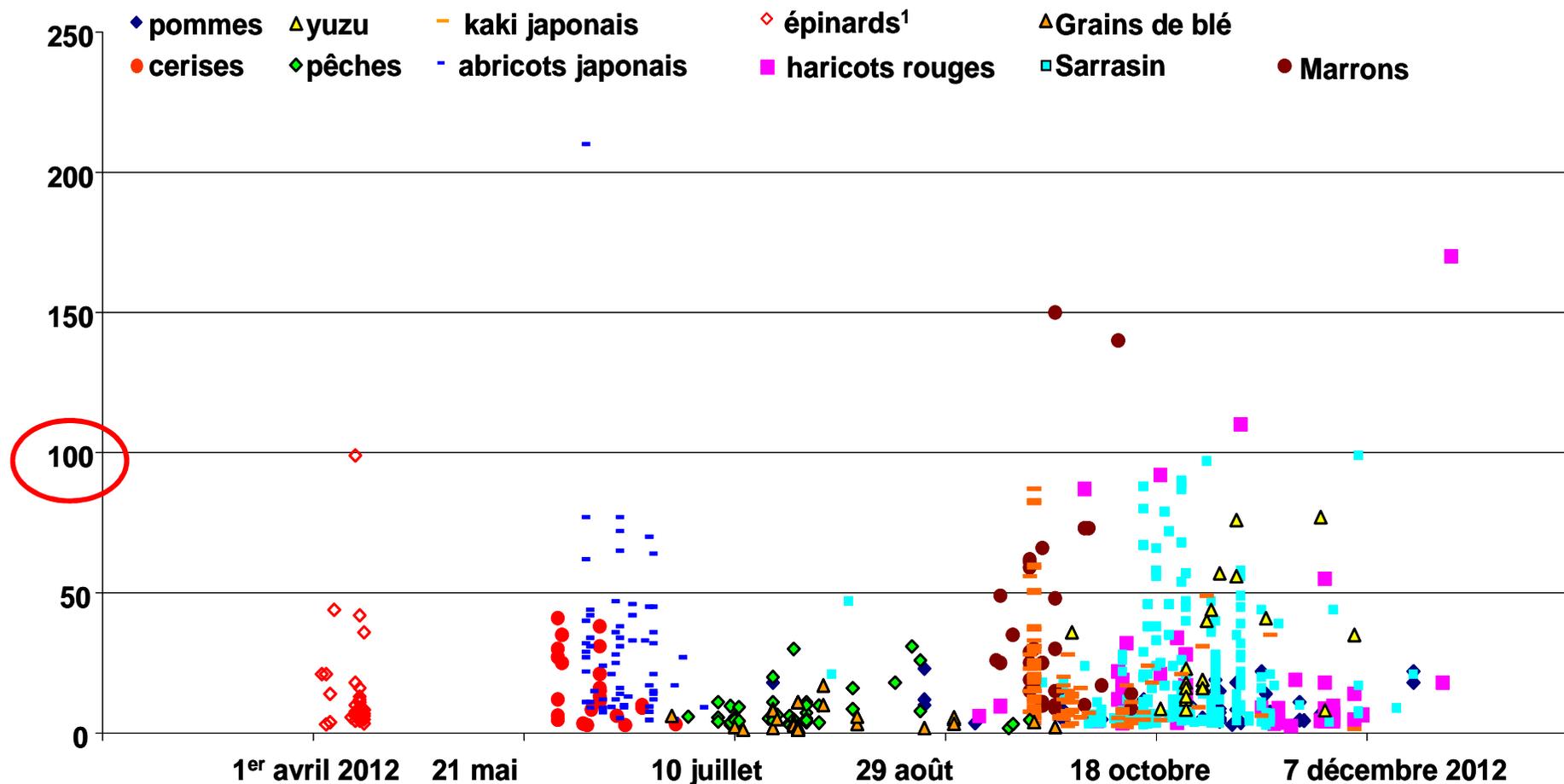
### ■ Tendances générales pour les principales denrées cultivées d'origine végétale

- **Légumes feuilles (type épinards)**
  - Activités en césium 100 à 1000 fois plus faibles qu'en 2012.
  - Un seul dépassement identifié en 2012
- **Riz :**
  - Sur l'année 2012, environ 36 000 analyses avec environ 120 dépassements de la norme de 100 Bq/kg entrée en vigueur le 1<sup>er</sup> octobre
  - 7 communes de la préfecture de Fukushima avec des restrictions, partiellement levées en février 2013
- **Soja, Sarrasin, haricots rouges**
  - Plantes ayant de plus fortes capacités de concentration du césium
  - Taux de dépassement de l'ordre de 0,5 % en 2012 sur environ 3400 analyses
  - Augmentation des restrictions après l'entrée en vigueur des nouvelles normes au 1<sup>er</sup> janvier 2013

# Bilan de la surveillance des denrées en 2012

## Concentration en césium 134+137 dans divers denrées végétales originaires de la préfecture de Fukushima

Bq/kg frais de césiums (134+137)

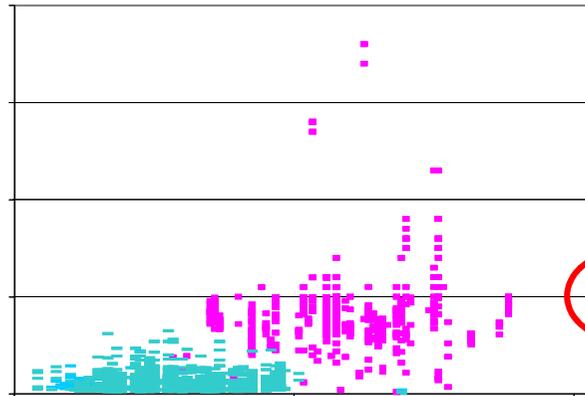


# Exemple du riz et du soja

Activités massives du riz et des graines de soja provenant des préfectures de :

■ Fukushima    ■ Chiba, Iwate, Miyagi, Tochigi

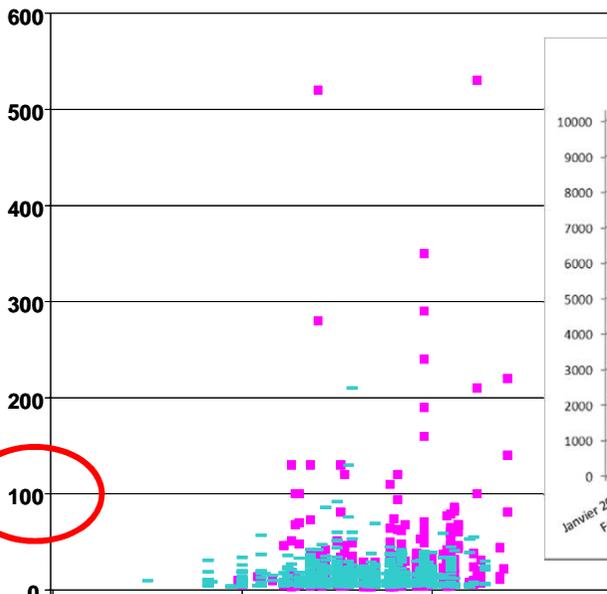
Riz (Bq/kg de césium 134+137)



29 août 2012

28 octobre 2012

Graines de soja (Bq/kg de césium)

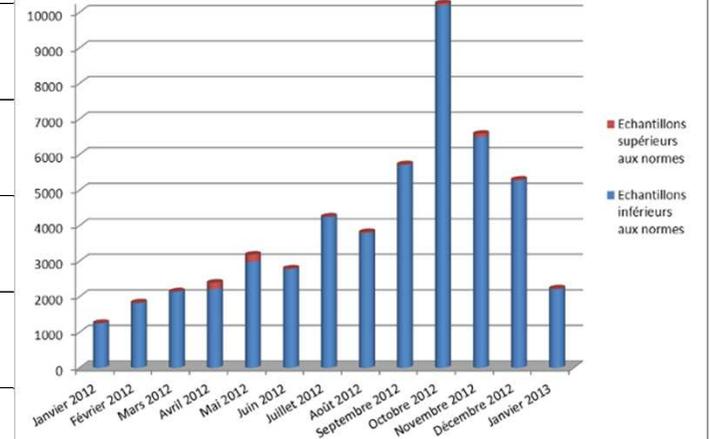


29 août 2012

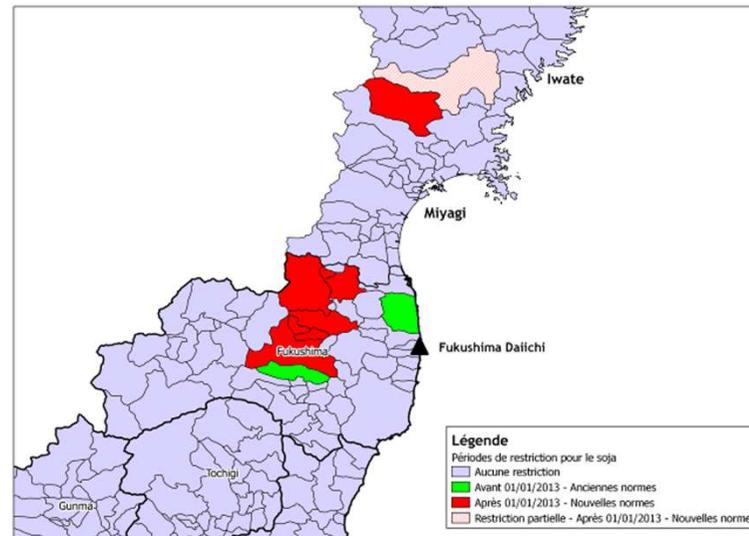
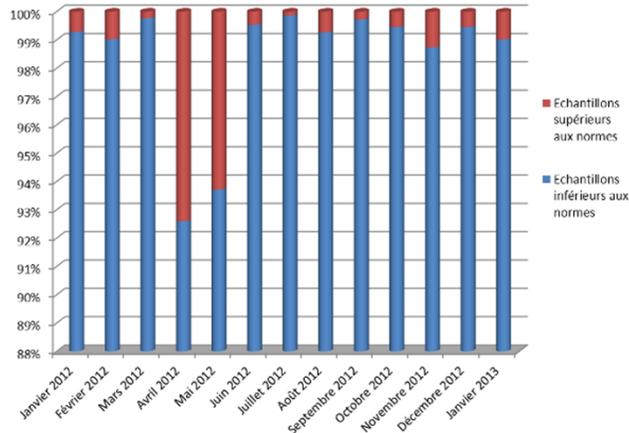
18 octobre

7 décembre

Mesures des produits agricoles au Japon

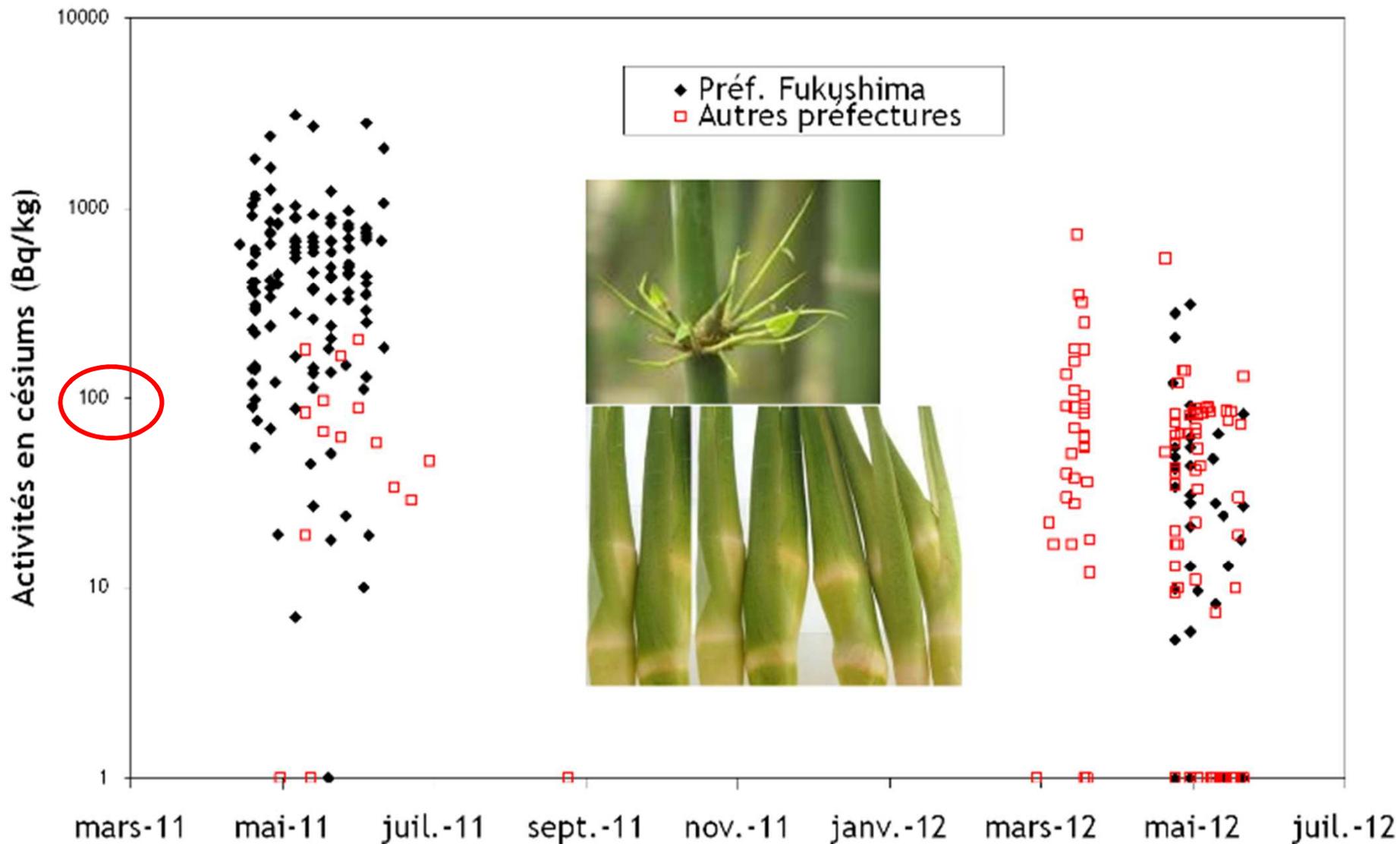


Mesures des produits agricoles au Japon



**Légende**  
 Périodes de restriction pour le soja  
 ■ Aucune restriction  
 ■ Avant 01/01/2013 - Anciennes normes  
 ■ Après 01/01/2013 - Nouvelles normes  
 ■ Restriction partielle - Après 01/01/2013 - Nouvelles normes

# Exemple des pousses de bambou



### Tendances générales pour les principales denrées d'origine animale

#### ▪ **Viande de bœuf**

- Une surveillance serrée (contrôles des services de l'état et des professionnels de la filière)
- Des taux de dépassement des normes très faibles ( < 0,05 %)
- Une faible influence du changement de normes
- Aucune restriction de commercialisation connue

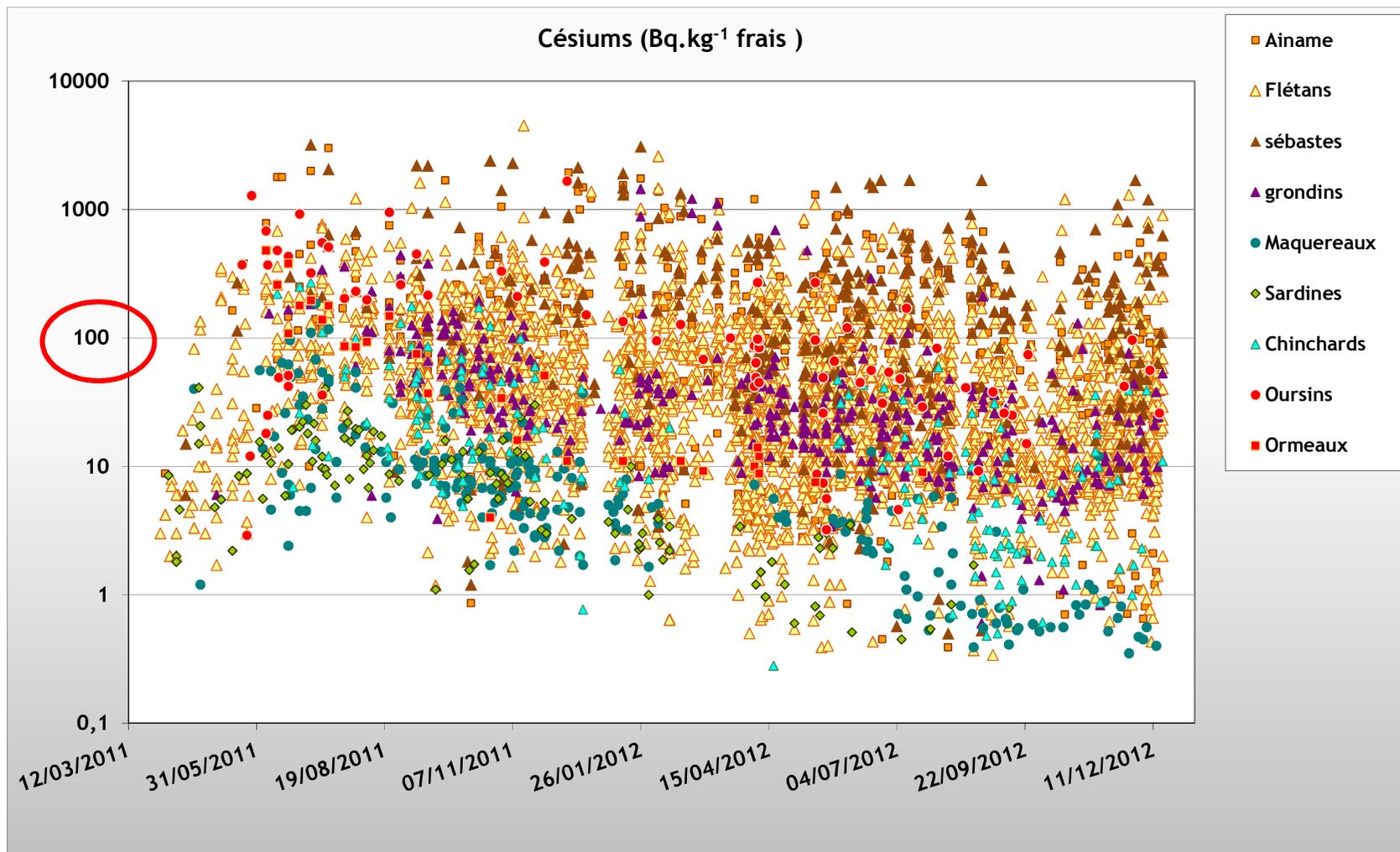
#### ▪ **Poissons**

- Un renforcement régulier des contrôles (entre 1500 et 1800 par mois)
- Des dépassements récurrents (env 4%)
- Un nombre d'espèces concernées plus important depuis l'abaissement des normes
- Des restrictions également pour les poissons de rivière

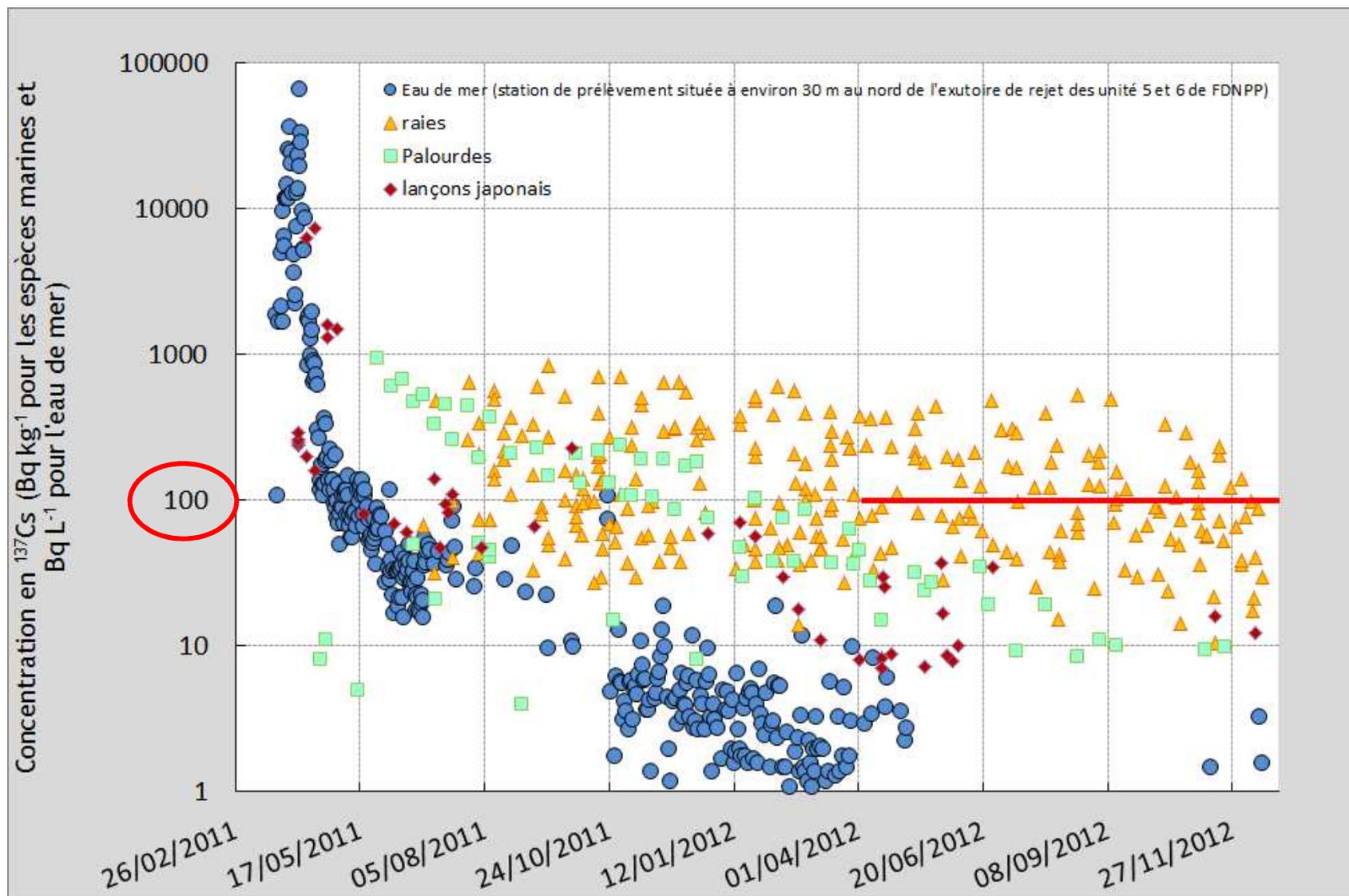
#### ▪ **Produits laitiers et produits pour les nourrissons**

- Aucun dépassement de normes signalé en 2012
- Pas de restriction de commercialisation

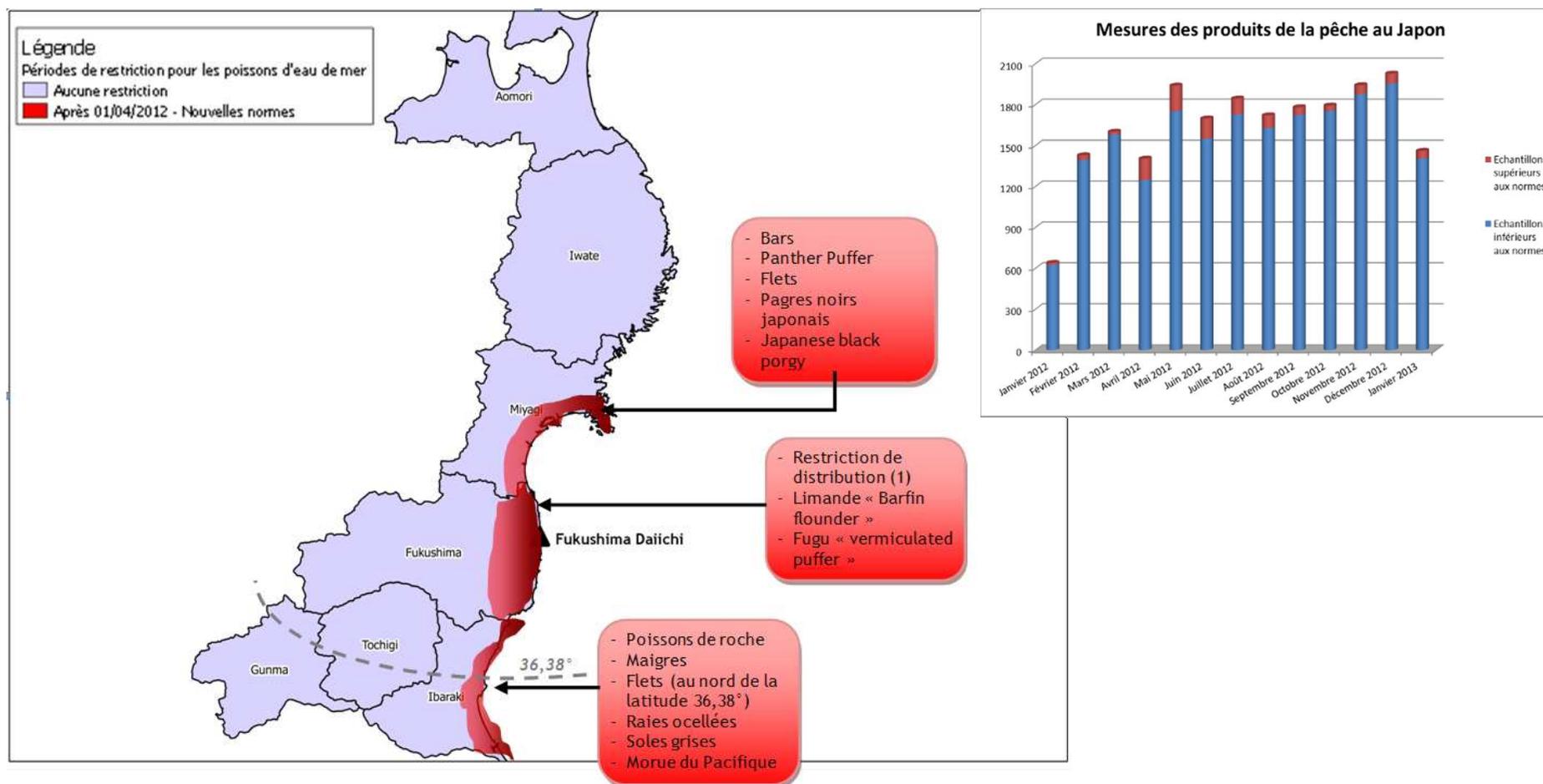
# Concentration en césium dans divers espèces marines



# Contamination des espèces marines en fonction de leur mode de vie



# Aires de restrictions pour les poissons d'eau de mer



(1) Limandes (*Flathead flounder, Stone flounder, Starry flounder, Slime flounder, Olive flounder, Littlemouth flounder, Marbled flounder, Righted-eye flounder*), Fat greenling, soles à langue rouge (*Red tongue sole*), anguilles de sable non juvéniles, poissons de roche (*Goldeye rockfish, Black rockfish, Rockfish (Sebastes cheni), Brassblotched rockfish*), perches (*Surfperch*), merlins (*Brown hakeling*), Fox jacopever, Black cow-tongue, Japanese black porgy, Sea raven, raies (*Ocellate spot skate*), saumons (*Cherry salmon*), Poacher, lieux jaune (*Alaska Pollack*), sébasse (*Japanese seabass*), Nibe croaker, Panther puffer, grondins (*Gurnard*), flétans (*Spotted halibut, Shotted halibut*), congres (*Conger eel*), morues du Pacifique (*Pacific cod*), palourdes (*Venus clam*) et oursins (*Northern sea urchin*)

## ■ Des denrées particulièrement sensibles à la contamination

### ■ Gibier

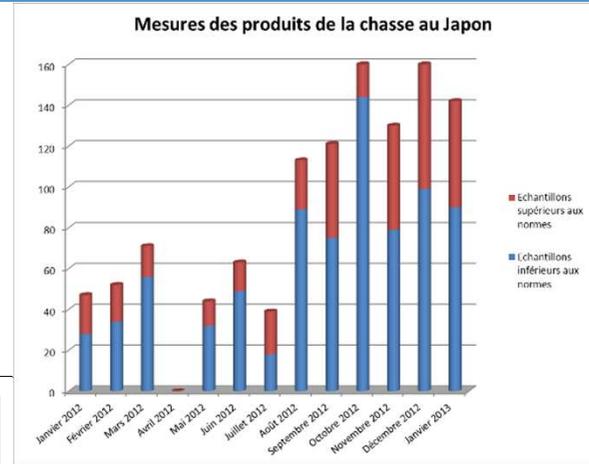
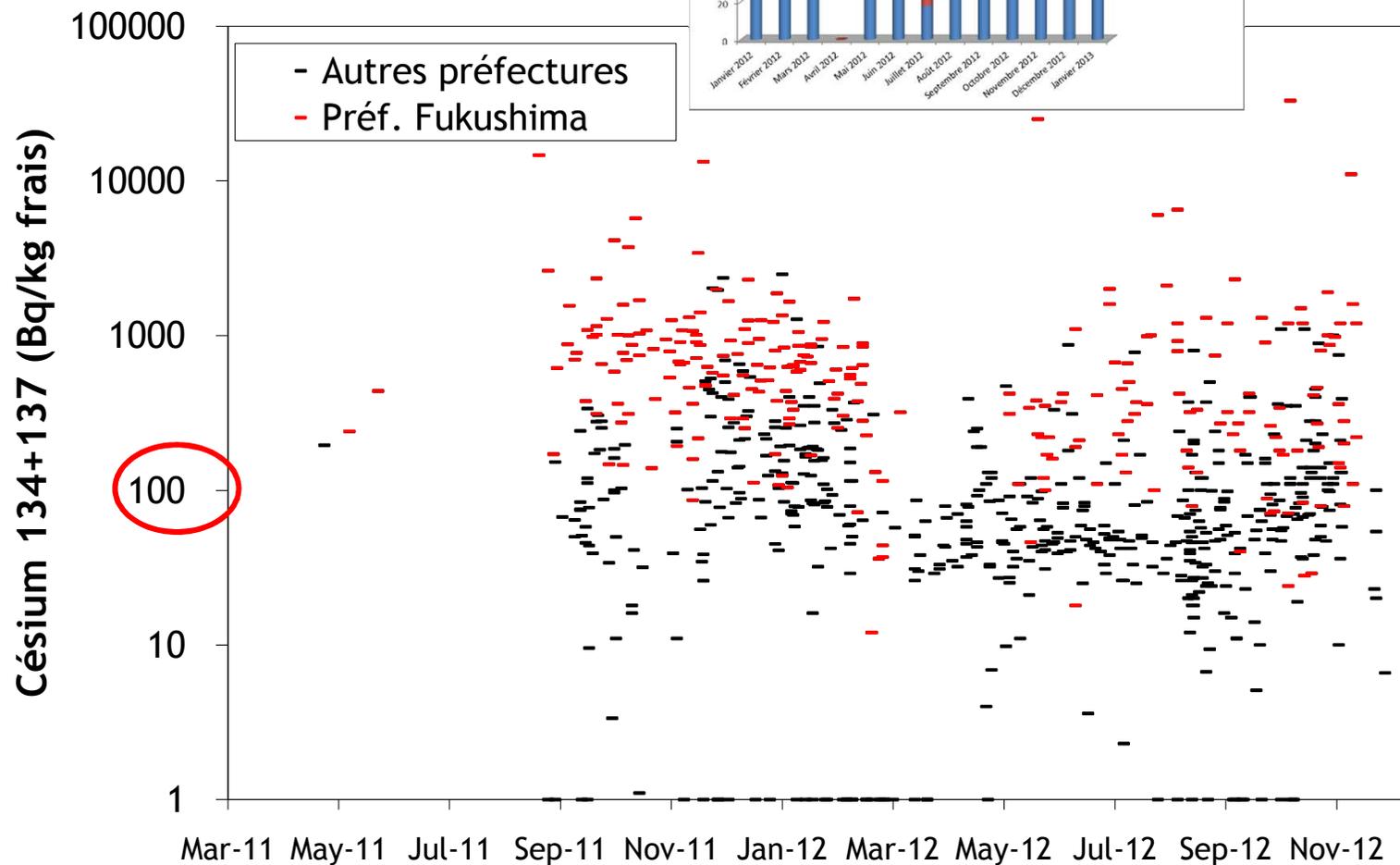
- La viande de gibier, en particulier celle de sanglier, présente des niveaux de contamination élevés (jusqu'à plusieurs milliers de Bq/kg de Cs) du fait du comportement alimentaire de ces animaux
- Les interdictions touchent principalement les préfectures de Fukushima, Miyagi et Gunma

### ■ Champignons

- Contamination en Cs constante par rapport à 2011, pouvant atteindre plusieurs dizaines de milliers de Bq/kg de Cs (préfecture de Tochigi)
- Des restrictions qui se multiplient depuis l'abaissement des normes que ce soit pour les champignons sauvages ou les cultures de Shiitakes.
- Un nombre de préfectures touchées croissant (Nagano, Saitama, Shizuoka,...)

# Exemple des produits de la chasse

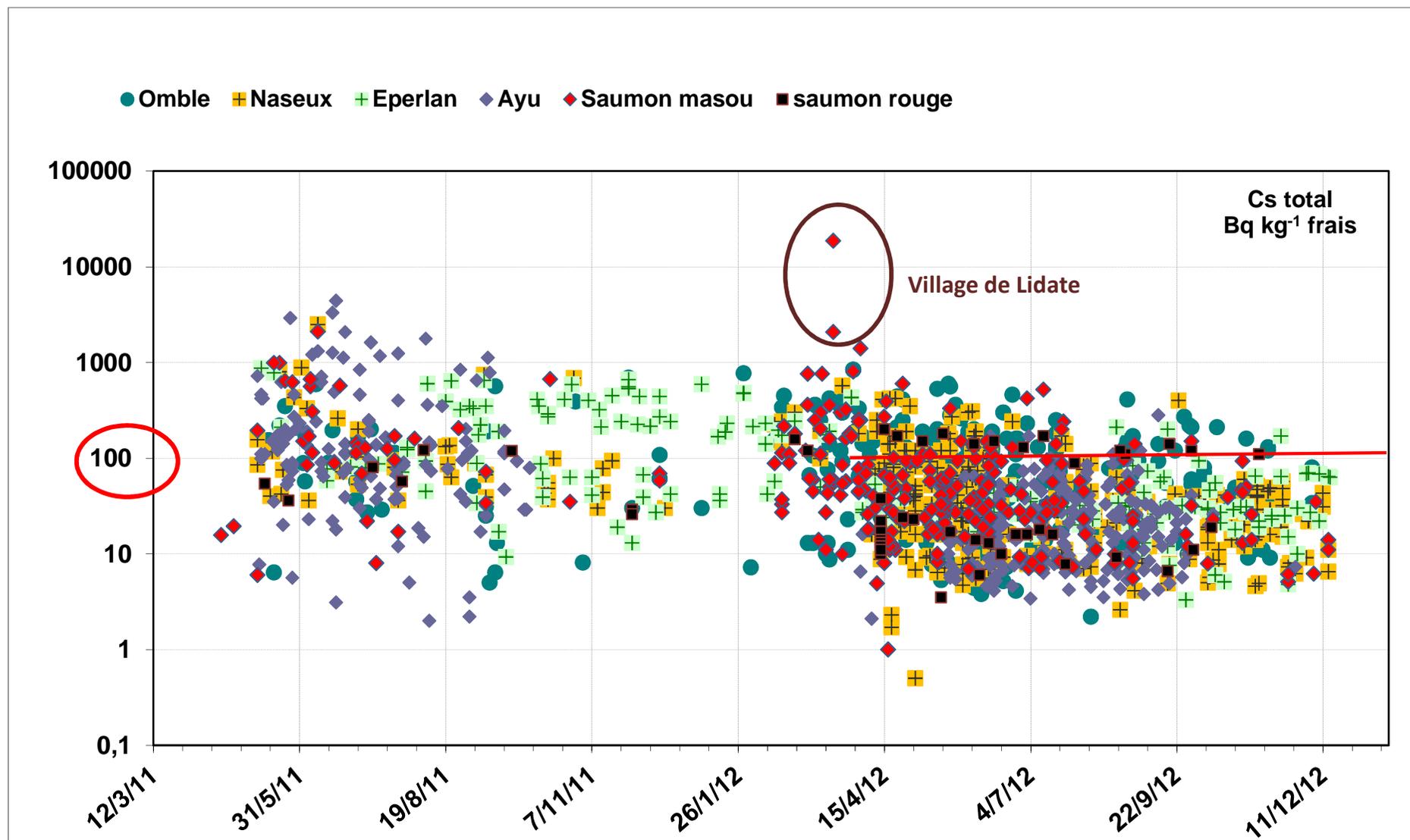
**Niveaux en césium  
( $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$ ) dans la viande  
de sangliers chassés dans  
différentes préfectures**





# Cas des poissons de rivières et de lacs

*Niveaux en césium ( $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$ ) chez 6 espèces de poissons pêchées en rivière ou en lac dans différentes préfectures*



### Concernant les territoires contaminés

- Une contamination de l'environnement ayant fortement décru depuis 2011 (quasi uniquement du césium 134 et 137), mais qui est pérenne et évoluera lentement
- Les territoires les plus contaminés resteront durablement une zone d'exclusion
- Certains territoires sont destinés à être réoccupés à court ou moyen terme, éventuellement après décontamination ⇒ 2 ans après l'accident, la réinstallation des populations et le développement d'activités économiques et sociales constituent une opération difficile et la population est indécise
- Un débat se poursuit entre la population, les experts et les autorités sur les niveaux de contamination acceptables et les objectifs de décontamination
- Les programmes de surveillance de l'exposition des populations (dosimétrie externe et anthroporadiamétrie (WBC)) donnent des résultats qui montrent que les expositions sont globalement faibles et bien maîtrisées
- Le milieu forestier (70% de la superficie des territoires les plus contaminés) est plus fortement contaminé et sa gestion est problématique

➔ Il n'y a désormais plus d'inconvénient à se rendre dans les préfectures affectées par les retombées de l'accident (à l'exception des zones concernées par des restrictions de séjour ou des consignes d'éloignement)

### Concernant les denrées alimentaires

- Une **amélioration sensible de la situation pour de nombreuses catégories de denrées** (notamment les légumes, la viande d'animaux d'élevage et le lait), par rapport au printemps 2011
- Une **évolution des normes de commercialisation** cohérente avec cette situation
- Un **dispositif de surveillance renforcé** permettant de mieux discriminer les dépassement de normes et de couvrir l'ensemble des 47 préfectures du Japon
  - ⇒ Allègement des contrôles des denrées alimentaires en provenance du Japon à destination de la CEE
- **Des catégories de denrées toujours sensibles** à la contamination rémanente : notamment les poissons de rivière, certains poissons de mer, la viande de gibier, les champignons, les plantes sauvage
  - ⇒ Nécessité de maintenir une surveillance durable des productions

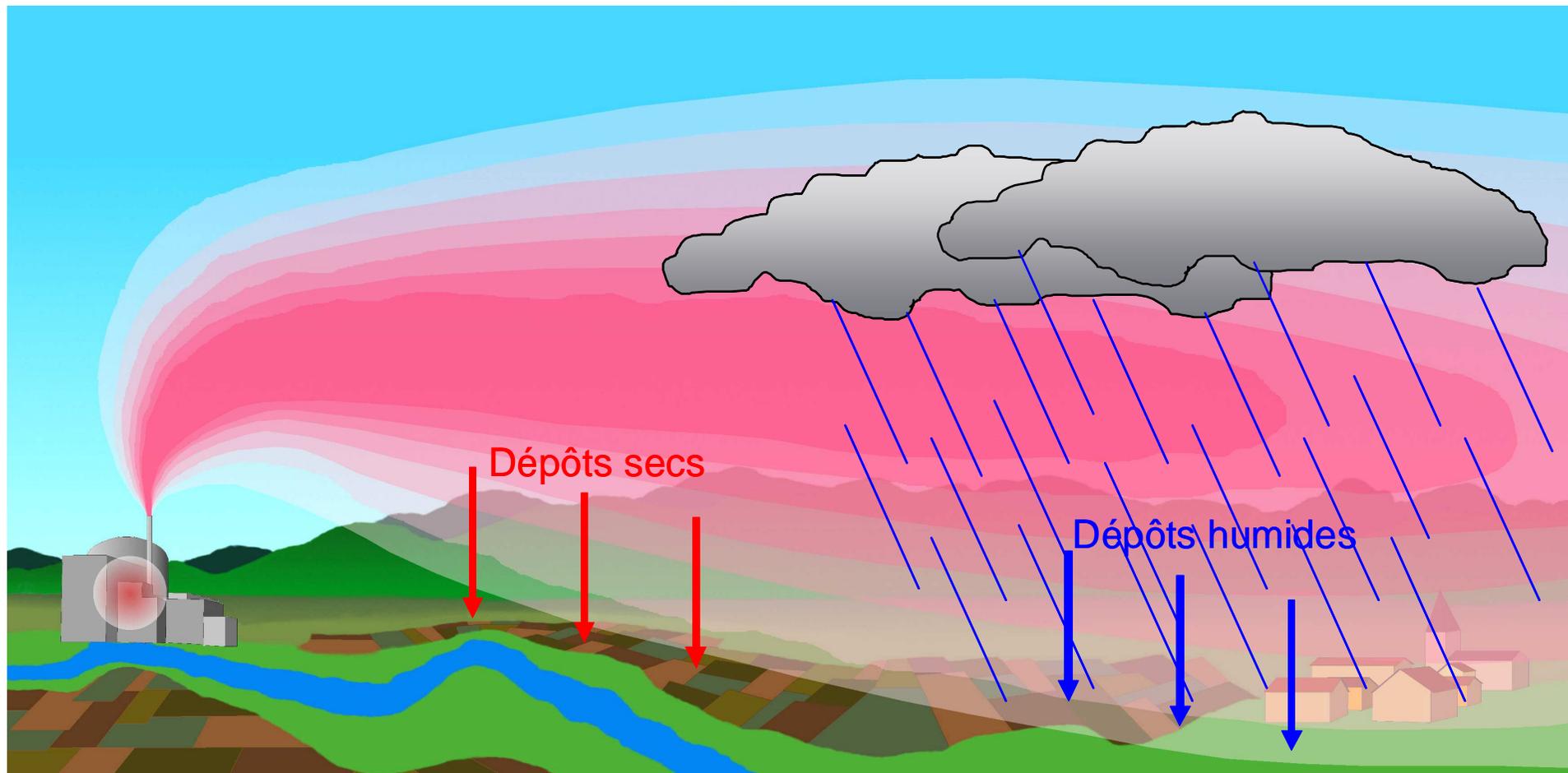
➡ **Garder une certaine prudence (vérifier la provenance et les informations de contrôle) vis-à-vis de certaines denrées originaires des territoires impactés par l'accident de Fukushima :**

- plantes sauvages et viandes de gibier issus du milieu forestier dans lequel aucune action de réduction de la contamination n'est entreprise ;
- les champignons ;
- les poissons d'eau douce et d'eau de mer



Merci pour votre attention

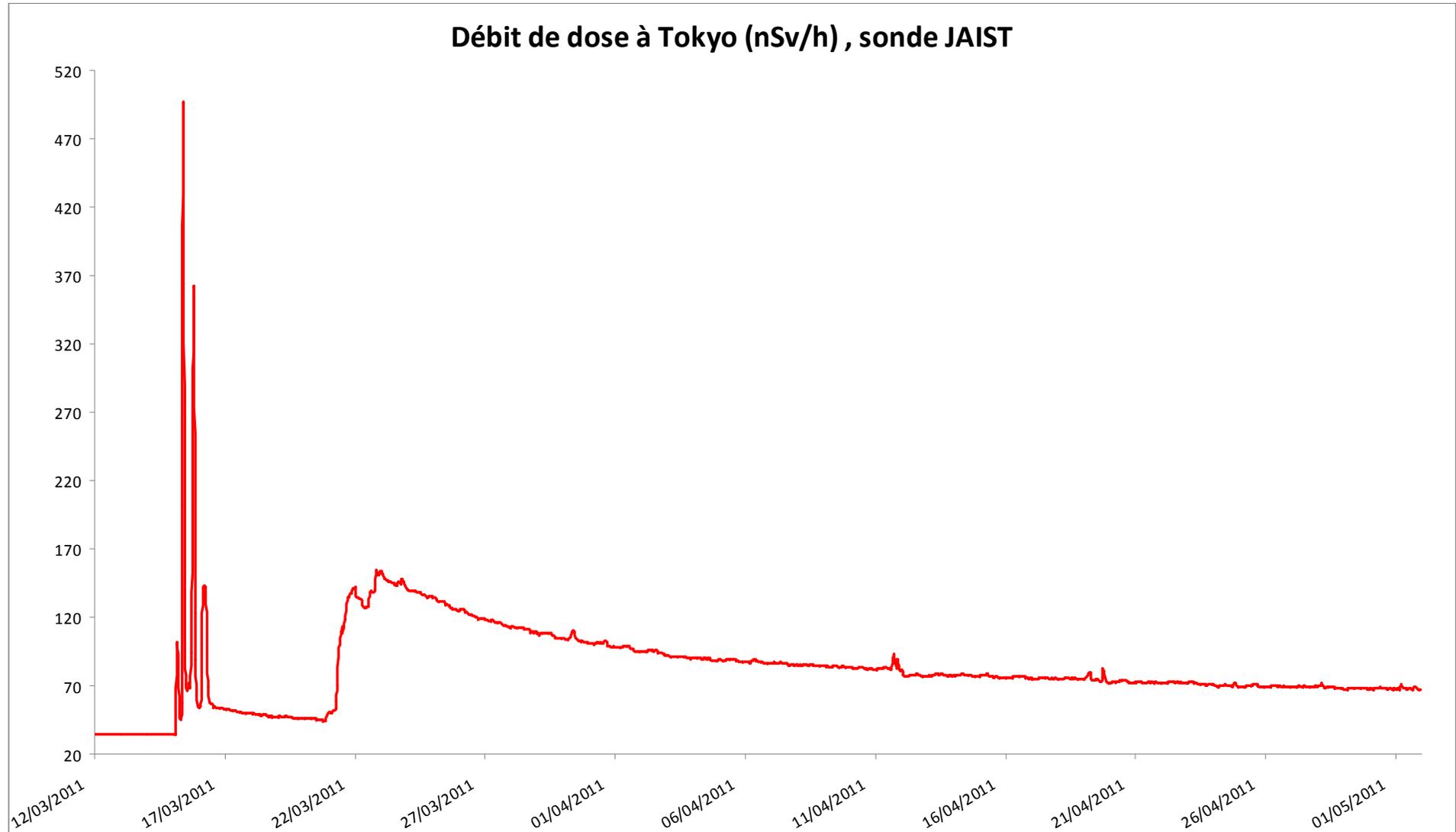
# La formation des dépôts radioactifs lors de la dispersion des rejets



### 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

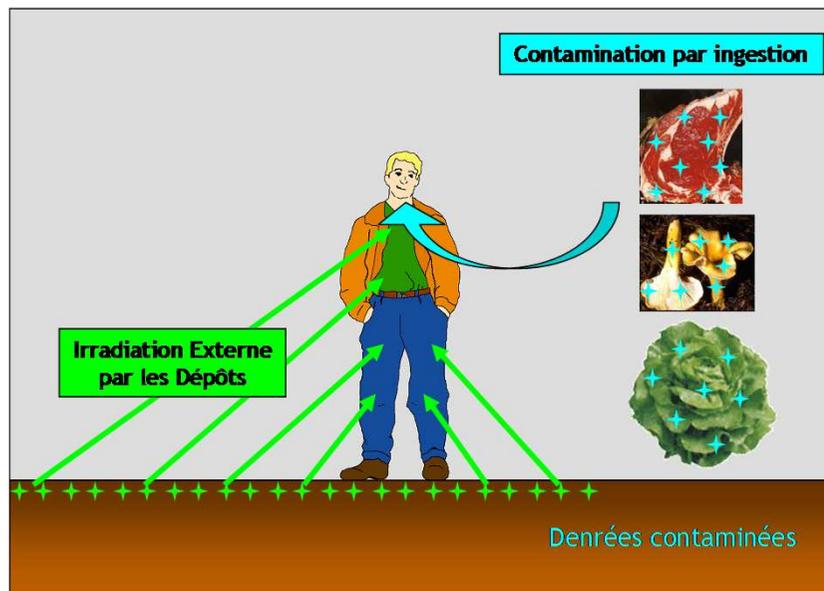
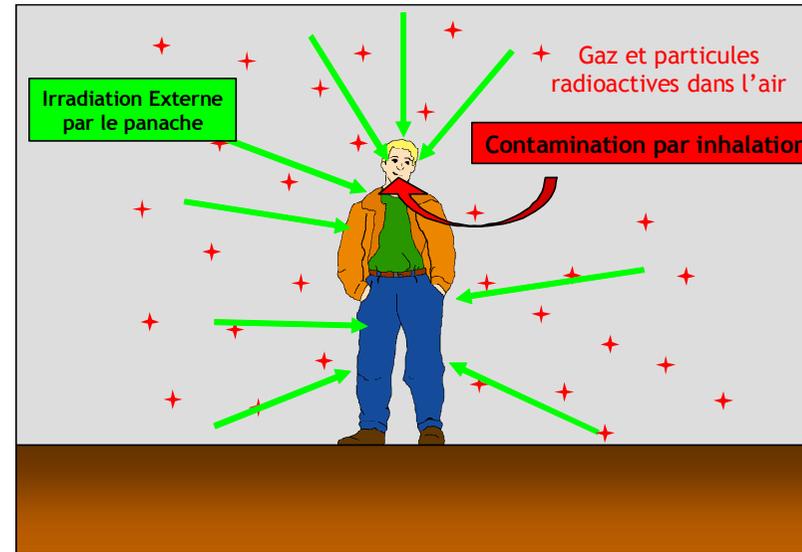
## Mesures du débit de dose ambiant à Tokyo en mars-avril 2011



# Les voies d'exposition des personnes pendant et après l'accident

## Pendant les rejets radioactifs :

L'exposition au panache radioactif est prépondérante

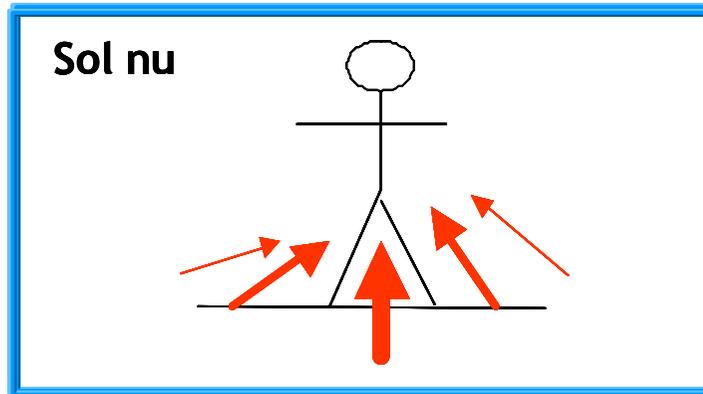


## Après la formation des dépôts radioactifs :

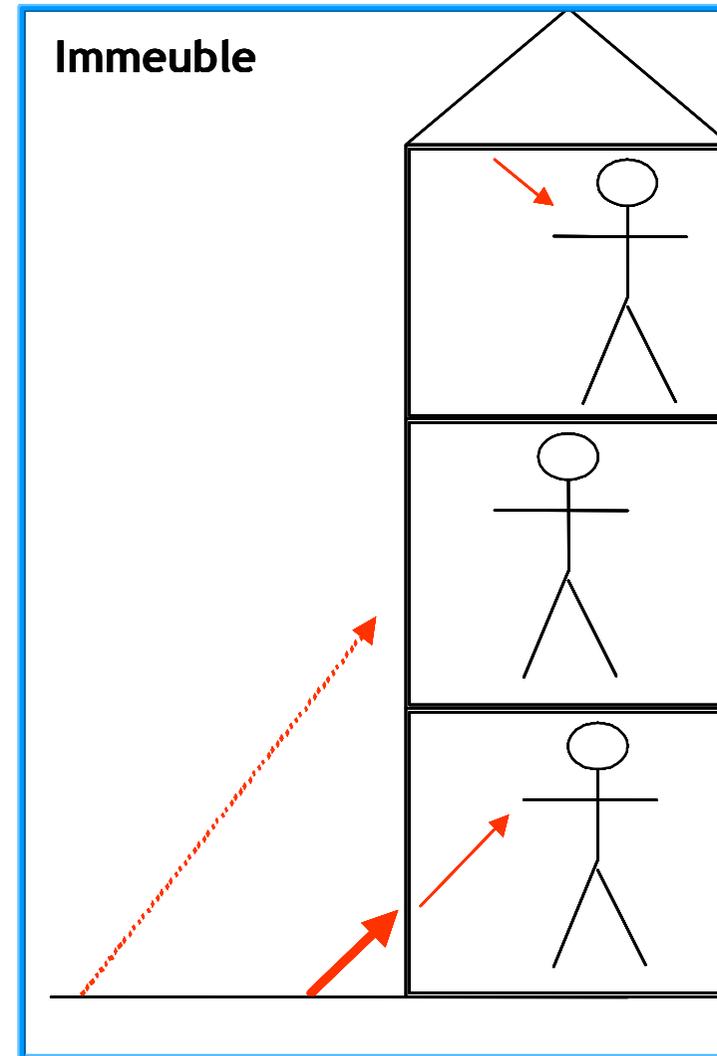
L'exposition directe (irradiation externe par le rayonnement émis par le dépôt) et indirecte (via la consommation de denrées contaminées) est prépondérante

# Les facteurs influençant l'exposition externe aux dépôts radioactifs

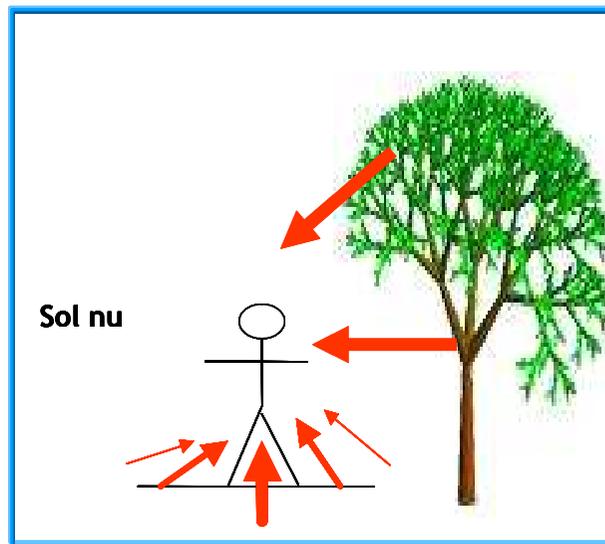
## Absence de protection



## Effet protecteur des bâtiments



## Effet surexposant des arbres



- **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