

# **RETOUR D'EXPERIENCE SUR L'ACCIDENT DE FUKUSHIMA - Retour des populations en territoire contaminé : produits alimentaires, produits manufacturés et déchets de décontamination**

---

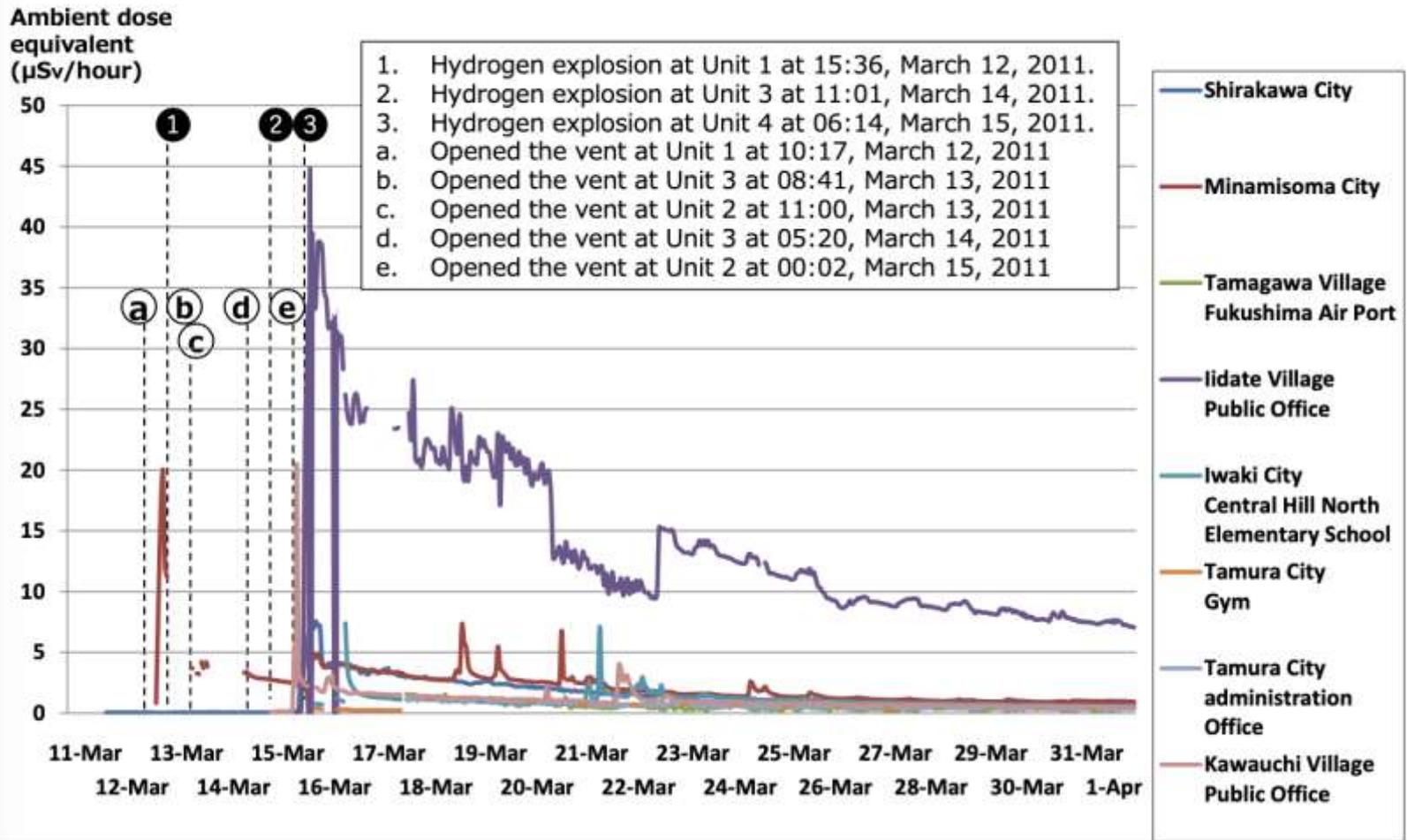
Journée ARRAD - Lausanne - 29 novembre 2024

Pascal Croüail

CEPN

- ❖ Evacuation et **retour des populations** évacuées
- ❖ **Suivi sanitaire** des populations affectées
- ❖ Surveillance environnementale et **gestion des milieux** terrestre (e.g. agriculture) et aquatique (e.g. pêche)
- ❖ Gestion des **biens contaminés** (e.g. denrées alimentaires)
- ❖ Gestion des **déchets**
- ❖ Reprise **économique** dans les territoires affectés

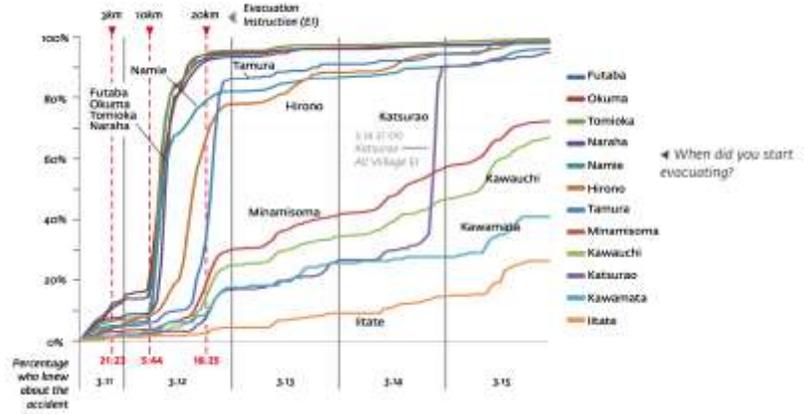
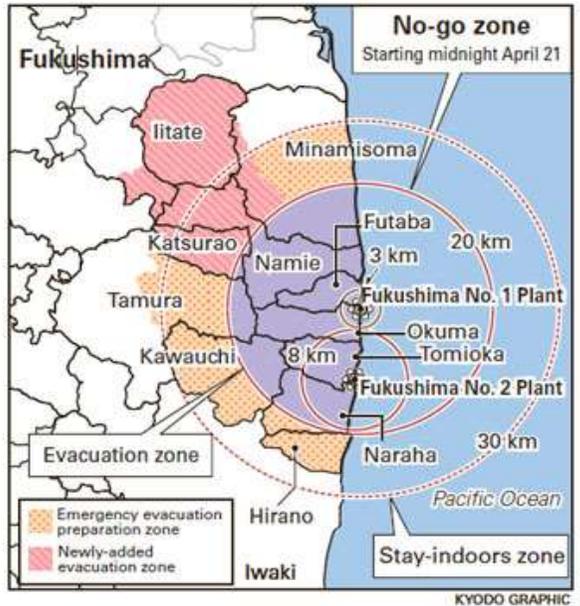
# Fallait-il évacuer la population ?



Compte tenu des débits de dose ambiants, oui, certainement.  
Qui ? Comment ? Jusqu'où ? Vers où ? Combien de temps ?

# Zones d'évacuation d'urgence

- 11-12 mars 2011 : Zone d'évacuation (Ⓜ3 km , Ⓜ10 km puis Ⓜ20 km)
- 15 mars 2011 : Zone avec ordre de mise à l'abri (Ⓜ20-Ⓜ30 km)
- 17 mars – Mise en place du contrôle des denrées alimentaires – Destruction du lait
- 21 avril 2011 : Zones d'accès restreint (i.e. interdite au public) (Ⓜ20 km) et d'évacuation délibérée (> 20 mSv/an i.e. > 3,8 μSv/h)
- 22 avril 2011 : Zone de préparation à l'évacuation d'urgence (Ⓜ20-Ⓜ30 km)



# Zonage post-accidentel 8 août 2013

Abe declare "Le processus de restauration de Fukushima a atteint le point de départ du retour des résidents"

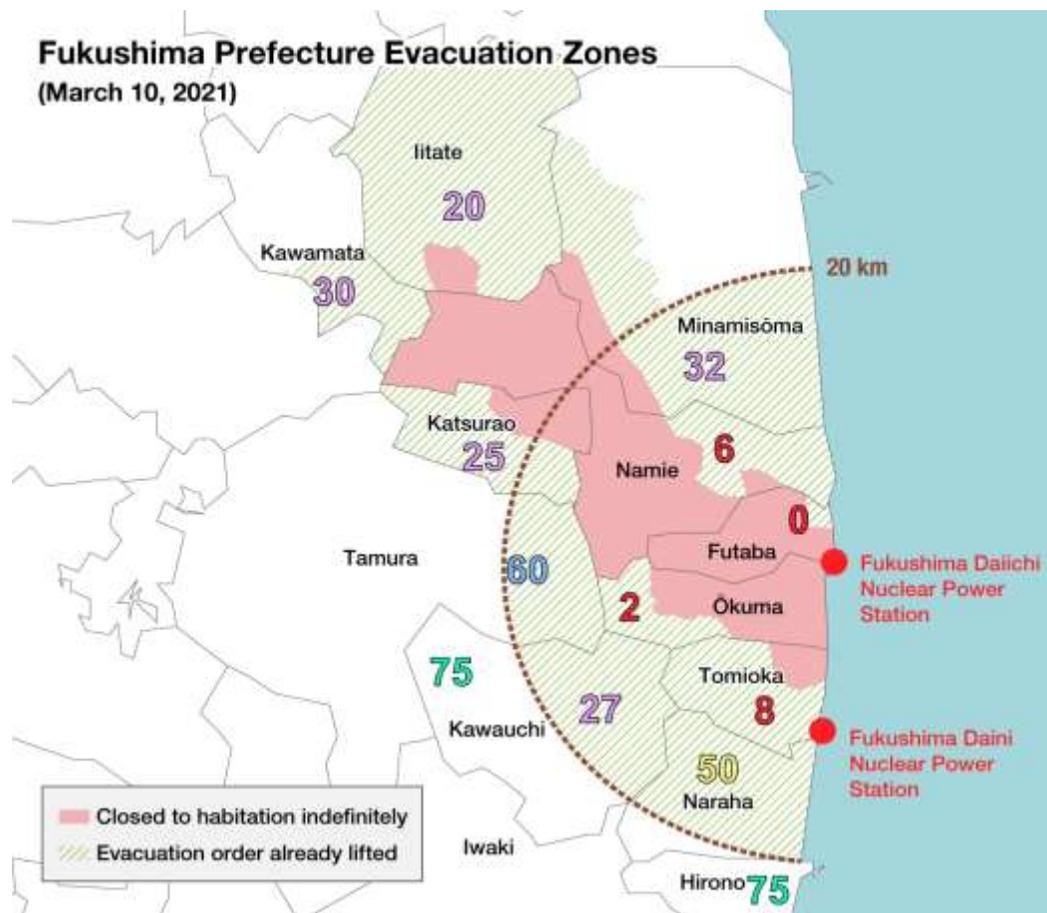


~470,000 personnes évacuées dont  
~160,000 durablement (plus de 10  
ans, jusqu'à 50 km des installations  
accidentées)

- 07/08/2013 – Requalification des zones affectées (12 municipalités concernées)
- 25,280 habitants des zones de **“retour difficile”** (doses > 50 mSv/an)
  - 24,620 habitants des zones **“de séjour de durée limitée (diurne)”** (doses > 20 mSv/an)
  - 34,000 habitants des zones de **“préparation à la levée de l'ordre d'évacuation”** (zones < 20 mSv/an i.e. 3,8 µSv/h)

# Taux de retour de la population évacuée

mars 2021 : ~25% en moyenne sur 12 municipalités (cf. carte)



Les chiffres indiquent le taux de retour de la population évacuée (en %)

# Situation en octobre 2024

- ~ 25,000 personnes ayant le statut d'évacué
- taux de retour 30 % en moyenne sur 12 municipalités de la SDA
- Reconquête des territoires affectés :

## Reconstruction - Réhabilitation - Revitalisation - Repopulation

- Mutation économique de la côte Pacifique du Tohoku (photovoltaïque, robotique, agro-tech., etc.)
- Restauration de la confiance des consommateurs (promotion des produits locaux)
  - altérée par la décision récente du rejet en mer des eaux de traitement tritiées ?
- Gestion des déchets de décontamination (rejets, entreposage, traitement, destination, recyclage)
- Nouveaux habitants (*newcomers*)



Source : MoE-Japon



# Les raisons exprimées du retour différé

Raisons évoquées expliquant le choix du non-retour si l'ordre d'évacuation était levé dès maintenant (choix multiples) [d'après enquête réalisée par la Reconstruction Agency en 2015]	nb. de réponses sur 8775 personnes interrogées	%
absence ou manque d'infrastructures médicales	5219	59%
absence ou manque d'infrastructures commerciales	4813	55%
préoccupation sur la sécurité de l'eau du robinet	4668	53%
ancienne maison trop détériorée ou détruite	4366	50%
préoccupation pour la sûreté des centrales nucléaires	4342	49%
radioactivité, dose potentielle ou débits de dose ambiant trop élevés	4308	49%
vie quotidienne plus pratique sur le lieu d'évacuation	3549	40%
résignation (impossibilité de recouvrer la « vie d'avant », traditions, festivals, nature, ...)	3403	39%
absence de services de soin pour les personnes âgées [réponses des personnes âgées]	3186	36%
parents, amis et anciens voisins ont quitté la région	2860	33%
absence ou manque d'infrastructures de transport	2588	29%
accès à l'endroit où je vivais impraticable	2456	28%
absence de perspective d'emploi	2315	26%
absence de services de soin et de maison de retraite pour personnes âgées [réponses des enfants de personnes âgées]	2294	26%
fermeture de l'école, ou manque d'établissements scolaires ou éducatifs	1790	20%
une nouvelle vie a commencé, je ne reviendrai pas (« peu importe l'évolution de la situation où je vivais avant »)	1587	18%
établissement scolaire bien meilleur sur le lieu d'évacuation	1497	17%
préoccupation sur la sûreté des sites de stockage ou entreposage des déchets radioactifs	1315	15%
perte de (mon) activité professionnelle (milieu agricole)	1196	14%
nouvel emploi trouvé ailleurs	1172	13%
autres raisons	1155	13%
perte de (mon) activité professionnelle (commerce, industrie)	1154	13%
préférence pour le lieu d'évacuation	1107	13%
... « mais je peux encore changer d'avis »...	584	7%
achat d'une nouvelle maison	492	6%
risque trop grand de tsunami ou tremblement de terre	297	3%
contamination des forêts et des rivières	220	3%
présence des sites d'entreposage de déchets et ISF	215	2%

Résultats d'une enquête d'opinions réalisée auprès de personnes évacuées anciens habitants des villes de Kawamata, Tomioka, Okuma, Futaba, Namie et Iitate

Question posée : Pourquoi ne retourneriez-vous pas une fois l'ordre d'évacuation levé ?

(source : Reconstruction Agency 2015)

# Le respect des « normes » ne suffit pas

- ▶ Critères de droit à l'indemnisation **liés aux autres critères** (fin de l'indemnisation en 2018)
- ▶ Des normes et critères à la rationalité complexe qui changent (destructeur de la confiance)



- ▶ Critères conditionnant la **levée** des ordres d'évacuation difficiles à respecter

- ▶ **Décontamination complète** des zones habitées ( $< 20$  mSv/an soit  $3,8 \mu\text{Sv/h}$   $\rightarrow$   $< 1$  mSv/an eq.  $0,23 \mu\text{Sv/h}$ )



- ▶ **Restauration des infrastructures** (transports -train/route - , commerces, administrations, écoles, établissements de santé, réseaux eau, gaz, électricité...) longue et conditionnée au retour d'une partie de la population



- ▶ **Concertation** avec les « résidents » difficile à réaliser quand les populations sont déplacées (!) et dont les priorités ne sont pas en adéquation avec celles des autorités nationales...



*« If I go, there will be trouble  
And if I stay, it will be double » (The Clash)*

- Très peu de mesures pour contrôler les produits non alimentaires. Fait sur peu de types de biens, exportés ou commercialisés au Japon.
  - Filière du bois : critères spécifiques de gestion car possibilité d'une utilisation domestique à grande échelle.
  - Autres filières : contrôles ponctuels des autorités ou des producteurs quand des cas de contamination ont été constatés, aux douanes ou par des importateurs / consommateurs (construction, papier, cosmétique, automobile...)
- Exemples de valeurs guide utilisées :
  - Bois de chauffage : 40 Bq/kg  $^{137}\text{Cs}$  (\*)
  - Matériaux de construction et génie civil : 100 Bq/kg (Cs) dans les roches et granulats provenant de carrières, DeD maximal de 0,23  $\mu\text{Sv/h}$ . (\*\*)
  - Automobile : 0,3  $\mu\text{Sv/h}$  (\*\*\*)

(problème pour les produits exportés vers des pays utilisant un seuil plus faible, ex-Russie)



# Suivi sanitaire des populations affectées

Tchernobyl (UNSCEAR 2008)	nb. personnes (x1000)	Dose efficace moyenne (mSv)		Dose absorbée thyroïde (mGy)
		Externe	Interne	
Bélarus	25	30	6	1100
Russie	0,19	25	10	440
Ukraine	90	20	10	330

Fukushima Zone d'évacuation (UNSCEAR 2013)	Dose efficace externe (mSv)		Dose absorbée thyroïde (mGy)	
	Adulte	Enfant 1 an	Adulte	Enfant 1 an
SDA ex- <i>"Restricted areas"</i>	1,1~5,7	1,6~9,3	7,2~34	<b>15~82</b>
SDA ex- <i>"Deliberate evacuation areas"</i>	4,8~9,3	7,1~13	16~35	<b>47~83</b>

facteur  
~10-50 vs.  
Tchernobyl

- ▶ Un peu plus de 200 cancers dépistés chez les enfants mais liés à « l'effet screening »
- ▶ Pas de cancer radio-induit attendus dans le futur (UNSCEAR 2020)
- ▶ Fortes augmentations de pathologies non radio-induites (dépression, obésité, diabète, ...) liées aux bouleversements dans les conditions de vie des populations affectées

- ▶ Mise en place de niveaux maximaux admissibles

	NMA 2011 (Césium – Bq/kg)	NMA 2012 (Césium – Bq/kg)
Eau	200	10
Lait & produits laitiers	200	50
Nourriture-bébé	–	50
Tout le reste	500	100

- ▶ Contremesures agricoles drastiques



- ▶ Contrôle intensif à toutes les étapes de production et labellisation

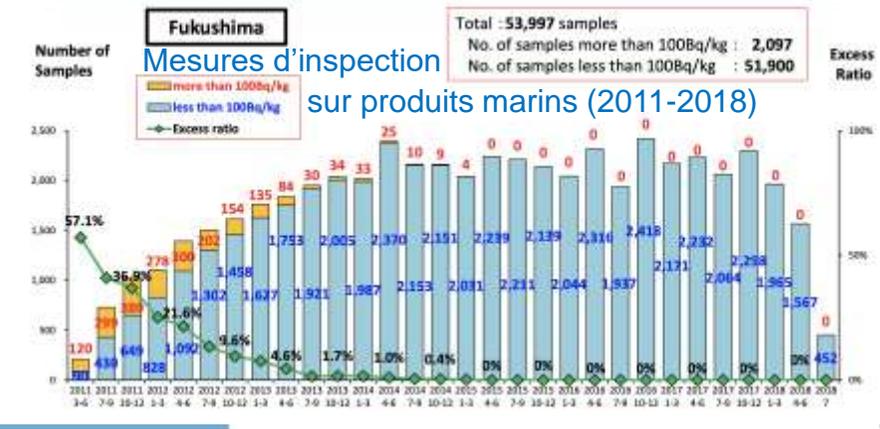


Seuils de contrôle avant vente



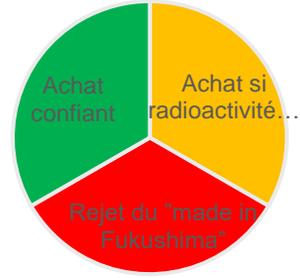
Niveaux de référence dérivés (filière laitière)

# Gestion des denrées alimentaires



Sûreté et qualité des aliments

Comportement du consommateur japonais



Maintien d'une activité agricole soutenable

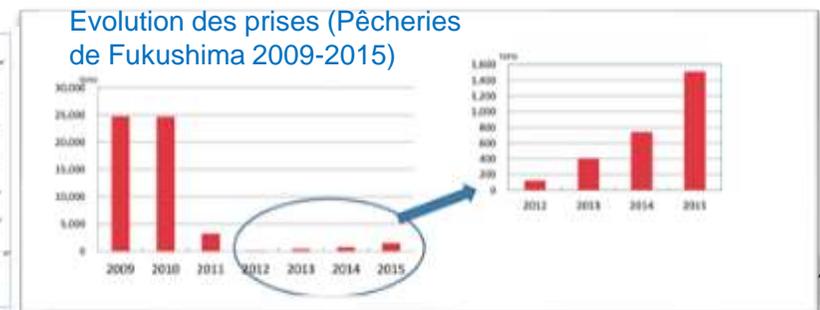
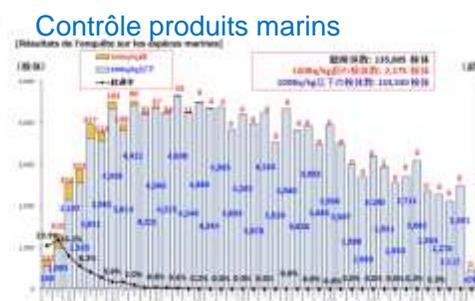
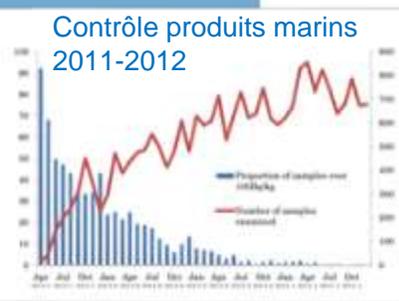
Restauration de la confiance des consommateurs



Vente de pêches de Fukushima

# Gestion du milieu aquatique : la pêche en mer

- ▶ Arrêt de la pêche dès le 15 mars 2011 (sur décision de la Fédération préfectorale des coopératives de pêche et non des autorités)
- ▶ Interdiction de vente des produits >NMA japonais (500 puis 100 Bq/kg depuis 2012)
- ▶ Mise en place d'un système de pêche expérimentale - zones et temps de pêche très limités
- ▶ Contrôle systématique de la radioactivité par les coopératives de pêche (valeur-guide >50 Bq/kg) afin de lever des restrictions au cas par cas (i.e. espèce par espèce)
- ▶ Zones de pêche progressivement rouvertes (programme de « pêche expérimentale »)
- ▶ Lente reprise des activités de pêche entre 2011 et 2019
- ▶ 25 février 2020 = levée sur le transport et la distribution de toutes les espèces marines pêchées au large de Fukushima
- ▶ Des effets parfois pervers de l'indemnisation
- ▶ Comportement contrastés des grossistes/distributeurs et des consommateurs
- ▶ Forte craintes des pêcheurs vis-à-vis du rejet des eaux tritiées en mer et « négociations difficiles » avec les autorités gouvernementales et TEPCo



- ▶ +de 400 000 maisons, environ 12 000 établissements publics et 18 000 routes décontaminés (2018)
- ▶ Volume de déchets générés considérable
  - ▶ À terme env. 14 millions de m<sup>3</sup> (essentiellement de la terre issue de la décontamination des sols) entreposés sur 1600 hectares de terrains loués aux riverains pour 30 ans (*Interim Storage Facility, ISF*)
  - ▶ À terme +de 600 000 m<sup>3</sup> à la décharge contrôlée de Tomioka
  - ▶ + Déchets incinérés + déchets dirigés vers les décharges conventionnelles en SDA et ICSA (< 8000 Bq/kg) + déchets recyclés + déchets en dehors préfecture de Fukushima (quelques zones ICSA)
- ▶ Deux valeurs-pivots :
  - < 8 000 Bq/kg – décharges conventionnelles ou recyclage conditionnel (le plus souvent si < 3000 Bq/kg)
    - 8000-100000 Bq/kg (décharges contrôlées après réduction des volumes notamment par incinération et compactage/cimentation)
  - > 100 000 Bq/kg (entreposage à l'ISF avant stockage à échéance 2045, après réduction des volumes)



Démolition en SDA



Décontamination



Big-bag



Transport



Décharge contrôlée

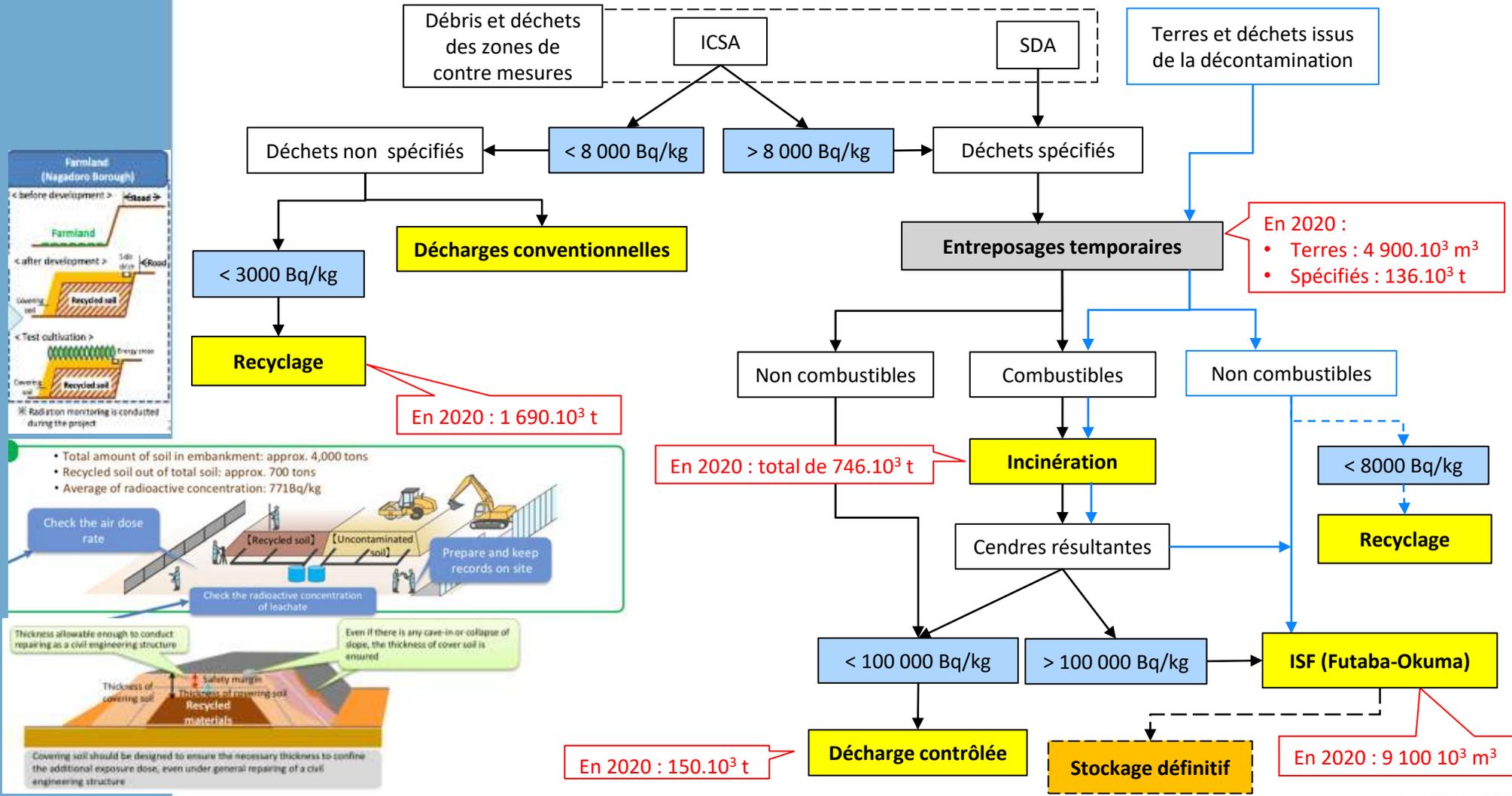


Un entreposage (avant caractérisation/tri)



Le site de l'ISF de Futaba-Okuma

# Filières de gestion des déchets (Préfecture de Fukushima)



Ouvrage	Couche de protection	Activité massique <sup>137</sup> Cs (Bq/kg)			Épaisseur de protection (cm)
		6 mois	9 mois	1 an	
Remblais de route : couvertures	Terre ou asphalte	8 000	8 000	6 000	≥ 50
	Béton	8 000	8 000	6 000	≥ 50
	Terreau	8 000	7 000	5 000	≥ 100
Décharge	Revêtement intermédiaire	8 000	8 000	8 000	≥ 10
	Couche supérieure	8 000	7 000	5 000	≥ 30
	Remblais	8 000	8 000	8 000	≥ 30
Remplissage	Terreau	7 000	6 000	4 000	≥ 40 (herbes) ≥ 100 (bois)
Horticulture et cultures de ressources	Remblayage	8 000	6 000	5 000	≥ 50
	Élévation	6 000	6 000	5 000	≥ 50

# Réorientation économique des territoires affectés

- ▶ Gestion très *top-down* au Japon : *Fukushima Innovation Coastal Framework*



- ▶ Coût énorme de la « reconstruction » (estimé >250 milliards d'euros en 2025) mais comparable à celui de la décontamination (> 500 milliards d'euros sur 200 ans ?)
- ▶ Transformation et (re)conversion de l'économie régionale (côte Pacifique du Tōhoku)
  - Photovoltaïque et énergies renouvelables, agriculture biologique, nouvelles industries
  - Création de nouveaux pôles de recherche : démantèlement, robotique, drones, énergie, agro-technologie, sylviculture, pêche, etc.
  - Création de clusters résidentiels technologiques pour « valoriser les ressources humaines », augmenter le nombre de « visiteurs » et attirer de nouveaux résidents (*smart cities*)
- ▶ Efforts de restauration de l'image, de la réputation et de l'attractivité du territoire (médias, écoles d'excellence, musées)

## ▶ Evacuation et conditions du retour des populations évacuées

- Préparation transdisciplinaire à la gestion de l'urgence (mise à l'abri, évacuation, suivi sanitaire incluant la santé mentale)
- Prédéfiniion des critères de levée des ordres d'évacuation et autres restrictions mises en place
- La première condition du retour est la restauration de la confiance par l'engagement des résidents avec le soutien des autorités et institutions dans la réhabilitation de conditions de vie dignes

## ▶ Gestion des denrées alimentaires

- Une gestion gouvernée par l'établissement et le contrôle de normes quantitatives ne suffit pas
- Amélioration de la sécurité alimentaire + Qualité des produits + Implication des acteurs de la chaîne de production (producteurs-éleveurs, coopératives, grossistes, distributeurs, associations de consommateurs) = Restauration de la confiance du consommateur / Prix (!) = Ventes
- Evaluation « à froid » de l'efficacité des contremesures agricoles possibles et des possibilités (?) de reconversion/transformation de l'agriculture locale (capacité de résilience et vulnérabilités territoriales)
- Anticipation de la question de la compensation financière (notamment des producteurs et éleveurs)

## ▶ Surveillance sanitaire

- Des conséquences radio-induites immédiates et futures assez limitées (surestimées par les modèles)
- Des bouleversements sociaux et économiques des conditions de vie profonds qui affectent durablement la santé des populations (effets délétères)
- Surveillance sanitaire, soutien médical et suivi épidémiologique à adapter en conséquence
- Radioprotection et suivi médical de nombreux (nouveaux) intervenants exposés : travaux de décontamination-assainissement, traitement et transport des déchets, démantèlement...

### ▶ Gestion des déchets

- Définitions de stratégies tenant compte des volumes qu'elle peuvent générer
- Besoin de mise en place de filières TFA-FA spécifiques (traitement, stockage, recyclage) pour des volumes importants de déchets générés sur des temps courts
- Difficultés dans l'acceptabilité des solutions de gestion sans implication des parties prenantes locales
- Nombreuses questions encore non résolues (acceptation de la gestion des effluents liquides par TEPCo, stockage final des terres contaminées, réduction des volumes de déchet et recyclage des TTFA)

### ▶ Caractérisation radiologique et surveillance environnementale

- Suivi renforcé de tous les milieux (sols, air, eaux, espèces vivantes, lieux de vie) sur le temps long
- Importance de la mesure citoyenne (associative et individuelle) dans la restauration de la confiance (en précisant le rôle des experts dans l'interprétation des mesures)
- Efforts et coûts importants et durables à consacrer à la métrologie (même lorsque la situation est quasiment revenue à son état *ante*!)
- Surveillance autour des nouvelles installations (entreposages, incinérateurs, stockages)
- Besoin de mise en réseau de tous les acteurs de la mesure

### ▶ Revitalisation économique des territoires

- Un nouveau contexte économique et social (on ne revient pas à la situation *ante*)
- Redémarrage des activités / Reconversions industrielles et agricoles
- Soutien à des projets locaux portés par les résidents et les communautés locales
- Radioprotection dans un cadre de coexpertise (éducation, mémoire, culture) et de vigilance collective