

**IRSN**

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

*Faire avancer la sûreté nucléaire*

# Etudes Epidémiologiques : focus sur l'épidémiologie accidentelle

Dominique Laurier

**Journée thématique ECCOREV**

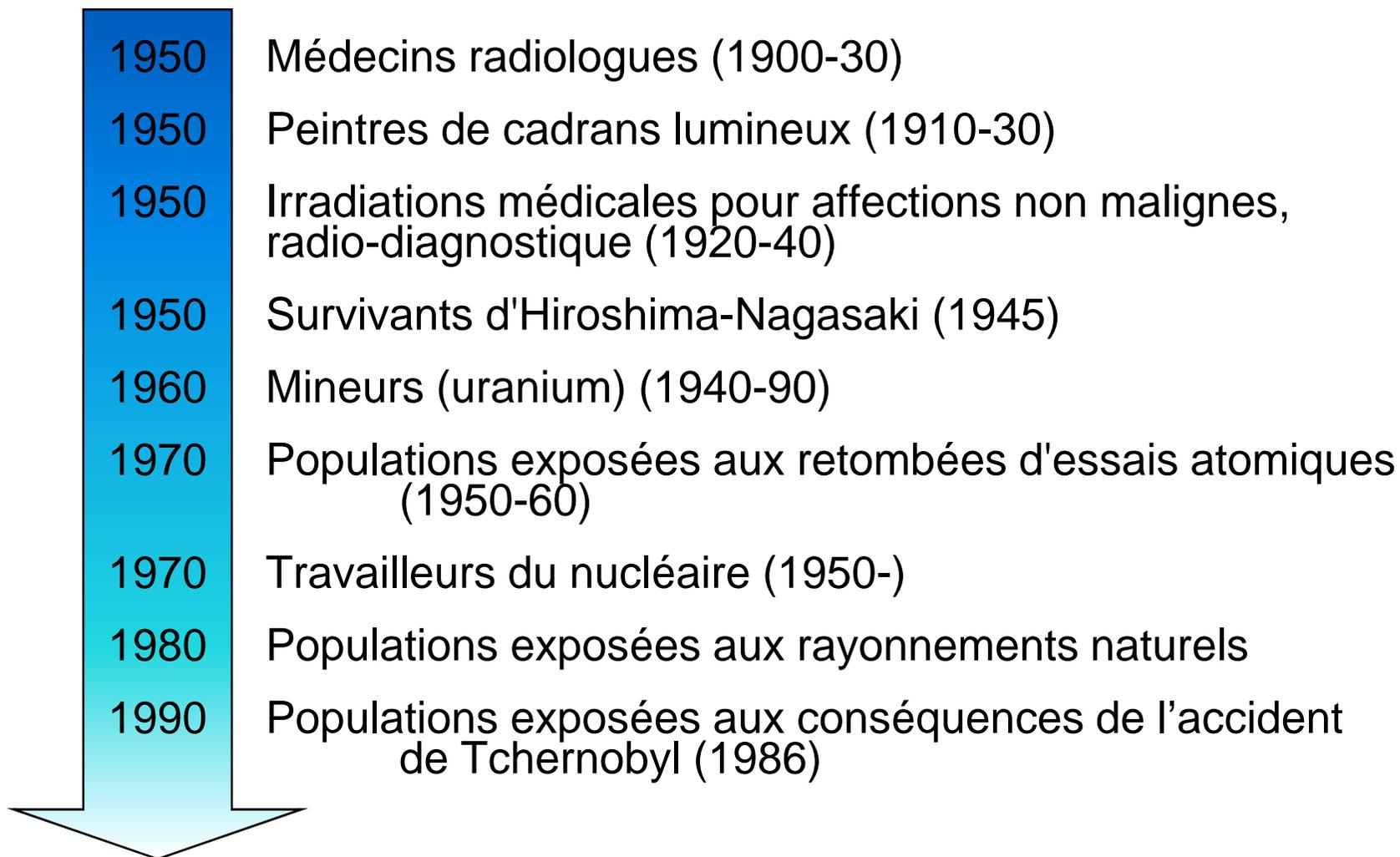
**« le risque nucléaire »**

Aix en Provence, 16Novembre 2012

## *Plan*

- **Epidémiologie des effets des rayonnements ionisants**
- Conséquences sanitaires de l'accident de Tchernobyl
- Conséquences sanitaires de l'accident de Fukushima
- Conclusion

## *Historique des études épidémiologiques dans le domaine des rayonnements ionisants*



# *Epidémiologie des rayonnements ionisants : résultats acquis*

## **Leucémie et cancers**

- Risque radio-induit démontré (leucémies, cancer du sein, du poumon, de la thyroïde...)
- Augmentation du risque de cancers solides et de leucémies avec la dose
- Latence de quelques années (leucémies) à plusieurs dizaines d'années (cancers solides)
- Risque par unité de dose diminue avec l'âge à l'exposition
- Risque par unité de dose diminue avec l'âge atteint pour les leucémies
  
- Pas d'évidence d'un seuil mais pas d'effet démontré en dessous de 100 mSv
- Risque de cancer de l'enfant associé à une exposition *in utero* à partir de 10 mSv

## **Non cancer**

- Retards mentaux associés à des expositions *in utero*
- Augmentation de la mortalité non cancer, principalement cardio-vasculaire
- Aucune observation d'effets héréditaires chez l'homme

# Effets des rayonnements ionisants

## Connaissances acquises

- Nombreuses études depuis les années 50 ( survivants des bombardements de Hiroshima et Nagasaki)
- Risque avéré pour les cancers solides et les leucémies (fortes doses externes)
- Latence importante (quelques années à décennies)

Existence d'un système de radioprotection très complet

## Questions actuelles en radioprotection

### Rapport « High Level and Expert Group » 2009

- Effets sanitaires des faibles et très faibles doses
- Variabilité individuelle du risque de cancer
- Effets des différents types de rayonnements ionisants
- Risques associés aux expositions internes
- Risques de pathologies non cancéreuses



## *Epidémiologie des faibles doses : problèmes posés*

- **Risques faibles** : RR proche de 1. Grande sensibilité aux biais et aux facteurs de confusion
- **Bruit de fond** : exposition naturelle concurrente générale et variable
- **Taux de base des cancers** : variable selon les populations et les pays
- **Faible débit de dose** : système de réparation de l'ADN, seuil ?
- **Protocole utilisé** : avantages et inconvénients
- **Puissance** : faible capacité à montrer de très faibles effets



**Limites des méthodes épidémiologiques ?**

## *Plan*

- Epidémiologie des effets des rayonnements ionisants
- **Conséquences sanitaires de l'accident de Tchernobyl**
- Conséquences sanitaires de l'accident de Fukushima
- Conclusion

# Accident de Tchernobyl

Accident : 26 Avril 1986



## Impact à court terme

600 travailleurs présents le 26 avril 1986

237 hospitalisations

134 syndromes aigus d'irradiation

42 décès immédiats

## Impact environnemental

Activité relâchée:  $12 \cdot 10^{18}$  Bq

Radionucléides: Xe, I, Te, Cs, Sr

# Dépôts de césium-137

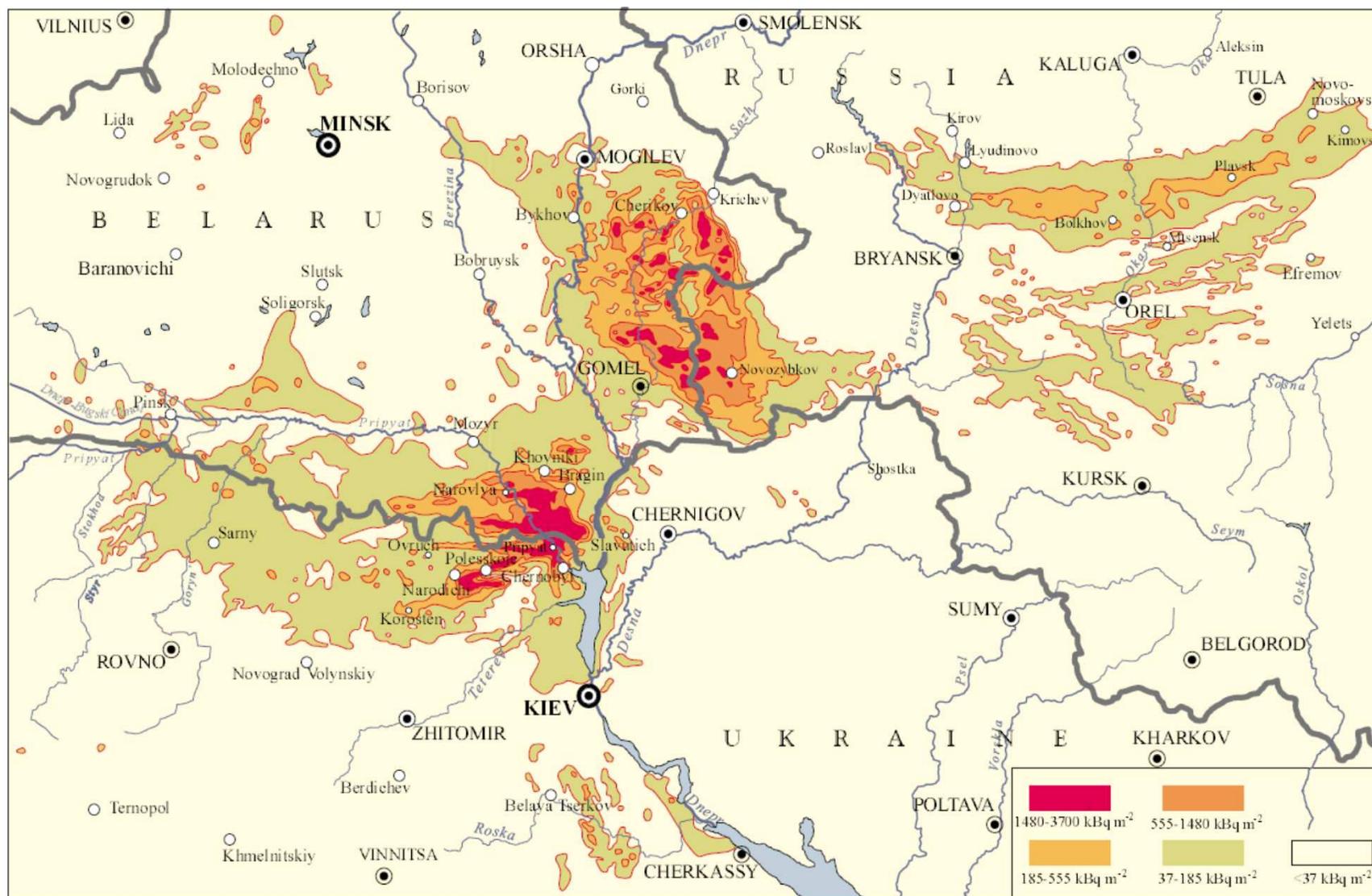


Figure VI. Surface ground deposition of caesium-137 released in the Chernobyl accident [11, 13].

Source: UNSCEAR, 2006

# Les populations exposées (1)

## Les liquidateurs

- Intervenants d'urgence: personnel du site, pompiers, militaires intervenus sur le réacteur dans les premiers jours. Environ 600 personnes.  
Irradiation externe majoritaire, avec composante d'inhalation  
Doses comprises entre 0,8 et 16Gy
- Les autres liquidateurs: intervenants dans la zone d'exclusion des 30 km.  
Environ 600 000 Russie/Ukraine/Belarus/Rep Baltes  
Exposition externe majoritaire, inhalation  
Doses comprises entre 10 et 1000 mSv  
Exposition importante si intervention durant 1<sup>ère</sup> année

Biais:

- Inclusion de personnes potentiellement dicté par l'intérêt personnel: accès aux soins, indemnisations, etc...

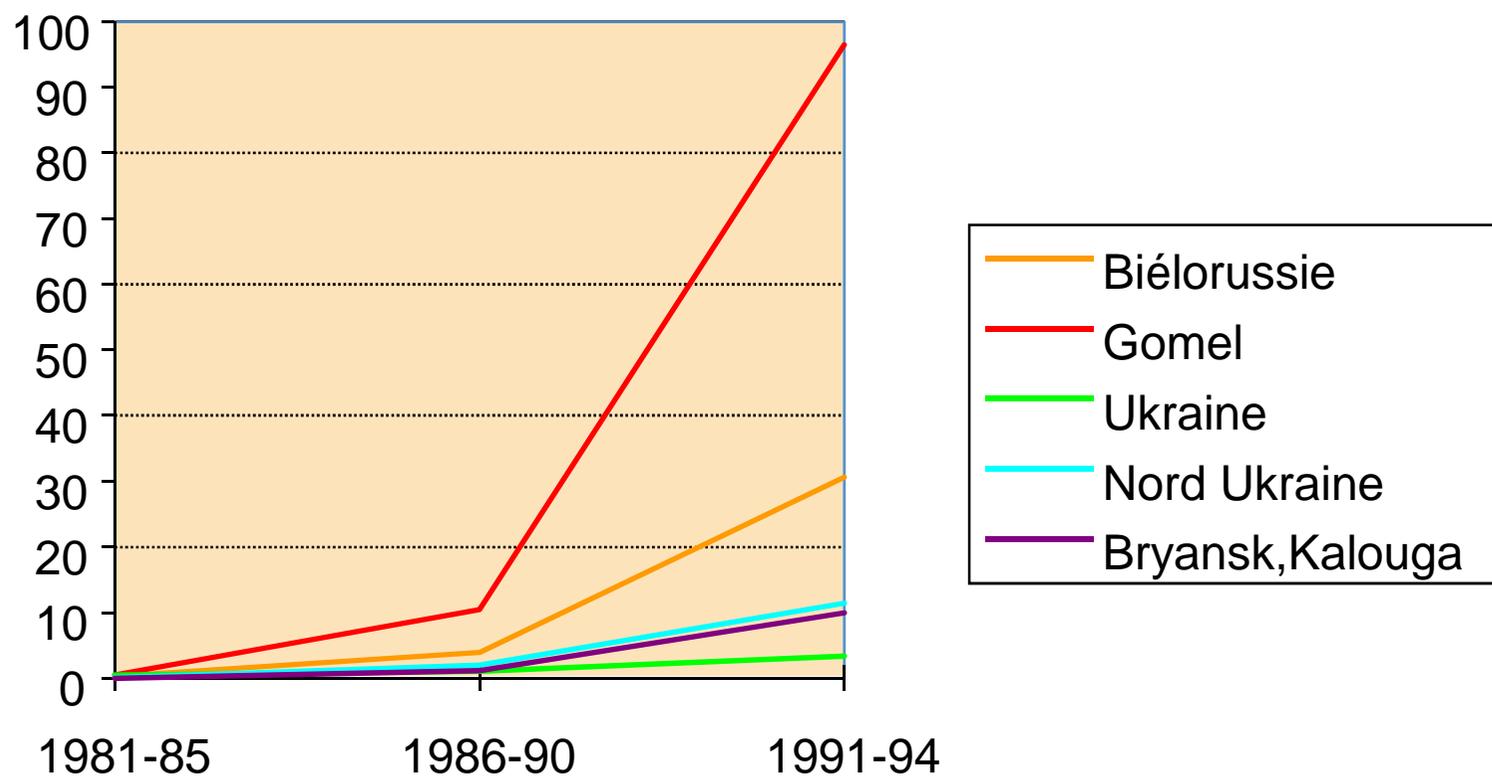
# Les populations exposées (2)

## La population générale

- **Population évacuée** de la zone d'exclusion: 116 000 personnes évacuées  
Inhalation essentiellement, irradiation externe (ingestion)  
Doses de 0,1-380 mSv  
Doses à la thyroïde de 0,07 à 4,3 Gy (moyenne par classe d'âge)
- **Population de la zone de contrôle strict** (>555 KBq.m<sup>-2</sup>): 270 000 personnes  
Inhalation, irradiation externe, ingestion  
Dose moyenne de 50 mSv  
Doses à la thyroïde de 0 à 2 Gy
- **Population des territoire contaminés**: Environ 5 millions de personnes dans trois pays Russie, Biélorussie et Ukraine.
  - Inhalation, irradiation externe
  - Dose moyenne de 10 à 20 mSv
  - Dose à la thyroïde de 0 à 50 mGy

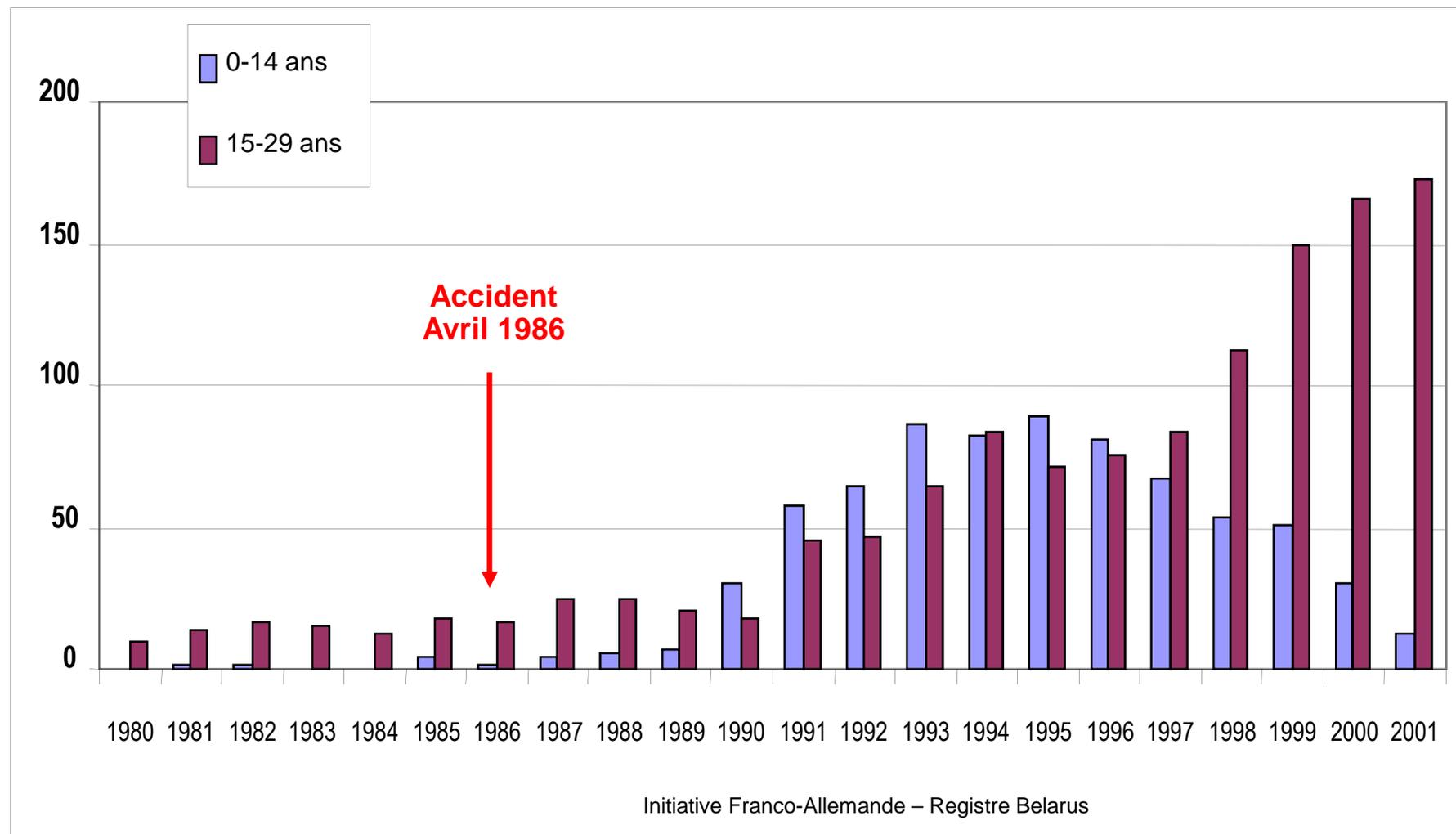
## *Incidence du cancer de la thyroïde chez l'enfant en Biélorussie, Ukraine et Russie*

Incidence pour un million, enfants < 15 ans



[Stsjazhko 1995]

# Cancers de la thyroïde en Belarus : résultats de l'Initiative Franco Allemande pour Tchernobyl



# Conséquences de l'accident de Tchernobyl : Cancers de la thyroïde chez les enfants

(*<15 ans au diagnostic*)

- Excès de risque identifié dès 1992 en Biélorussie
- Incidence multipliée par 30 sur toute la Biélorussie (x 100 à Gomel)
- incidence multipliée par 8 sur toute l'Ukraine (x 100 Nord Ukraine)
- Plus de 3000 cas observés dans les territoires contaminés
- Excès plus fort chez les plus jeunes lors de l'accident (50% des cas <4 ans)
- Tumeurs invasives, essentiellement papillaires
- Relation dose-risque significative, compatible avec résultats survivants HN et études domaine médical (Cardis et al JNCI 2005;Tronko et al JNCI 2006)
  - RR à 1Gy entre 4.5 et 7.4 selon les modèles utilisés et les études
  - RR augmenté si âge à l'exposition précoce et si carence iodée

➡ Excès réel, non explicable seulement par un biais de dépistage

➡ Excès se poursuit, y compris à âge atteint adulte

➡ Dû à l'Iode 131 (+ iodes vie courte + carence iodée ?)

# Conséquences de l'accident de Tchernobyl : Cancers de la thyroïde chez les adultes

(>20 ans à l'exposition)

[Kesminiene et al. Radiat Res 2012]

## Matériel/méthode

- Etude cas-témoins nichée
- Liquidateurs biélorusses, russes et baltes ayant travaillé à Tchernobyl entre avril 86 et décembre 1987
- Calcul de la dose à la thyroïde : questionnaire - type de travail + lieu de vie et comportement - prise en compte exposition externe et interne - modèle de dosimétrie RADRUE – prise en compte des incertitudes

## Résultats

- Effectif important : 107 cas et 423 témoins
- Dose médiane à la thyroïde entre 50 et 70 mGy
- Relation dose-risque significative : **ERR/100 mGy = 0.38 (IC 95%, 0.1-1.09)**
- Relation significative dès 0-300 mGy

# Conséquences de l'accident de Tchernobyl : Leucémies chez les enfants

(Noschenko et al. Int J Cancer 2002)

Résultats contradictoires selon les régions

**Etude cas-témoins Ukraine** (Noschenko IJC 2002, Noshchenko IJC 2010)

- Enfants < 5 ans résidants dans les zones les plus contaminées
- 246 cas diagnostiqués entre 1987 et 1997 / 492 cas
- Reconstitution des doses : historique habitat, mode de vie, consommation x mesures contamination Cs137, débit gamma. Considère exposition externe et contamination interne
- Doses de 0 à 313 mGy (92% < 10 mGy)
- Augmentation significative du risque de leucémies  
OR=2.4 [95%CI: 1.4–4.0] pour dose > 10 mGy

# Conséquences de l'accident de Tchernobyl : Leucémies chez les adultes

2 études cas-témoins

**Liquidateurs Ukrainiens (NCI)** (Zablotska et al, 2012; Romanenko et al. 2008)

117 cas / 716 témoins

Dose moyenne 132 / 82 mGy (Radrué)

Leucémies hors LLC : ERR/Gy = 2.4 [0.5 - 5.9]

LLC : ERR/Gy = 2.6 [0.1 - 8.4]

**Liquidateurs Belarusses-Russes-Baltes (CIRC)** (Kesminiene et al. 2008)

60 cas (40 leu + 20 LNH) / 287 témoins

Dose moyenne 13 mGy (Radrué)

Leucémies hors CLL: ERR/Gy = 5.0 [-0.4 - 5.7]



ERR proches de ceux issus de H-N

Cohérence des résultats des 2 études

# Conséquences de l'accident de Tchernobyl : autres effets

## Performances cognitives et comportementales

- Doutes (pour les expositions in utero au moment de l'accident)

## Malformations congénitales

- Bon registre Belarus: pas d'augmentation
- Doutes pour les trisomies 21 (pour les expositions in utero au moment de l'accident) (Zatzepin et al, Reprod Toxicol 2007)

## Cancers solides

- Nombreuses études: pas de résultats cohérents (recul insuffisant ?)

## Pathologies non cancéreuses

- Pathologies cardiovasculaires (arythmies): suggestion d'un lien avec Cs 137 non confirmé, excès observé cohorte liquidateurs russes
- Cataracte: excès et possible relation à la dose, liquidateurs russes
- Maladies diverses (digestives, rénales, endocriniennes, respiratoires, immunitaires): pas de cohérence des résultats

## *Conséquences de l'accident de Tchernobyl : les effets psychologiques*

- Difficiles à cerner et à étudier
- Indicateurs d'une incidence augmentée dans toutes les populations étudiées
- Lien avec l'exposition difficile à mettre en évidence
- Facteurs confondants majeurs: changements socio-économiques dans les pays de l'ex-URSS
- Multiplicité des autres facteurs confondants

*(Voir: Bromet et col, Clin Oncol, 2011)*

# *Accident de Tchernobyl : effets sanitaires*

## Conséquences reconnues

- Augmentation de l'incidence des cancers de la thyroïde chez les enfants, très forte et précoce
- Relation dose-réponse observée récemment pour le risque de leucémie - chez les liquidateurs et les enfants
- Conséquences psychologiques

## Conséquences sanitaires possibles

- Observation d'un excès de cancers de la thyroïde après exposition à l'âge adulte
- Incertitudes sur le risque de cancers solides
- Possibilité d'effets congénitaux pour les expositions in utero (trisomies 21)
- Observations d'effets non-cancers à consolider (cataractes et pathologies cardiovasculaires chez les liquidateurs)
- Nombreux problèmes de santé rapportés, liés ou non aux rayonnements ionisants (y compris hors CEI)

# Leçons de Tchernobyl

## Limites méthodologiques

- Complexité du contexte social/politique (chute de l'URSS en 1991)
- Retard de mise en place des études épidémiologiques
- Problèmes d'identification/caractérisation des populations
- Qualité des estimations dosimétriques
- Données perdues, doutes sur la qualité des données recueillies
- Manque de données de référence (qualité taux de référence externes, démographie)
- Effets des dépistages

## Leçons pour l'épidémiologie post-accidentelle

- Nécessité de se préparer à la mise place d'une réponse épidémiologique
- Importance de l'identification des populations
- Importance de la qualité des estimations dosimétriques
- Avantages approche cas-témoins/cohorte

## *Plan*

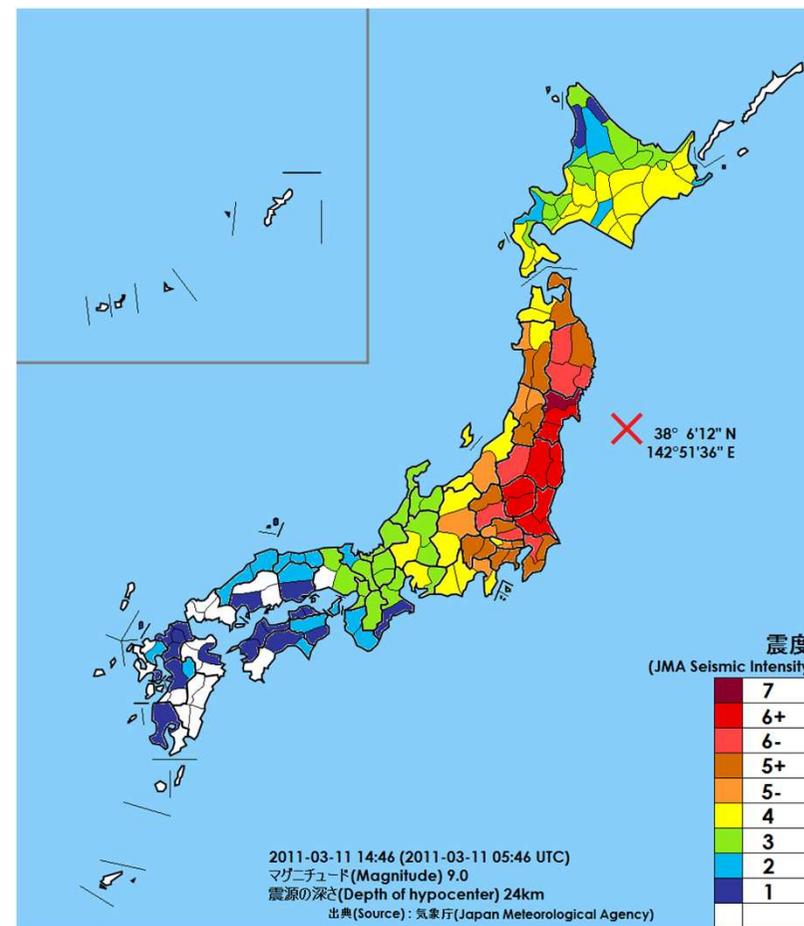
- Epidémiologie des effets des rayonnements ionisants
- Conséquences sanitaires de l'accident de Tchernobyl
- **Conséquences sanitaires de l'accident de Fukushima**
- Conclusion

# Tremblement de terre et Tsunami

11 Mars 2011

Tremblement de terre magnitude 9.0

Vague haute de 14m à Fukushima



# Accident de la centrale nucléaire de Fukushima Dai-Ichi

Centrale de production d'électricité (TEPCO)  
6 réacteurs « à eau bouillante »



## Enchaînement d'évènements

Explosion Réacteur 1 12 Mars

Explosion Réacteur 3 14 Mars

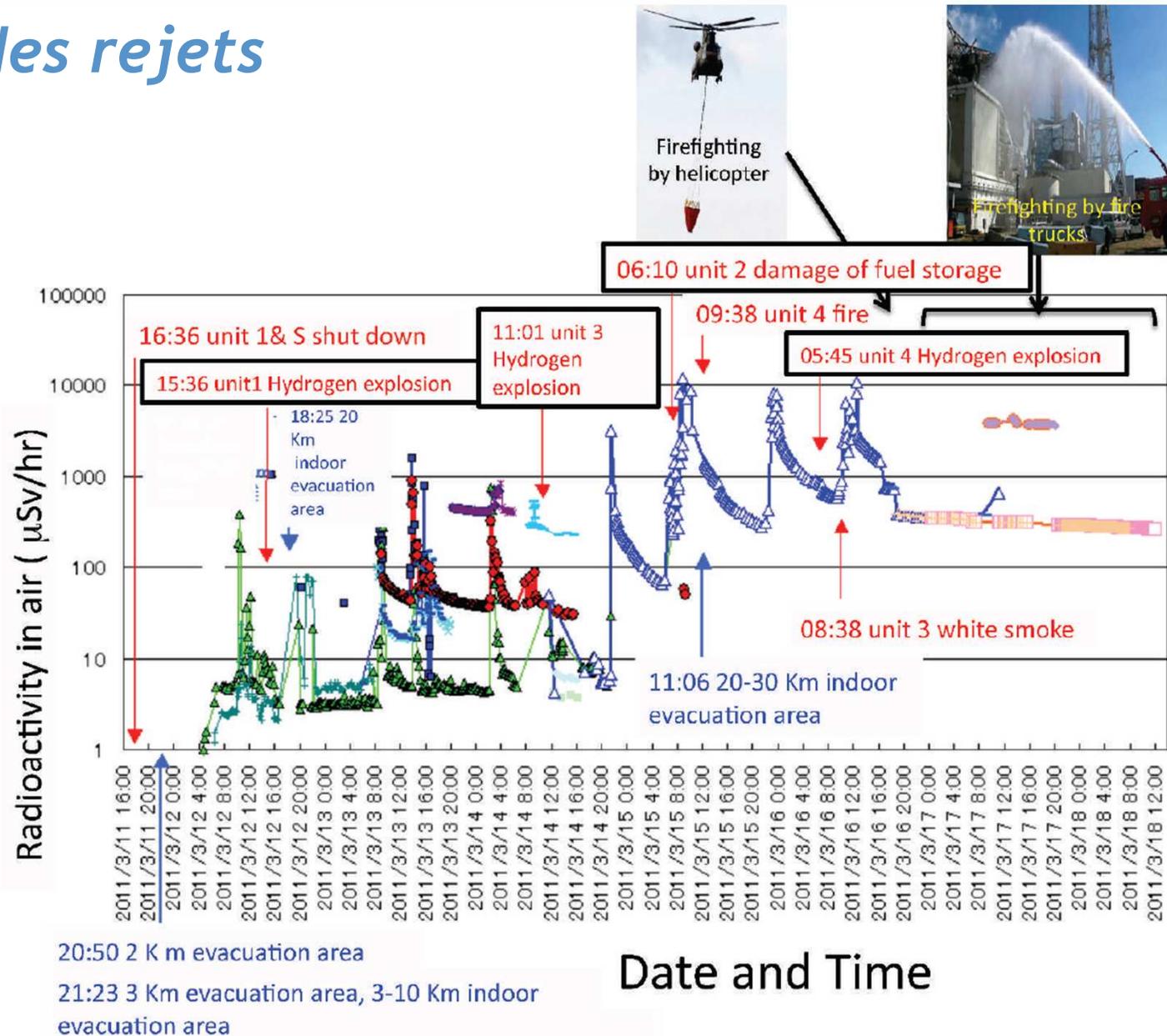
Explosion Réacteur 2 15 Mars

Incendie Réacteur 4 15 Mars

Classé « accident majeur »  
(INES 7)



# Séquence des rejets



Ohnishi T, Rad Res, 2012

FIG. 7. Radioactivity at several monitoring points around the plant during the period from March 11 to March 18. Different colors and symbols indicate individual monitoring posts at the boundary of or inside the plant. Red and black arrows indicate times at which specific events occurred within the plant. Blue arrows indicate times at which specific steps were taken to protect the public outside of the plant.

## Estimation des rejets atmosphériques

- Gaz rares:  $^{133}\text{Xe}$
- Iodes, notamment  $^{131}\text{I}$  et  $^{132}\text{I}$
- Tellures,  $^{129\text{m}}\text{Te}$ ,  $^{132}\text{Te}$
- Césium,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{136}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  (30,2 ans)
- Traces d'éléments moins volatiles: Sr, Ba, La.

Radionucléides	IRSN, 2011	NISA, Juin 2011	Tchernobyl
Gaz rares ( $^{133}\text{Xe}$ )	6540 PBq	11 000 PBq	6533PBq
Iodes/ $^{131}\text{I}$	409 PBq/ <b>197 PBq</b>	162 PBq/ <b>160 PBq</b>	4260 PBq/ <b>1760 PBq</b>
Césiums/ $^{137}\text{Cs}$	58 PBq/ <b>21 PBq</b>	33PBq/ <b>15 PBq</b>	168/ <b>85 PBq</b>
Tellures	144 PBq	5 PBq	1400 PBq

# Evacuations

- Basées sur les premières estimations de dose à la population.
- Une dose estimée de 20mSv conduit à une décision d'évacuation des populations exposées
- 11 Mars, 20h50: décision d'évacuation de la zone des 2 Km
- 11 Mars, 21h23: décision d'évacuation de la zone des 3 Km, confinement des populations dans les habitations dans une zone de 10 Km
- 12 Mars, 18h20: décision d'évacuation de la zone des 20 km : zone d'évacuation d'urgence. 85 000 personnes au total. Mise à l'abris 20-30 km
- 15 Mars, 19h00: évacuation de la zone des 20 km autour de la centrale effective
- Fin Mars: évacuation spontanée d'une partie de la zone 20-30 km
- 22 Avril: Zone d'évacuation élargie (jusqu'à 80 km): décision d'évacuation de zones délimitées en fonction des mesures de contamination des sols. Communes de Iitate, Katsurao, Kawamata et Minamisoma

Au total, environ 210 000 personnes évacuées

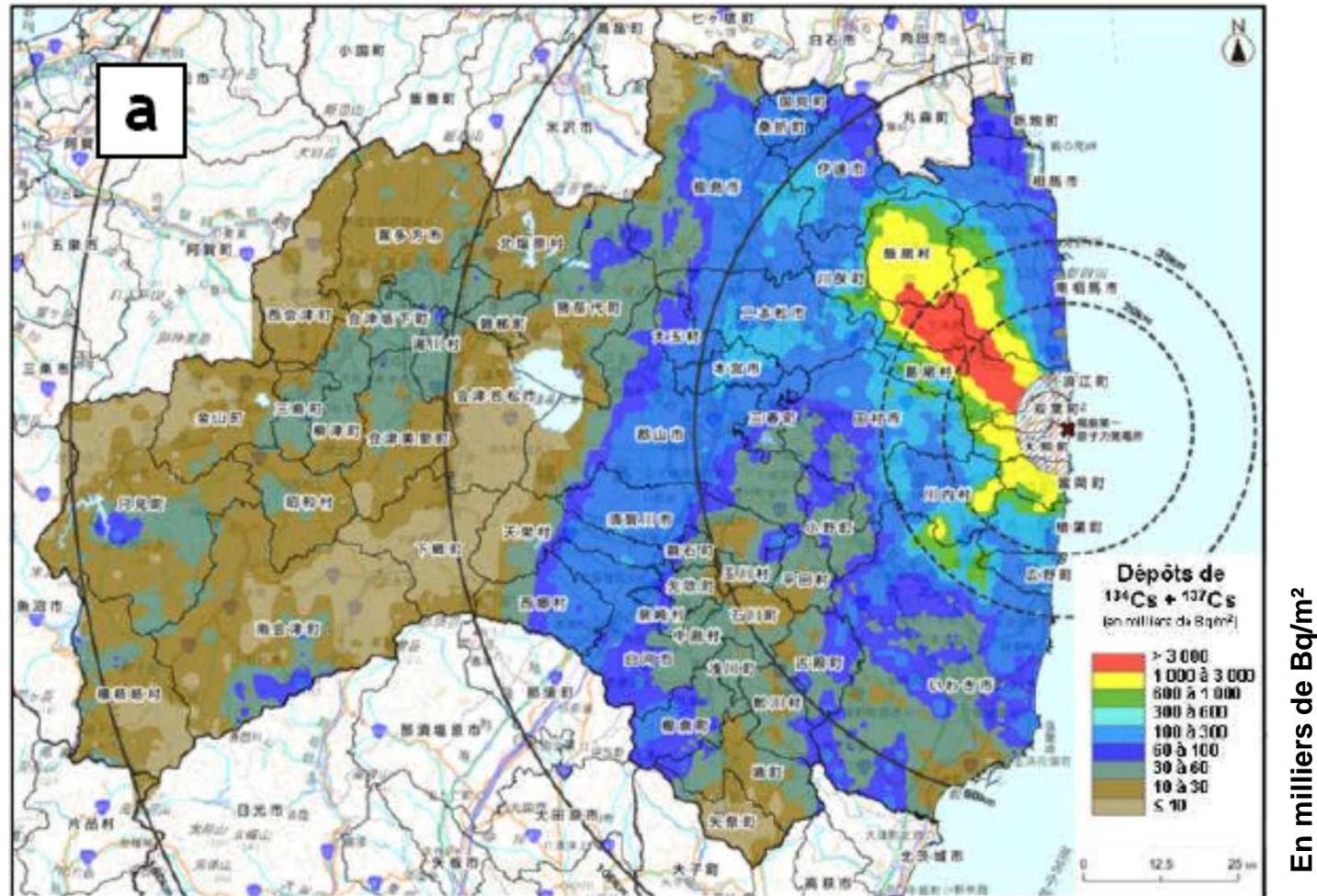
# Zones évacuées

Figure 1. Restricted area, deliberate evacuation area and regions including specific spots recommended for evacuation (as of November 25, 2011)



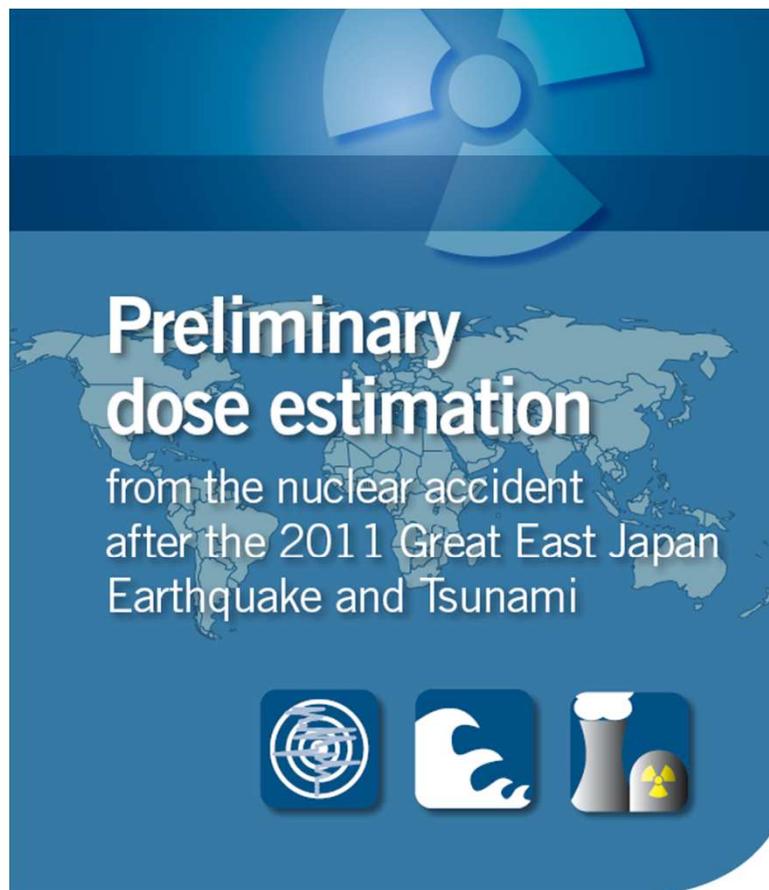
Source: Adapted from [http://www.meti.go.jp/english/earthquake/nuclear/roadmap/pdf/evacuation\\_map\\_111125.pdf](http://www.meti.go.jp/english/earthquake/nuclear/roadmap/pdf/evacuation_map_111125.pdf) (reproduced with permission).

# Cartes de mesure des dépôts



Dépôts cumulés de  $^{134}\text{Cs}$  et  $^{137}\text{Cs}$  obtenus par mesures aéroportées réalisées entre le 30 Mars et le 3 Mai par le DOE (source: MEXT)

## *Doses à la population*



- Population générale
- Exposition de la première année
- Exposition externe due au panache et au dépôt, inhalation due au panache, ingestion d'eau et d'aliments
- Doses engagées efficaces et à la thyroïde

## Exposition de la population: dose efficace

Dose engagée due à l'exposition de la première année (mSv)

	Adult Dose band, key pathways to nearest 10% <sup>2,3</sup>			Infant (1 year) Dose band, key pathways to nearest 10% <sup>2,3</sup>		
Fukushima prefecture, more affected locations (examples only, for location of measurements used see Figure 3)						
Futaba county, Namie town (committed dose from the first four months only <sup>2</sup> )	10–50	External (groundshine) Inhalation	90% 10%	10–50	External (groundshine) Inhalation	90% 10%
Soma county, Itate village (committed dose from the first four months only <sup>2</sup> )	10–50	External (groundshine) Inhalation	90% 10%	10–50	External (groundshine) Inhalation Ingestion	80% 10% 10%
Futaba county, Katsurao village (committed dose from the first four months only <sup>2</sup> )	1–10	External (groundshine) Inhalation	80% 20%	1–10	External (groundshine) Inhalation Ingestion	70% 20% 10%
Minami Soma city	1–10	External (groundshine) Inhalation	90% 10%	1–10	External (groundshine) Ingestion Inhalation	80% 10% 10%
Futaba county, Naraha town	1–10	External (groundshine) Inhalation	80% 20%	1–10	External (groundshine) Ingestion Inhalation	80% 10% 10%
Iwaki city	1–10	External (groundshine) Inhalation	90% 10%	1–10	External (groundshine) Ingestion	60% 40%
Rest of Fukushima prefecture (less affected)	1–10	Ingestion External (groundshine)	50% 50%	1–10	Ingestion External (groundshine)	80% 20%
Neighbouring Japanese prefectures <sup>4</sup>	0.1–10	External (groundshine) Ingestion	80% 20%	0.1–10	External (groundshine) Ingestion	80% 20%
Rest of Japan <sup>5</sup>	0.1–1	Ingestion External (deposit)	70% 30%	0.1–1	Ingestion External (groundshine)	80% 20%
Neighbouring countries <sup>6</sup>	<0.01	Ingestion External (groundshine)	80% 20%	<0.01	Ingestion External (groundshine)	80% 20%
Rest of the world	<0.01	Ingestion External (groundshine)	80% 20%	<0.01	Ingestion External (groundshine)	80% 20%

# Exposition de la population: dose à la thyroïde

Dose équivalente engagée due à l'exposition de la première année (mSv)

	Adult Dose band, key pathways to nearest 10% <sup>2,3</sup>			Infant (1 year) Dose band, key pathways to nearest 10% <sup>2,3</sup>		
Fukushima prefecture, more affected locations (examples only, for location of measurements used see Figure 3)						
Futaba county, Namie town (committed dose from the first four months only <sup>1</sup> )	10–100	Inhalation External (groundshine) Ingestion	50% 40% 10%	100–200	Inhalation External (groundshine) Ingestion	50% 30% 20%
Soma county, Itate village (committed dose from the first four months only <sup>1</sup> )	10–100	Inhalation External (groundshine) Ingestion	40% 40% 20%	10–100	Inhalation Ingestion External (groundshine)	40% 40% 20%
Futaba county, Katsurao village (committed dose from the first four months only <sup>1</sup> ),	10–100	Ingestion Inhalation External (groundshine)	40% 40% 30%	10–100	Ingestion Inhalation External (groundshine)	60% 30% 10%
Minami Soma city	10–100	External (groundshine) Ingestion Inhalation	40% 40% 20%	10–100	Ingestion External (groundshine) Inhalation	60% 20% 20%
Futaba county, Naraha town	10–100	Ingestion External (groundshine) Inhalation	40% 40% 20%	10–100	Ingestion External (groundshine) Inhalation	70% 20% 10%
Iwaki city	1–10	Ingestion External (groundshine)	80% 20%	10–100	Ingestion External (groundshine)	90% 10%
Rest of Fukushima prefecture (less affected)	1–10	Ingestion External (groundshine) Inhalation	80% 10% 10%	10–100	Ingestion External (groundshine)	90% 10%
Neighbouring Japanese prefectures <sup>4</sup>	1–10	External (groundshine) Ingestion Inhalation	40% 30% 30%	1–10	Ingestion External (groundshine) Inhalation	60% 20% 20%
Rest of Japan <sup>5</sup>	1–10	Ingestion External (groundshine)	90% 10%	1–10	Ingestion	100%
Neighbouring countries <sup>6</sup>	<0.01	Ingestion External (groundshine)	90% 10%	<0.01	Ingestion	100%
Rest of the world	<0.01	Ingestion Inhalation External (groundshine)	70% 20% 10%	<0.01	Ingestion Inhalation External (groundshine)	80% 10% 10%

## Comparaison des doses avec Tchernobyl

Doses externes	Fukushima (1 <sup>ère</sup> année)	Tchernobyl (données UNSCEAR 2008)
> 5mSv	292 000 (Hors population évacuée)	1 300 000
> 10mSv	64 000	270 000
> 50 mSv	3100	-
>100 mSv	2 200	3 450

# *Effets sanitaires chez les travailleurs du site*

## ■ Décès déclarés et connus à ce jour

- Deux opérateurs TEPCO retrouvés noyés dans les locaux de la centrale après le passage du tsunami
- Deux décès par arrêt cardiaque
- Un décès par leucémie aigue (Aout 2011). Non imputable à l'accident
- Un décès par choc septique (Octobre 2011). Cause inconnue

## ■ Aucun décès attribué à des effets déterministes (SAI)

## Doses des travailleurs : dose externe

(mSv)	TEPCO	Contractors	Total
Over 250	0	0	0
Over 200 ~ 250 or less	0	0	0
Over 150 ~ 200 or less	7	3	10
Over 100 ~ 150 or less	57	8	65
Over 50 ~ 100 or less	307	237	544
Over 20 ~ 50 or less	677	1889	2566
Over 10 ~ 20 or less	550	2559	3109
10 or less	1741	12068	13809
<b>Total</b>	<b>3339</b>	<b>16764</b>	<b>20103</b>
<b>Max</b>	188.14	199.42	199.42
<b>Mean</b>	18.83	8.38	10.11

[TEPCO, Fev 2012]

- Très peu d'informations quand à la méthode d'évaluation des doses
- Aucune information disponible sur les autres intervenants: Pompiers, policiers, sécurité civile, employés municipaux

# Doses des travailleurs : dose thyroïde

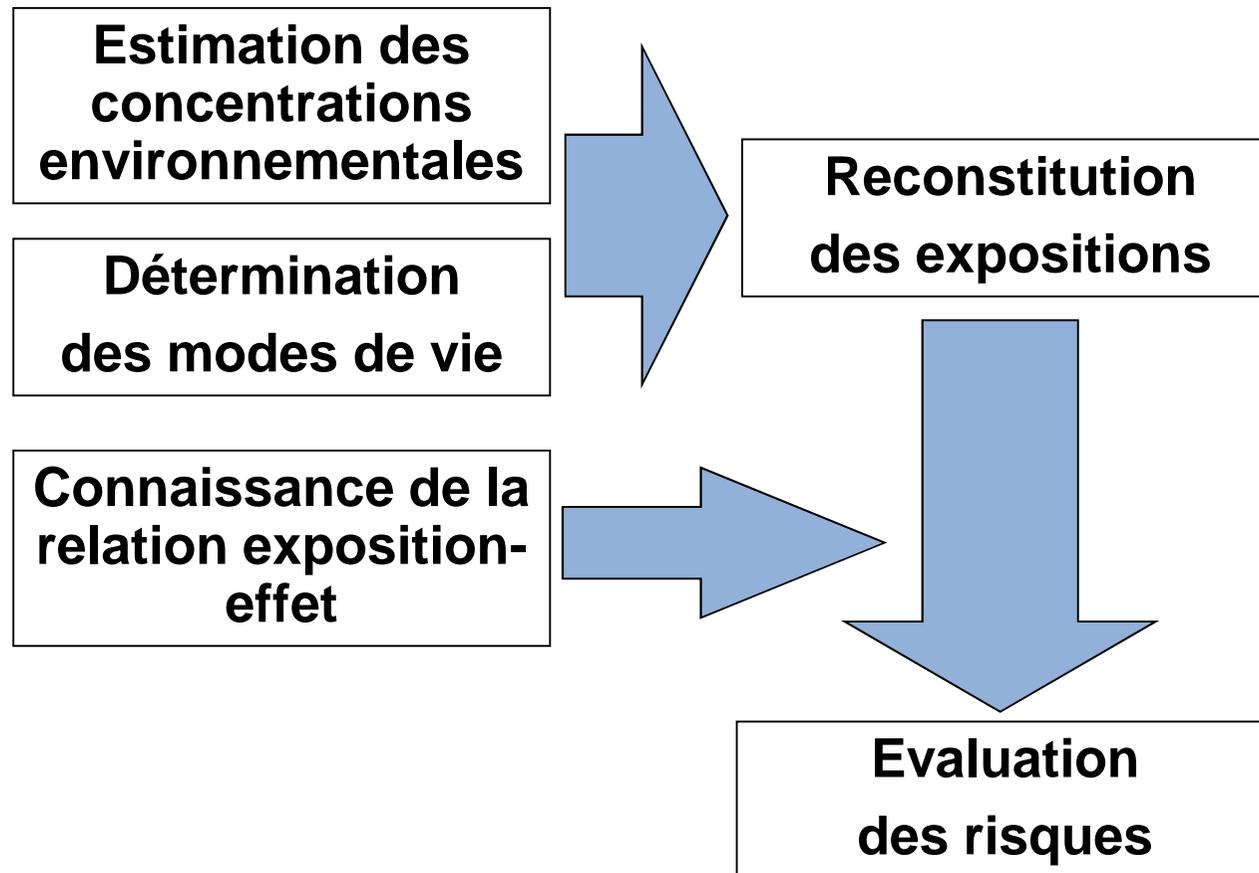
Dose à la thyroïde due à l'iode 131

Dose Thyroïde (mSv)	Personnes
> 10 000	2
> 2000- 10 000	10
> 1000 - 2000	32
> 500 - 1000	50
> 200 - 500	69
> 100 - 200	15
100 et moins	344
Total	522

[TEPCO, Fev 2012]

# *Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires*

Utiliser les connaissances acquises pour estimer par le calcul le risque que l'on attend dans une population soumise à un niveau d'exposition donné



# Evaluation des risques post-Fukushima

## « The health outcome of the Fukushima catastrophe »

[Busby, 30 March 2011]

- Population rayon 100 km autour de la centrale
- Dose moyenne x modele de risque ECCR
- 103 329 cancers attribuables sur 10 ans (+66% / attendus normalement)

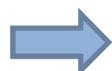
## « U.N. expert sees no serious Fukushima health impact »

Reuters, 18 April 2011

## « Worldwide health effects of the Fukushima Daiichi nuclear accident »

[Ten Hoeve & Jacobson Energy & Environ Sc 2012]

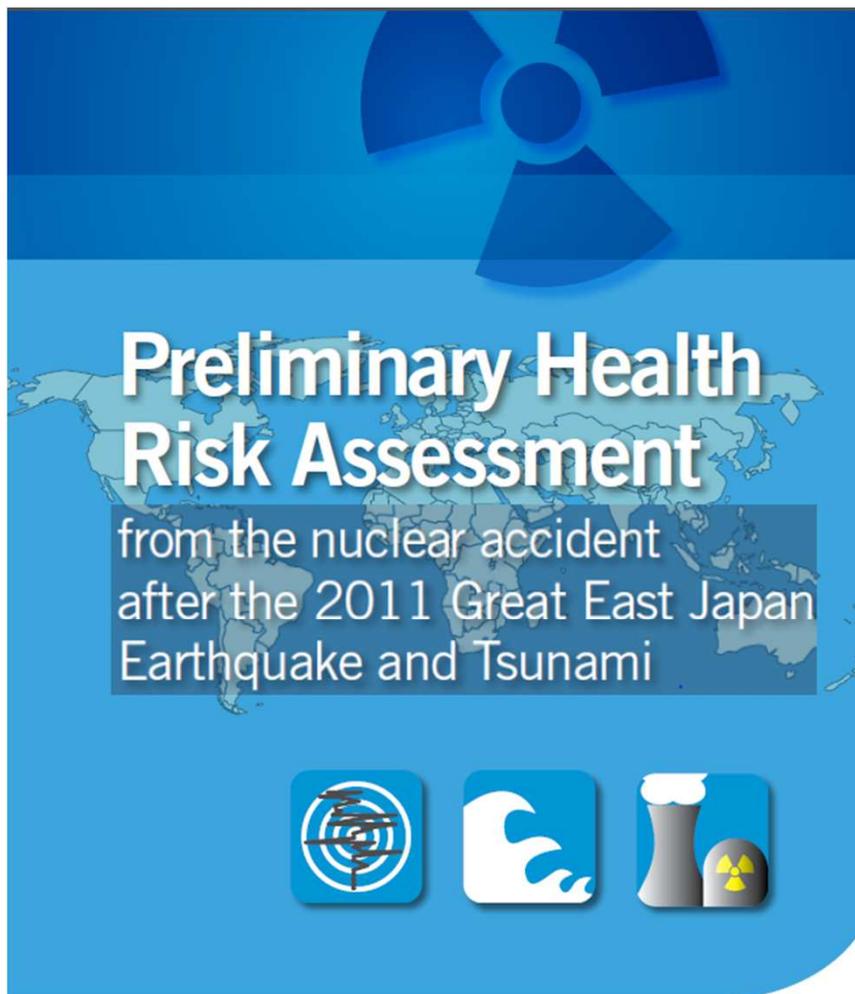
- Dose efficace x modèle de risque LNT
- Impact mondial vie entière : 130 (15-1100) deces par cancer + 180 (24-1800) cancers incidents attribuables (dont majorité au Japon)
- Travailleurs : 2 à 12 cas attribuables



Forte sensibilité à la méthode (estimation de dose, choix modèle, taille population, durée de prédiction), parfois obscure

Manque de données de comparaison

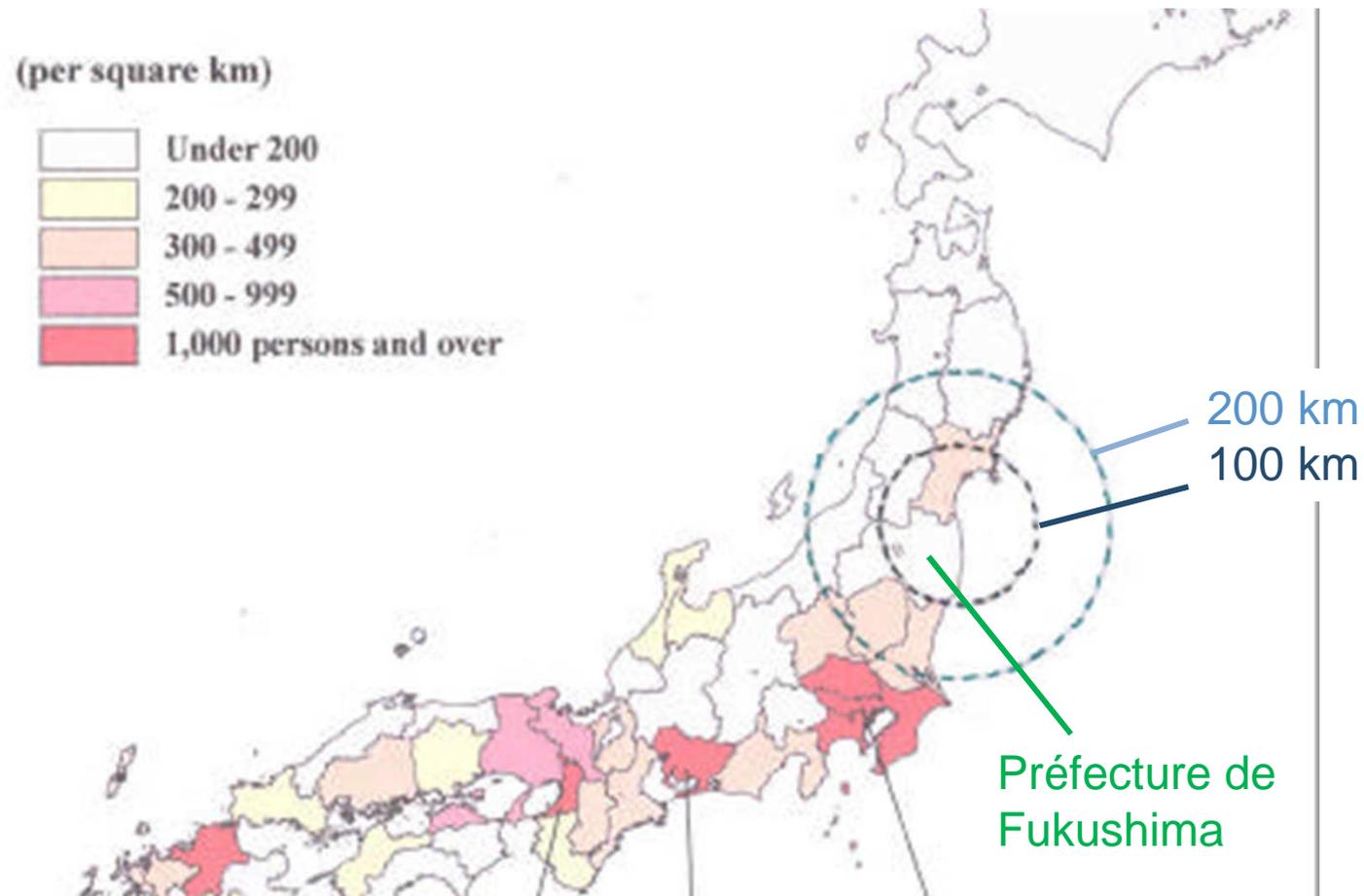
## *Evaluation des risques post-Fukushima*



- Population générale et travailleurs
- Leucémie, cancer de la thyroïde, du sein et ensemble des cancers solides
- Estimation des doses aux organes
- Calcul du risque attribuable vie entière (LAR)
- Méthodologie détaillée, résultats discutés en fonction du risque de base attendu

[WHO in preparation]

# Densité de population Japon



Population préfecture Fukushima ~ 2 M habitants

Rayon 100 km / 200 km ~ 3,3 / 7,8 M habitants (Busby, March 2011)

## *Etudes épidémiologiques post-Fukushima*

« Researchers are about to launch one of the most ambitious epidemiological studies ever attempted on the effects of low-dose radiation »

(Science, August 2011)

# Etudes épidémiologiques post-Fukushima

[Akiba J Radiol Prot, Feb 2012]

Etudes lancées par les autorités japonaises le 25 Juillet 2011

- Cohorte des habitants de la préfecture de Fukushima : 2 000 000 de personnes concernées. Questionnaire détaillé: où étiez-vous entre le 11 et le 25 Mars 2011? Comportement et mode de vie... Servira de base à estimation de dose. Questionnaires lancés en juin/aout 2011 (<50% réponses en Oct 2011)
- Suivi de l'état de santé des personnes évacuées. 210 000 personnes concernées. Point « zéro » et suivi sur au moins 10 ans.
- Suivi des femmes enceintes et de leurs enfants (Jusqu'à l'âge de 12 ans). 20 000 femmes ayant déclaré une grossesse entre le 1<sup>er</sup> Aout 2010 et le 1<sup>er</sup> Juillet 2011. Point « zéro » et suivi jusqu'à l'âge de 12 ans
- Suivi des enfants pour les cancers de la thyroïde. 360 000 enfants de moins de 18 ans. Point « zéro » en cours et suivi jusqu'à l'âge de 20 ans.

Durée des études prévue sur 30 ans.

Coût estimé: 1000 M€

# *Etudes épidémiologiques post-Fukushima*

## Conséquences psychologiques (Akiba JRP 2012)

- Evaluation de la santé mentale de 200000 habitants de la préfecture de Fukushima (incluant des évacués) par questionnaire
- Suivi sur 10 ans de la santé mentale et physique de 300000 résidents des préfectures de Iwate, Miyagi et Fukushima

## Suivi des travailleurs

- Population des travailleurs TEPCO+contractants, environ 20 000 personnes en Mars 2012
- Estimation des doses individuelles (externe + interne)
- Suivi médical et psychologique
- Enregistrement des effets cancéreux (thyroïde, leucémies, cancers solides) et non cancéreux (cataractes, maladies cardiovasculaires)

# *Etudes épidémiologiques post-Fukushima*

**Radiation epidemiology: a perspective on Fukushima**  
**John D Boice Jr, J Radiol Prot, Feb 2012**

## **Why study Fukushima?**

“There are reasons of compassion, reassurance and health maintenance to study the Fukushima population. However, there is little chance that a study lasting even 30–60 years would result in a detectable increase in cancer—the estimated doses to workers and to the public to date are just too small...”

“...The study of mental disorders would be important and might be emphasised...”

## *Plan*

- Epidémiologie des effets des rayonnements ionisants
- Conséquences sanitaires de l'accident de Tchernobyl
- Conséquences sanitaires de l'accident de Fukushima
- **Conclusion**

# *Conclusion*

## **Difficulté des études post-accidentelles**

- Contexte socio-économique difficile
- Problème d'identification/de suivi des populations (déplacements, erreurs de classement)
- Manque de précision des doses individuelles (importance des mesures rapides)
- Capacité de détection (niveaux de dose, taille des populations)
- Pas seulement effets radio-induits (conséquences psychologiques)

# Conclusion

## Accident de Tchernobyl

- Démonstration de risques de cancers associés à des expositions chroniques
- Nombreuses incertitudes (impact de la déficience en iode, résultats inconsistants)
- Nécessité de continuer le suivi pour les cancers solides
- Importance des effets psycho-sociaux

## Accident de Fukushima

- Rapidité de la mise en place des études épidémiologiques
- Absence de registre des cancers dans la préfecture avant l'accident
- Manque de mesures dans les premiers jours d'exposition
- Faiblesse des risques prédis
- Possibilité d'effet de dépistage (accroissement incidence, exposition médicale)
- Ambition des études prévues (taux de réponse ? de suivi ?)