

REX DE FUKUSHIMA – GESTION DES TERRES

66^{ème} réunion plénière du HCTISN – 12/10/2023

Éléments de contexte – GT « Déchets » du CODIRPA

Comité directeur pour la gestion de la phase post-accidentelle (CODIRPA) → GT « Stratégie de réduction de la contamination et de gestion des déchets »

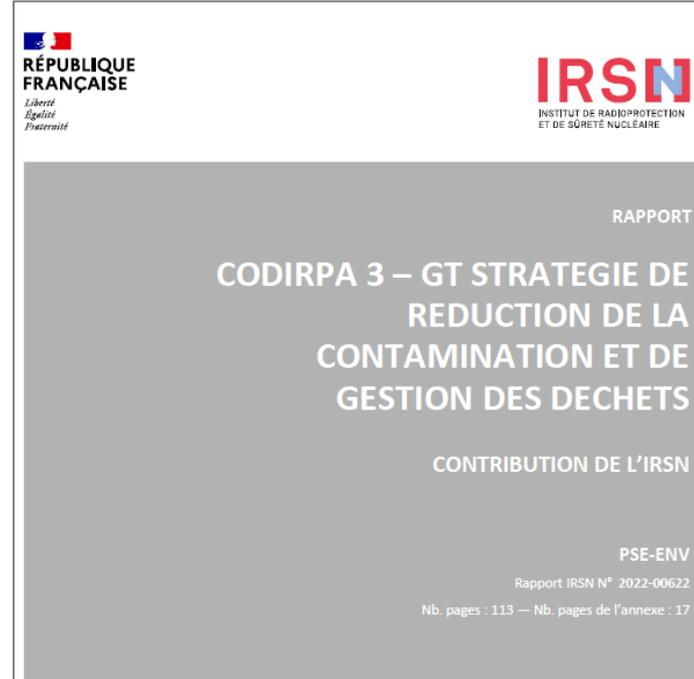


Travaux de l'IRSN : fournir au GT des évaluations techniques des conséquences de l'application de différentes stratégies de réduction de la contamination sur un scénario d'accident contaminant durablement le territoire

Capitalisation d'éléments de bibliographie et de retour d'expérience (typologie des milieux, réduction de la contamination, gestion des déchets, etc.)

Etude de cas

- Simulation de dépôts et mise en œuvre de stratégies de réduction de la contamination
- Estimation des volumes de déchets générés



[Rapport disponible sur le site de l'IRSN](#)

Gestion des déchets en contexte post-accidentel

- Mise en œuvre d'actions de réduction de la contamination à grande échelle → gestion d'un volume important de déchets, plus hétérogène que dans les conditions habituelles



Dépassement rapide des capacités existantes des organisations qui gèrent habituellement les déchets radioactifs, ce qui requiert une gestion à l'échelle nationale [AIEA, 2017]

1. *Quels sont les déchets générés par les actions de réduction de la contamination suite à l'accident de Fukushima ?*
2. *Quelles sont les options de gestion des terres contaminées mises en œuvre ?*

- Éléments de réponse sur la base d'une étude bibliographique

Les déchets générés par les actions de réduction de la contamination autour de Fukushima

■ Déchets générés hors du site de l'installation accidentée → **très faible à faible activité**

■ **Volume important** de déchets (~17 millions de m³)

■ **Hétérogénéité** des déchets générés

- Terres
- Végétation (feuilles, herbes, ...)
- Revêtements (asphalte, béton, ...)
- Eaux et boues
- Déchets induits (équipements, tenues de protection, ...)



[JAEA, 2015]

■ **Influence forte du choix des stratégies** de réduction de la contamination sur la nature et le volume de déchets générés

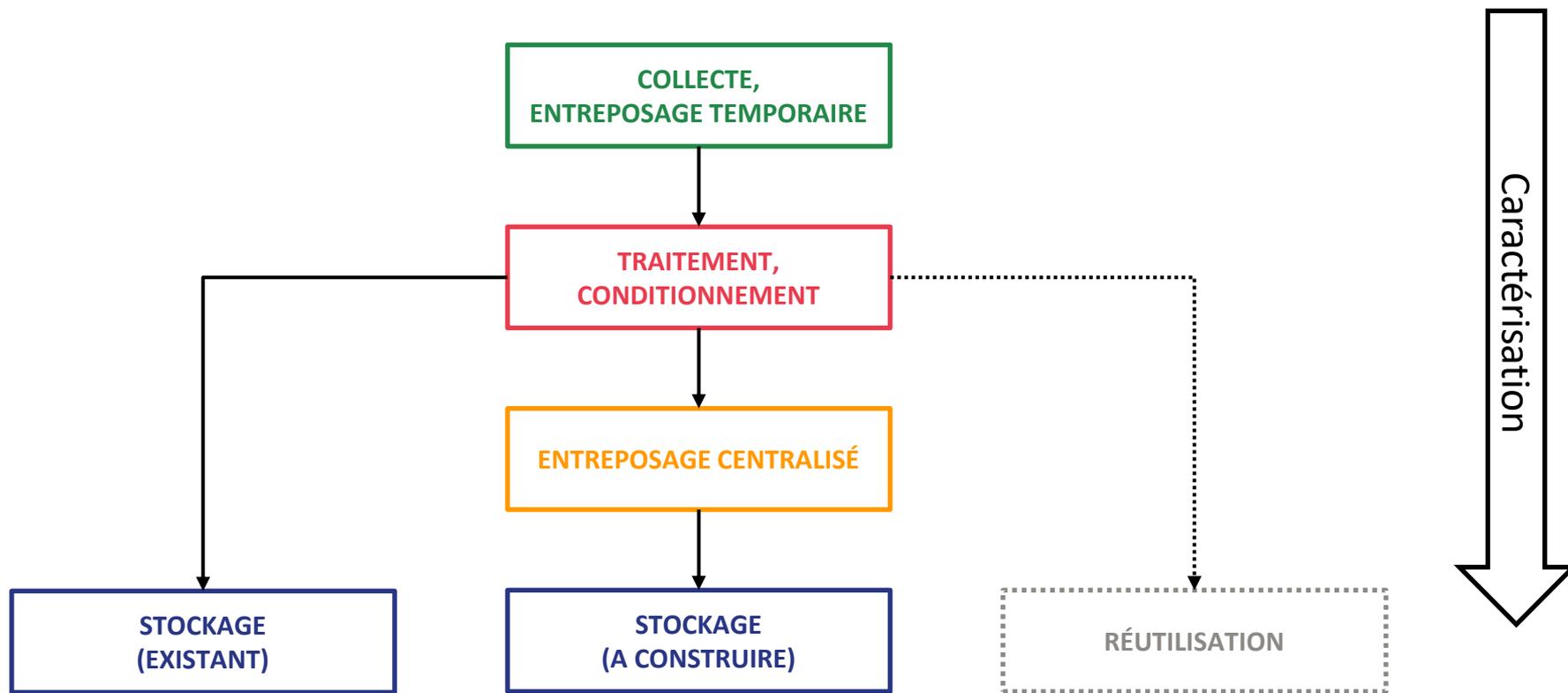
Origine des terres contaminées

- Options de réduction de la contamination en milieu agricole
 - Labour, inversion de sol, etc. → enfouissement de la contamination, pas de déchets générés
 - Décapage d'une couche de sol → retrait de la contamination, génération de terres contaminées
- Décapage de la couche superficielle de sol (~5cm) mis en œuvre à grande échelle dans les territoires agricoles autour de la centrale de Fukushima

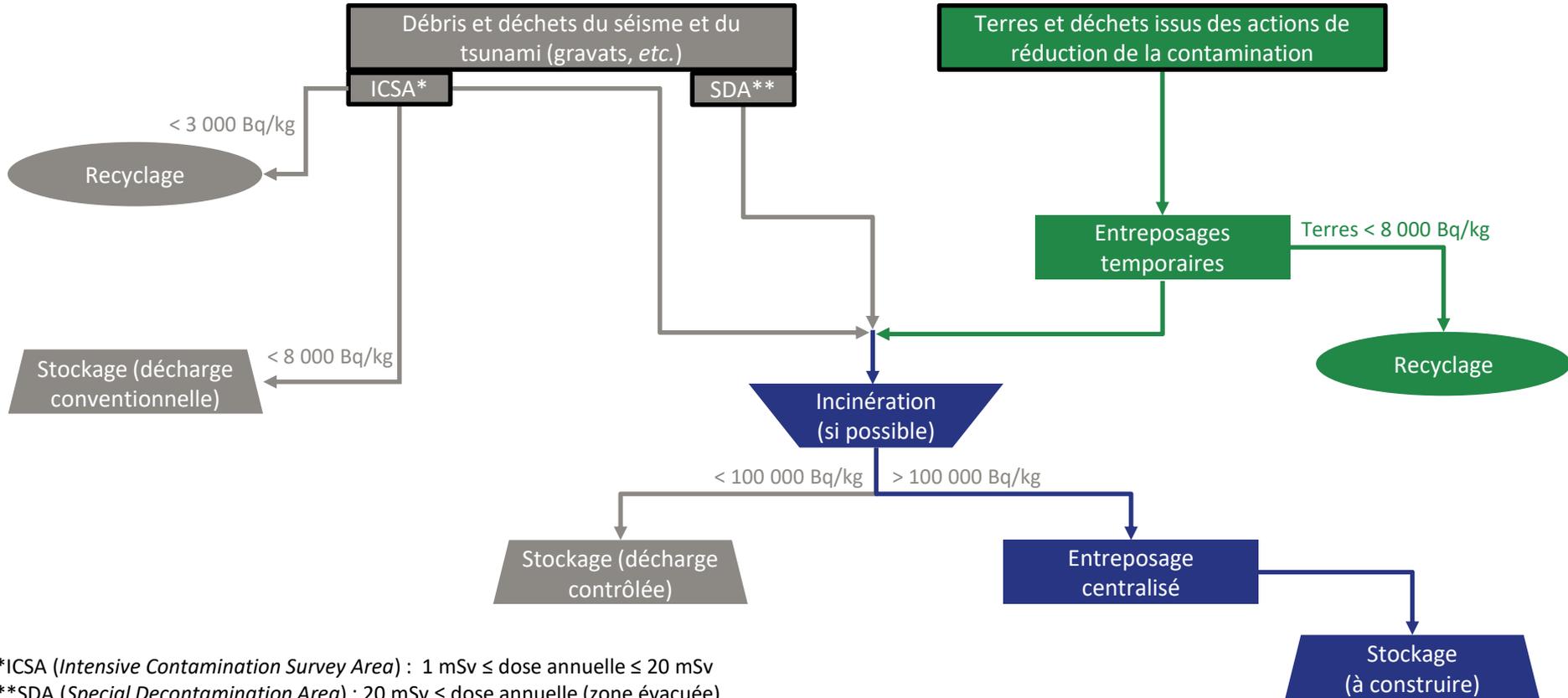


[Feng et al., 2022]

Les étapes de gestion des déchets en contexte post-accidentel [AIEA, 2017]



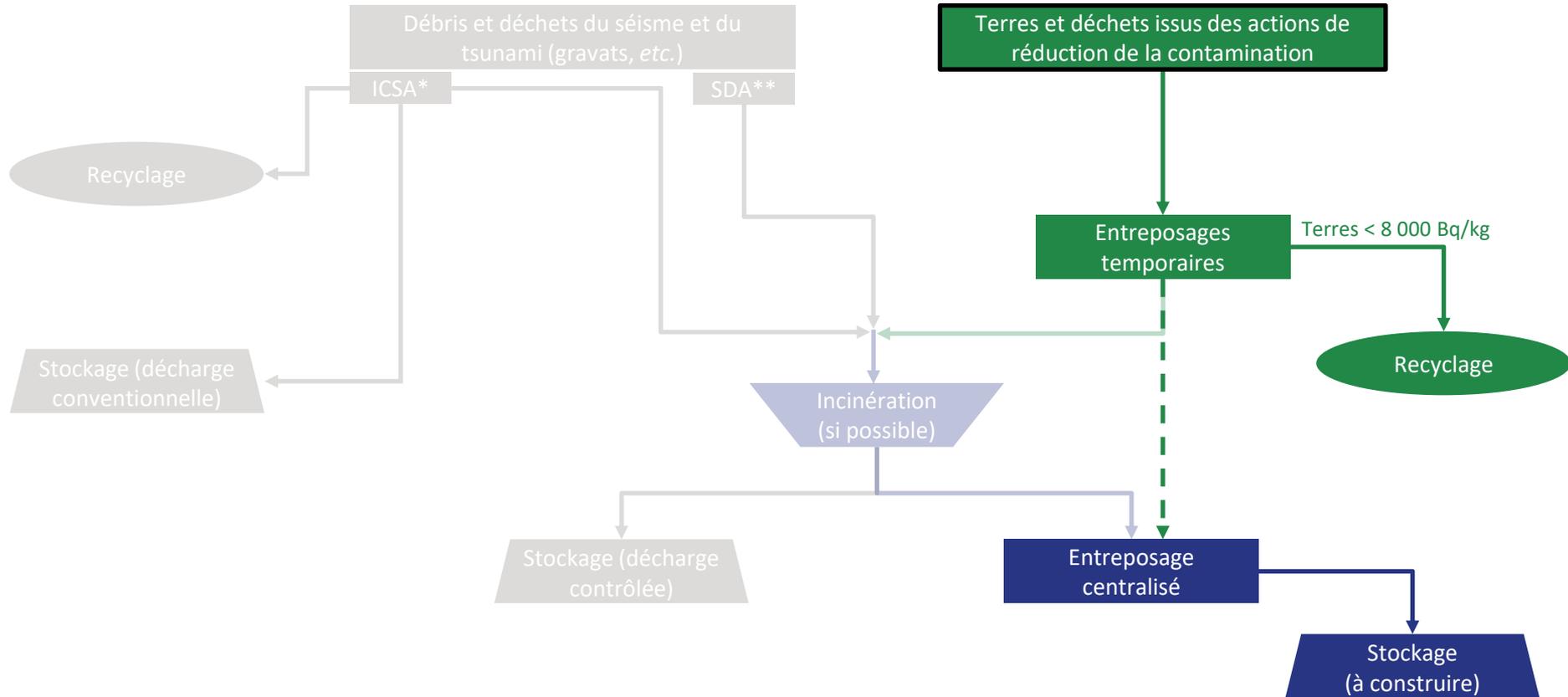
La classification des déchets à Fukushima (loi *Special Measures*)

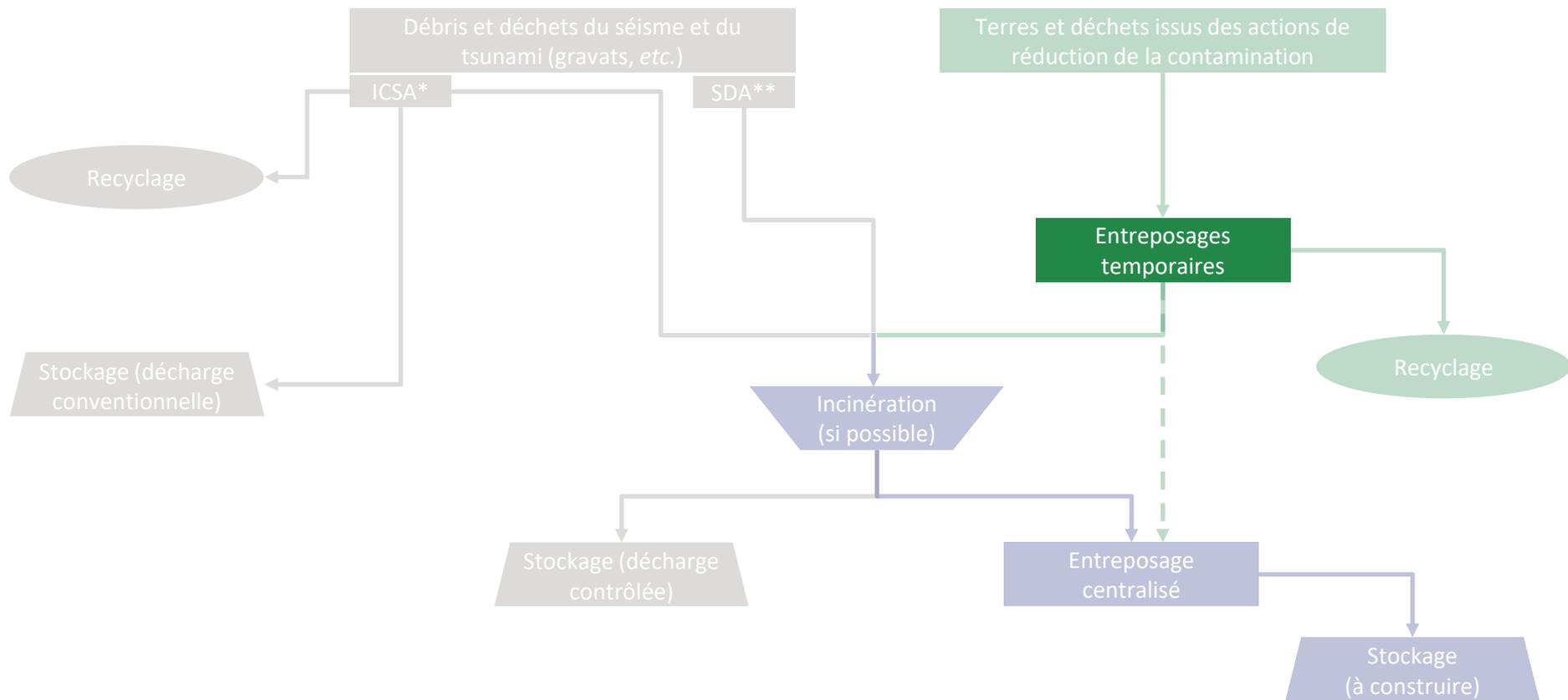


*ICSA (*Intensive Contamination Survey Area*) : $1 \text{ mSv} \leq \text{dose annuelle} \leq 20 \text{ mSv}$

**SDA (*Special Decontamination Area*) : $20 \text{ mSv} \leq \text{dose annuelle}$ (zone évacuée)

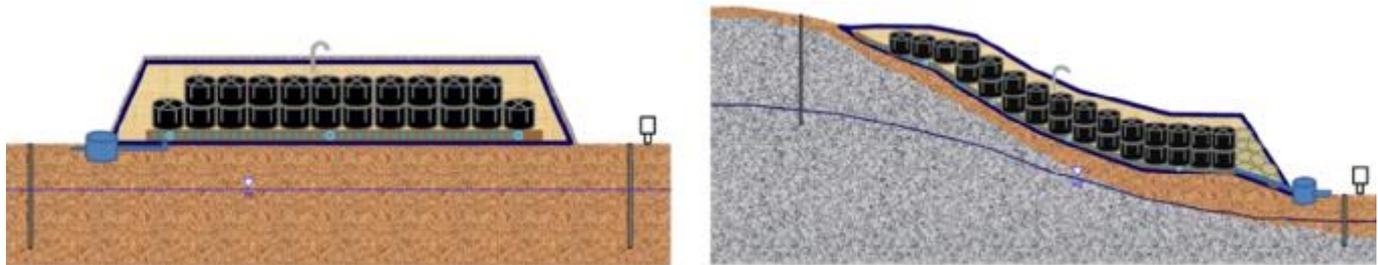
Les étapes de gestion des terres





Les entreposages temporaires

- Construits à proximité des lieux de génération des déchets (dont terres contaminées)
- Gestion des déchets immédiatement après leur génération, le temps de les orienter vers d'autres filières
 - ↪ Dégager rapidement des espaces adaptés aux volumes et à la diversité des déchets à gérer, à des endroits qui ne gênent pas les autres actions, et pour des durées variables [AIEA, 2017]
- Exigences de conception pour protéger les déchets jusqu'à leur transfert
 - Couverture imperméable sous et sur l'empilement
 - Système de drainage et collecte des eaux
 - Aération pour empêcher l'accumulation de gaz
 - Interdiction de l'accès au site



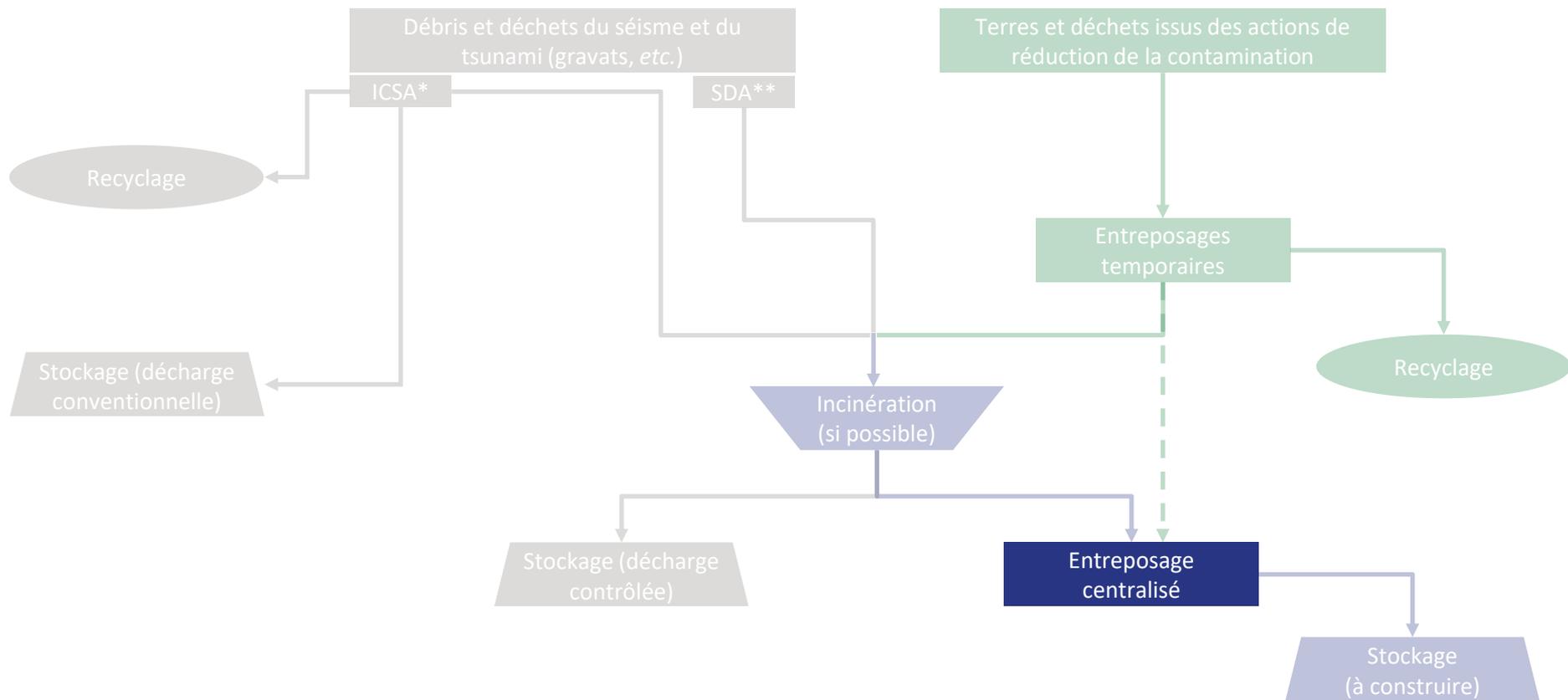
[IAEA, 2015]

Les entreposages temporaires à Fukushima

- ~ 1400 sites d'entreposage temporaire créés à partir de 2011 (après regroupement à l'échelle des municipalités), en cours de réhabilitation
 - Réhabilitation significative à partir de 2016
 - Transfert des déchets vers des installations d'incinération ou un entreposage centralisé
 - 200 sites restants fin 2022



[MOE, 2020]



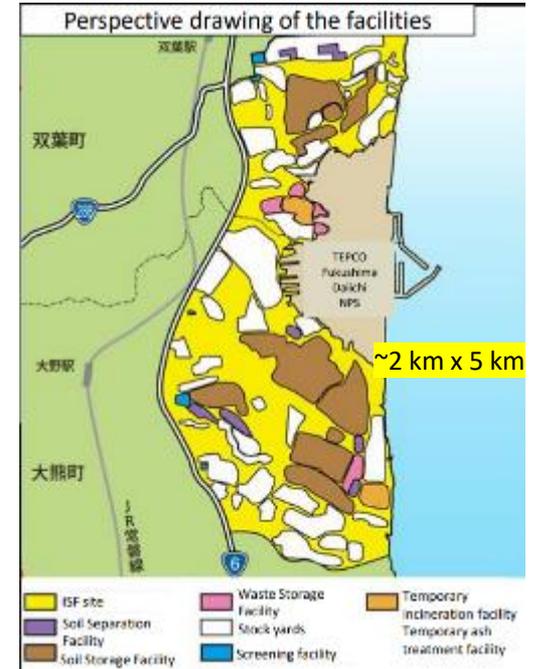
L'entreposage centralisé

- Entreposage de déchets pendant la construction d'une installation de stockage dédiée
- Sur les communes d'Okuma et Futaba : entreposage pour **30 ans** de **14 millions de m³** de déchets et terres, avant stockage hors de la préfecture de Fukushima

ISF (*interim storage facility*)



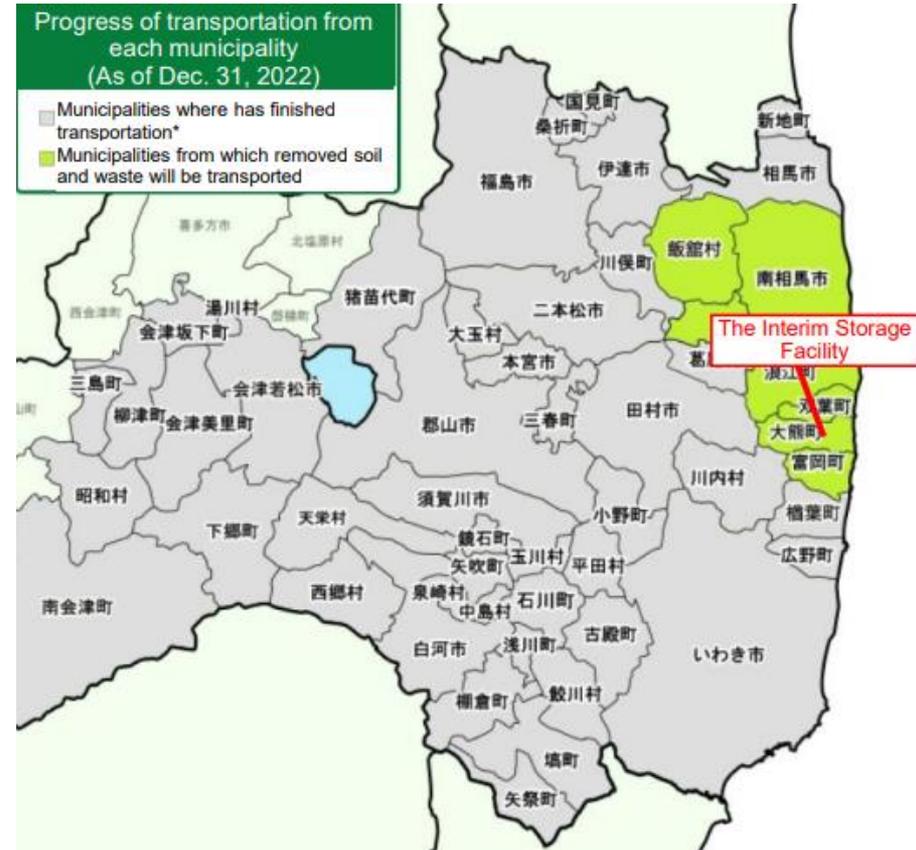
[MOE, 2020]



[MOE, 2020]

Mise en place de l'ISF

- Difficultés dans l'acquisition des terrains (2360 propriétaires)
 - En mars 2022 : 80 % des terrains acquis
- Transport des terres contaminées vers l'ISF par camions de 10 t
 - Fin 2016 : début de la construction de l'unité de réception et tri des terres
 - Mi 2017 : début du tri et traitement des terres
 - En mars 2022 : 12,9 millions de m³ de terres et déchets transportés à l'ISF



[MOE, 2023]

Principes de réception, de tri et d'entreposage des terres contaminées



[MOE, 2020]

Installations d'Okuma et Futaba



Installation de tri (Futaba)



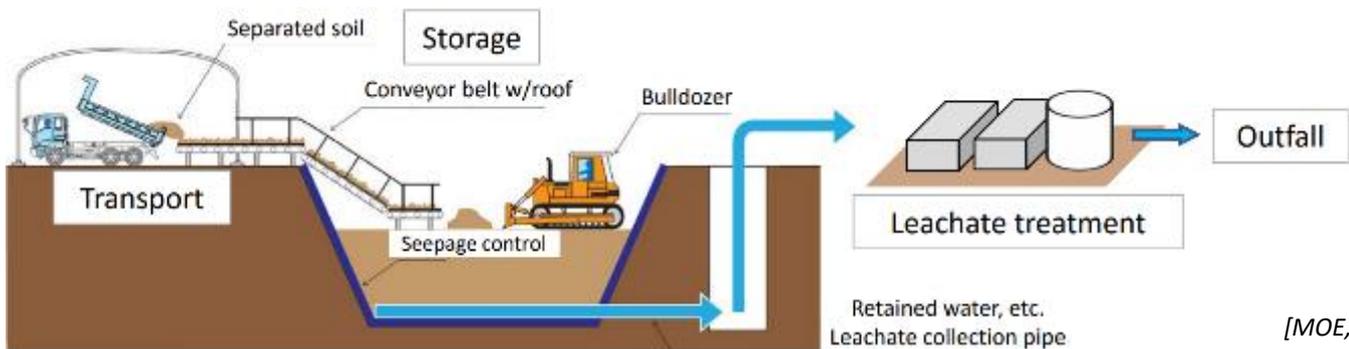
Installation de tri (Okuma)



Installation d'entreposage(Okuma)

[MOE, 2022] [MOE, 2023]

Installations d'entreposage des terres



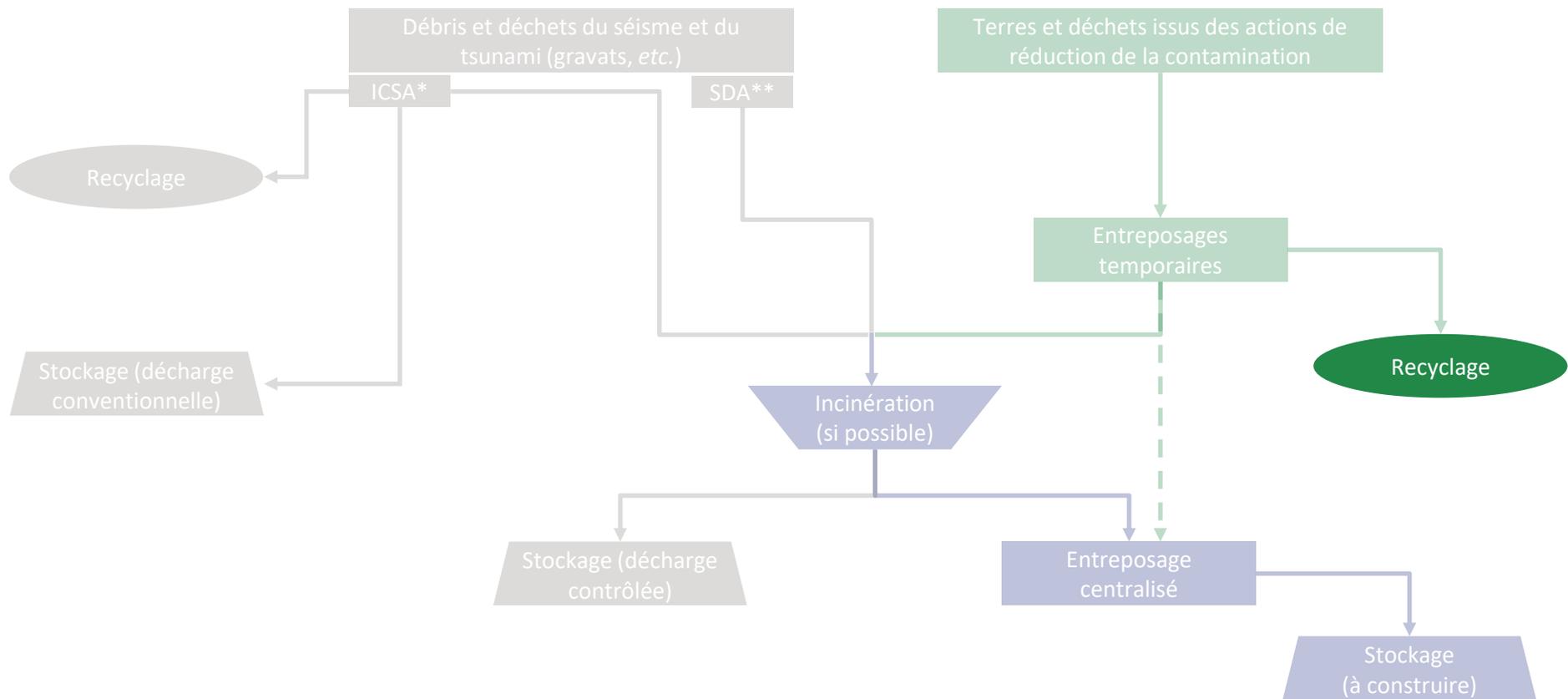
En cours de remplissage



Après remplissage



[MOE, 2020]



Le recyclage

Volume important de déchets de très faible activité



Le recyclage, parfois en vigueur en situation habituelle, est une option de réduction des volumes de certains types de déchets, sous réserve de l'acceptation de cette solution [AIEA, 2017]

Seuils de libération

- France : non appliqués
- Japon (avant Fukushima) : 100 Bq/kg pour le césium 137 (recommandation AIEA)
- Japon (après Fukushima) :
 - Terres < 8 000 Bq/kg → recyclage (plusieurs projets, mais pas de recyclage à grande échelle)

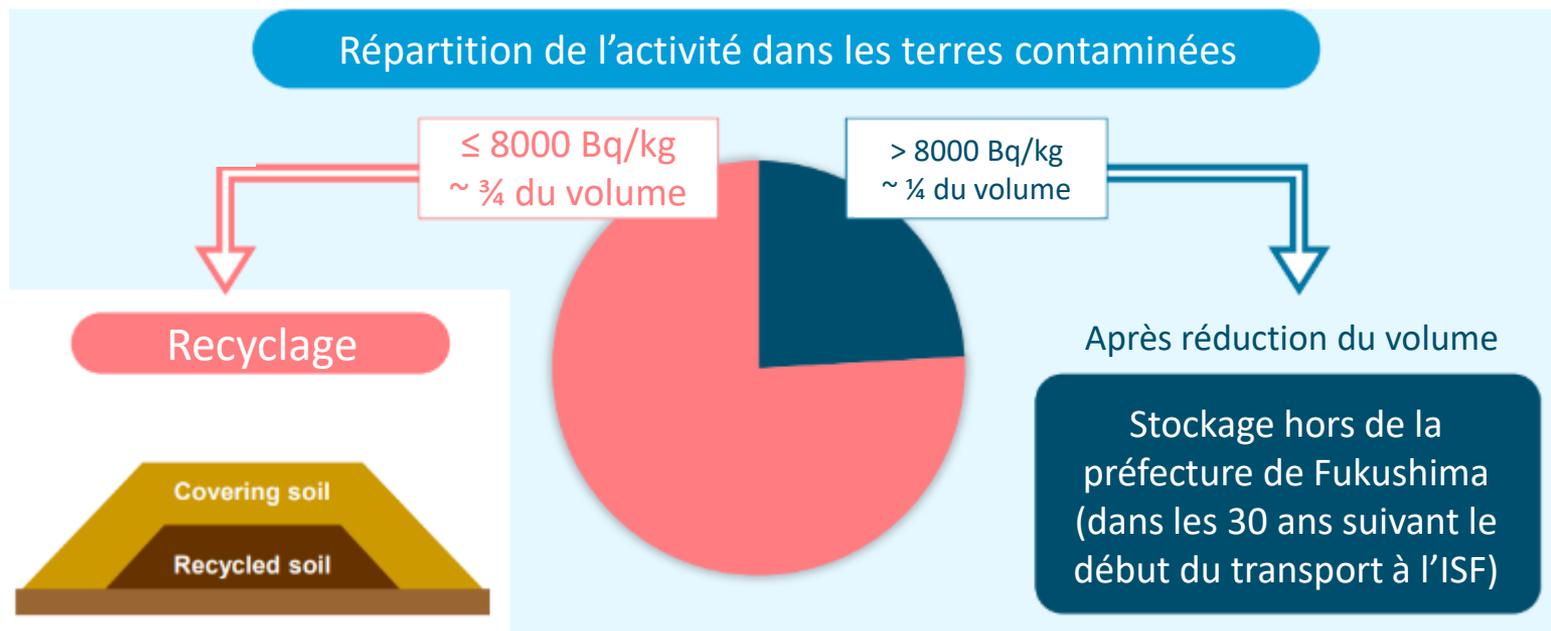


Principe des ouvrages dans lesquels les terres peuvent être réutilisées :

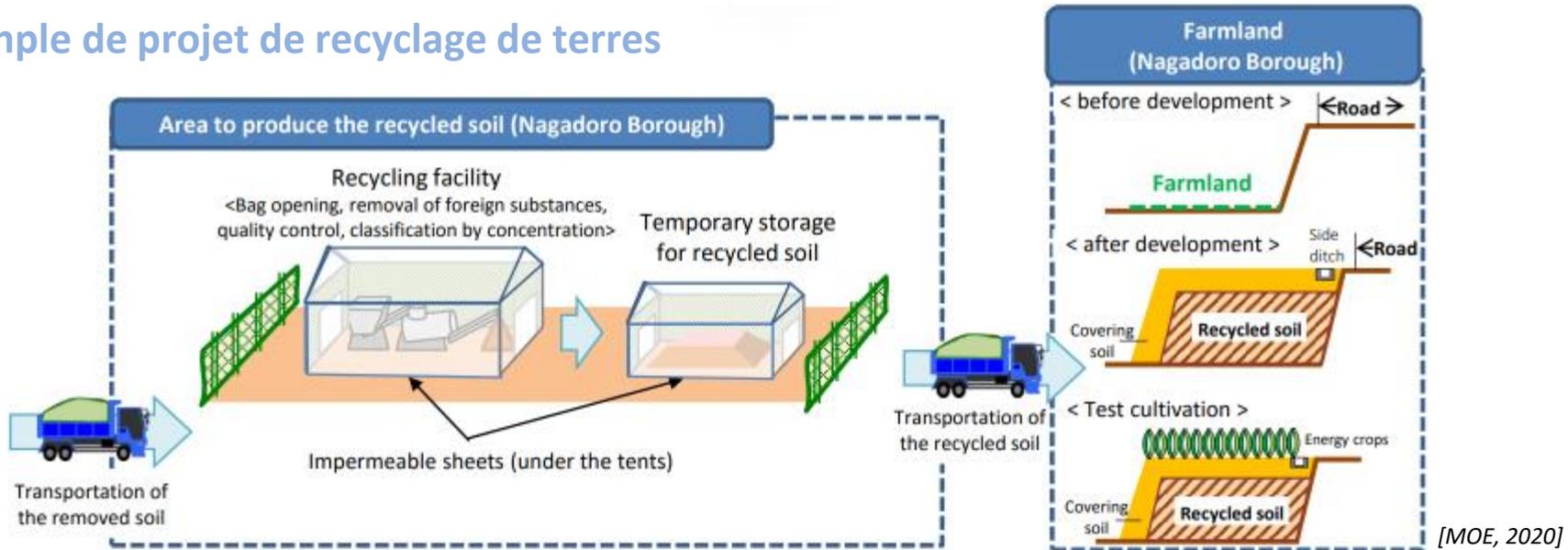
- structure simple
- ouvrages peu soumis à des modifications
- avec couverture de matériaux non contaminés

Volume et activité des terres contaminées à Fukushima

- Volume de terres contaminées communiqué par le Ministère de l'Environnement : « 11 fois le dôme de Tokyo » (~14 millions de m³)



Exemple de projet de recyclage de terres



- Projet débuté en 2018 – mise en culture en 2019 (tomates cerises, concombres, maïs, épinards, navets)
 - Activités mesurées dans les légumes produits en 2021 : de 0,1 Bq/kg à 2,5 Bq/kg
- Niveaux maximums admissibles (règlement EURATOM 2016/52)
 - 1250 Bq/kg (hors produits laitiers et aliments pour nourrissons) pour tous les radionucléides de période supérieure à 10 jours (notamment Cs-134 et Cs-137)

Problématique de l'acceptabilité du recyclage des terres contaminées

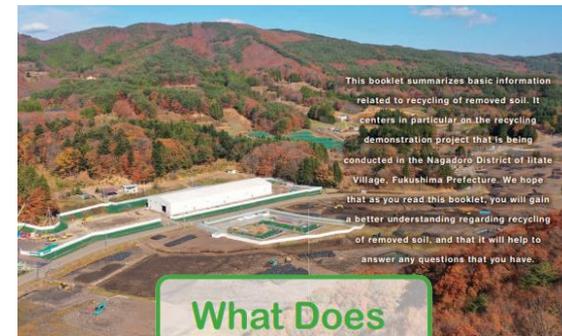
- Incohérence dans les seuils de gestion (100 Bq/kg – 8 000 Bq/kg)
- Coûts élevés des projets utilisant des terres recyclées, par rapport à l'utilisation de matériaux conventionnels
- Questionnements sur la réutilisation de terres provenant de la décontamination de zones agricoles pour remblayer des parcelles agricoles ou des routes dans ces zones
- Risque de dégradation des ouvrages à cause de catastrophes naturelles

Travaux menés par le gouvernement japonais pour favoriser la compréhension du recyclage des terres



[MOE, 2022]

- Plantes en pot avec de la terre retirée à Fukushima dans diverses institutions (bureau du Premier Ministre, Ministère de l'Environnement, etc.)
- Organisation de visites « grand public » de sites pilotes pour le recyclage des terres contaminées (Nagadoro)
- Tenue régulière de réunions de dialogue (8 réunions tenues entre mai 2021 et mai 2023, pas uniquement dans la région de Fukushima)
- Publication de livret d'information pour le grand public, présentant des éléments généraux sur la radioactivité (ordre de grandeur d'exposition, etc.), les mesures prises pour la gestion des terres contaminées, des exemples de projets de recyclage, les actions restant à mener, etc.



“Recycling of Removed Soil”
Mean?



環境省
Ministry of the Environment

[MOE, 2022]

Éléments de conclusion

- Contexte post-accidentel → **volume important de déchets hétérogènes, généré rapidement** par la mise en œuvre de stratégies de réduction de la contamination
 -  Influence du choix des stratégies sur la nature et le volume de déchets générés
 - Importance de la gestion de ces déchets pour la remédiation des territoires
- Gestion des terres contaminées
 - Durée pour le passage des entreposages temporaires à un entreposage centralisé, puis à un stockage
 - Importance de considérer les volumes de terres contaminées, mais également leur activité
 - Problématiques liées à l'acceptabilité du recyclage des terres contaminées
 -  Malgré la réglementation permettant le recyclage des terres, difficultés rencontrées dans la mise en œuvre du recyclage à grande échelle → nécessité de pouvoir entreposer puis stocker les terres
- Travaux récents de l'AIEA
 - Mai 2023 : visite d'une délégation de l'AIEA au Japon (« 1^{ère} réunion d'experts sur la réduction de volume et le recyclage des terres provenant des activités de réduction de la contamination ») → Rapport prévu après la 3^{ème} réunion
 - Publication en 2023 du TECDOC « Ten Years of Remediation Efforts in Japan »

Merci pour votre attention

Références (1/2)

- CEPN, 2021. Identification des filières de gestion des déchets issus de la décontamination et la disponibilité des exutoires. Volet 2 – Livrable 2 : informations concernant les filières générales de gestion de déchets (nucléaires et conventionnelles) : disponibilité des exutoires, réduction des volumes de déchets.
- Evrard, O., Patrick Laceby, J. & Nakao, A. Effectiveness of landscape decontamination following the Fukushima nuclear accident: a review. *Soil* 5, 333–350 (2019)
- Feng, B., Onda, Y., Wakiyama, Y. et al. Persistent impact of Fukushima decontamination on soil erosion and suspended sediment. *Nat Sustain* 5, 879–889 (2022)
- IAEA, 2017. Management of large volumes of waste arising in a nuclear or radiological emergency.
- IAEA, 2023. Ten Years of Remediation Efforts in Japan. Outcomes of the four IAEA-MOE expert meetings on environmental recovery of off-site areas affected by the Fukushima Daiichi accident.
- JAEA, 2015. Remediation of Contaminated Areas in the Aftermath of the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station: Overview, Analysis and Lessons Learned. Part 1: A Report on the “Decontamination Pilot Project”.
- MoE, Japan, 2017. Progress of Disposal of Disaster Waste.
<https://www.env.go.jp/en/chemi/rhm/basic-info/1st/pdf/basic-1st-09-03-slides.pdf>

Références (2/2)

- MoE, Japan, 2020. Off-Site Environmental Remediation in Affected Areas in Japan, August 2020. http://josen.env.go.jp/en/pdf/environmental_remediation_2008.pdf
- MoE, Japan, 2020. Environmental Remediation in Off-site of Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Station. https://www.meti.go.jp/english/earthquake/nuclear/decommissioning/pdf/moe_side_event.pdf
- MoE, Japan, 2022. Initiatives of Ministry of the Environment for Reconstruction and Revitalization from the Great East Japan Earthquake. http://josen.env.go.jp/en/pdf/initiatives_2203.pdf
- MoE, Japan, 2022. What Does “Recycling of Removed Soil” Mean? http://josen.env.go.jp/chukanchozou/material/pdf/removed-soil_recycling-en_2205.pdf
- MoE, Japan, 2023. Initiatives of Ministry of the Environment for Reconstruction and Revitalization from the Great East Japan Earthquake. http://josen.env.go.jp/en/pdf/initiatives_2304.pdf