



## Les perspectives de décontamination des territoires

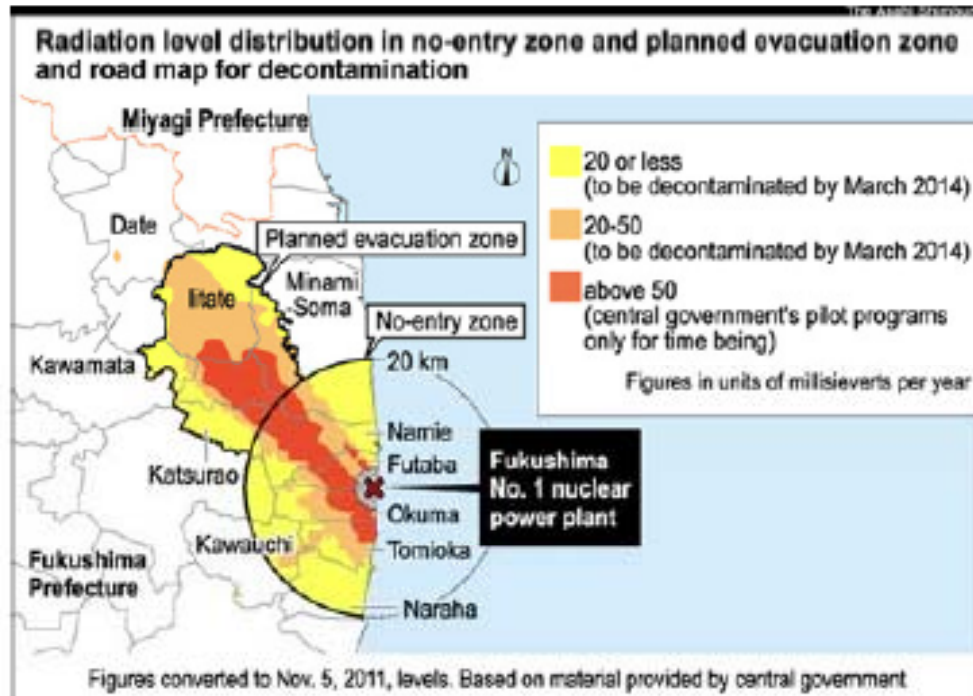
Pierre Chagvardieff, Eric Quéméneur  
*CEA, Direction des Sciences du Vivant*  
*Fontenay-aux-Roses*

L'accident de Fukushima: conséquences radiologiques et premiers enseignements

# Etat des lieux et objectifs:



energie atomique • energies alternatives



Zone 20 km : 27 000 hectares  
> 50 mSv/an 9200 hectares

Feuille de route du Min. Env. japonais (26 janv. 2012)  
Zones < 50 mSv/an : objectif  $\leq$  20 mSv/an d'ici mars 2014

Zone 10-20 mSv/an : objectif  $\leq$  10 mSv/an (< 5 mSv/an pour écoles) entre juillet et décembre 2012  
Zone 5- 10 mSv/an : juin 2012 – mars 2013  
Zone 1-5 mSv/an : juin 2012 – mars 2014



# La méthodologie

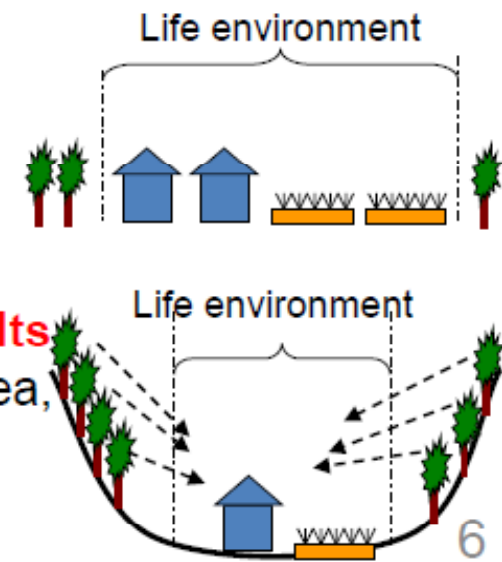


energie atomique • energies alternatives

## Model decontamination program

- ① Initiate a model program at every municipality\* in restricted area,
- ② Reduce ambient dose rate **by large scale area decontamination,**
- ③ **Verify effectiveness of decontamination and its results** appropriate for land utilization types (settlement, urban area, etc.) and topographic features (plane, valley, hill, etc.)

\*Tamura, Minamisoma, Futaba, Okuma, Tomioka, Naraha, Namie, Hirono, Kawamata, Katsurao, Kawauchi, Iitate



# Overview of the Decontamination Demonstration Test

## 1. Description

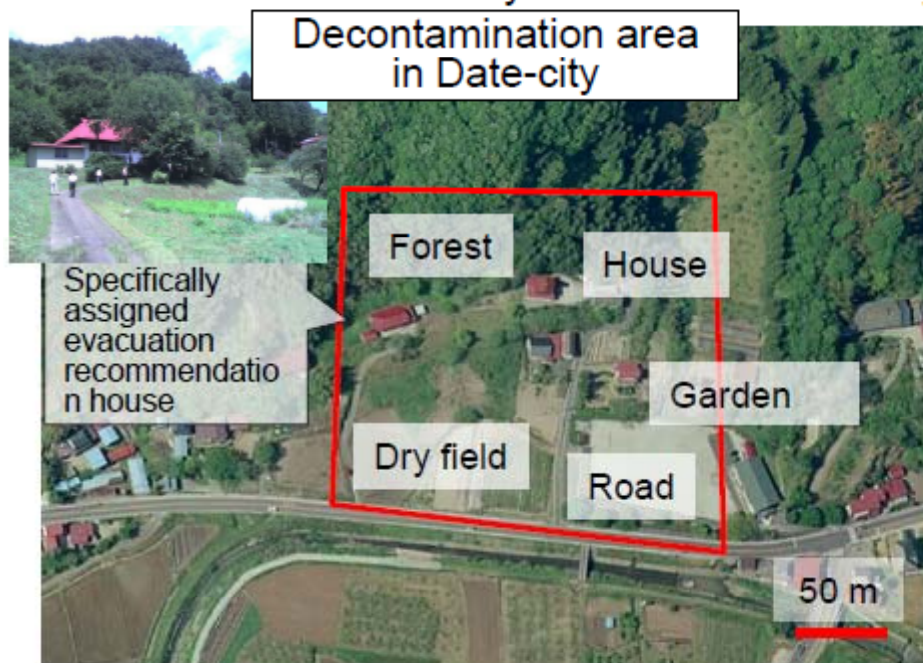
Decontamination of rather wide area including lands with different utilization forms such as residence, road, and farming.

## 2. Decontamination technologies for each object

- ① Houses (Roof, wall, rainwater gutter,): High pressure spray, brushing, etc.
- ② Gardens (concrete, plant, soil): High pressure spray, mowing, removal of surface soil, etc.
- ③ Rice fields, dry fields: Removal of surface soil, absorption on poly-ion, use of heavy equipment, etc.
- ④ Forest: Collection of fallen leaves and leaf mold, planning, removal of surface soil, etc.
- ⑤ Gutter: Brushing, grinding, etc.

## 3. Locations

Select sites in Date-city and Minami-soma city.



# The Image of Remediation Activities

Schoolyard



Rain water gutter (before)



Wash wall with high-pressure water



Side ditch



Pare off surface soil of farmland



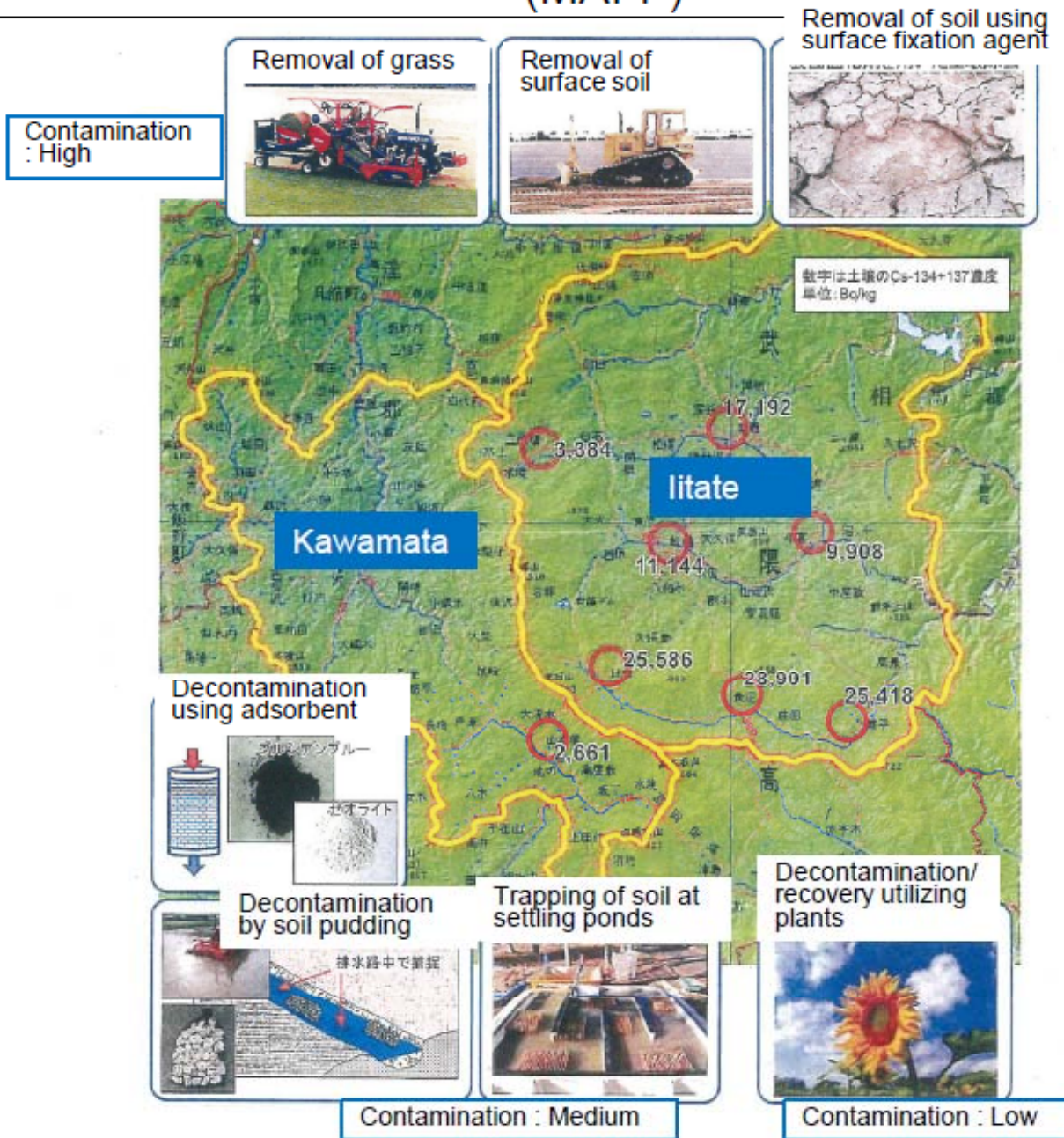
Temporary storage of removed soil



Side of the road



# Actions Aiming at Returning Residents to their Home Land (MAFF)



# Results of decontamination demonstration test in living area (June 30, July 1, 2011)

## Farmer in Nihonmatsu-city

Air dose rate: 0.8  $\mu\text{Sv/h}$ , Work hours: 33 minutes (soil backfilling is not included)

Contamination of worker after the work: No

Radioactivity concentration in air: < Below Detection limit ( $3\text{E}-7 \text{ Bq/cm}^3$  for Cs-137)

### Removal of soil under the eaves

作業中の空間線量率 1.05 $\mu\text{Sv/h}$

作業時間 10分

作業員の外部被ばく線量 0 $\mu\text{Sv}$

作業員の汚染: なし

(手袋 360cpm)

ゴミの量 土3袋

地上から1m	1.05		
地上から1cm	(1) 3.8 (2,150)	(2) 4.5 (2,100)	(3) 3.3 (1,900)

地上から1m	表土の除去 0.80		
地上から1cm	(1) 1.4 (1,000)	(2) 1.17 (610)	(3) 1.0 (450)

地上から1m	埋め戻し 0.83		
地上から1cm	(1) 1.08 (800)	(2) 0.99 (580)	(3) 0.95 (450)

Radioactivity concentration in the soil removed from the place under the eaves  
(Cs-134:14,700Bq/kg, Cs-137:16,200Bq/kg)

### Removal of grasses (Dokudami)

作業中の空間線量率 1.0 $\mu\text{Sv/h}$

作業時間 13分、10分

作業員の外部被ばく線量 0 $\mu\text{Sv}$

作業員の汚染: なし(手袋 500cpm)

ゴミの量 草2袋 土2袋

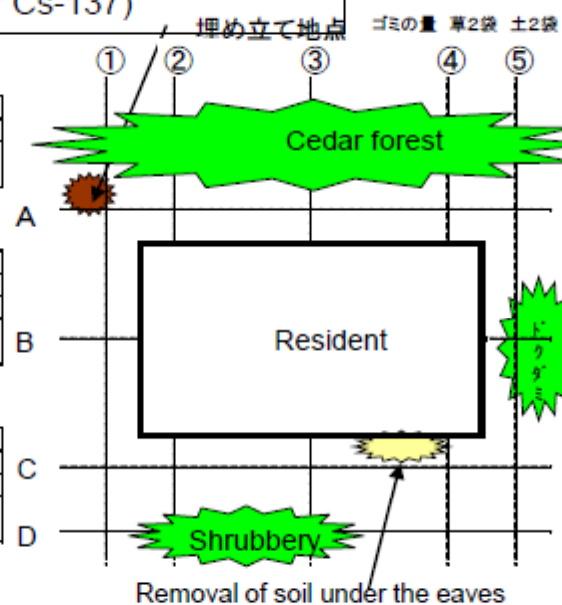
地上から1m	1.08
地上から1cm	1.60 (1,000)

Radioactivity concentration of the removed grass  
(Cs-134:12,000Bq/kg, Cs-137:13,300Bq/kg)

地上から1m	草の除去 1.10
地上から1cm	1.60

Radioactivity concentration of the removed soil  
(Cs-134:16,800Bq/kg, Cs-137:18,300Bq/kg)

地上から1m	表土の除去 1.10
地上から1cm	1.00 (650)



Removal of soil under the eaves

### Backfill of soil

Before excavation  
1m : 1.0 $\mu\text{Sv/h}$

深さ25cm

Removed soil from the place under the eaves  
1cm : 3.3 $\mu\text{Sv/h}$   
GM管 : 210cpm

1m : 1.1 $\mu\text{Sv/h}$   
1cm : 1.0 $\mu\text{Sv/h}$   
GM管 : 530cpm

15

(注)数字は原則 $\mu\text{Sv/h}$ 、( )内の数字はcpm (GM管サーベイメータによる計数率)

---

## Contexte du post-Fukushima

- Terres cultivables précieuses
- Valeur culturelle du paysage
- Devenir des populations évacuées
- Reconquête médiatique des zones peu contaminées
- Reconquête économique de la zone évacuée



## Et en France?



energie atomique • energies alternatives

- ✓ Guide d'aide à la décision pour la gestion du milieu agricole en cas d'accident nucléaire
- ✓ Technologies de réhabilitation des sols:  
Cf technologies clés 2015 du MINEFI: « 35. Technologies pour la dépollution in situ des sols et des sites pollués ».
- ✓ La gestion intégrée des sols, des eaux souterraines et des sédiments pollués  
Cf Feuille de route de l'ADEME

## Mais la validation avec des radionucléides?



### GUIDE D'AIDE A LA DECISION POUR LA GESTION DU MILIEU AGRICOLE EN CAS D'ACCIDENT NUCLEAIRE



avec la collaboration de :

ARVALIS - Institut du végétal

CTIFL – Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes

ENTAV – ITV France - Institut de la Vigne et du Vin

IFIP - Institut du Porc

Institut de l'Élevage

ITAVI - Institut Technique de l'Aviculture

avec le financement de :

la Direction Générale de l'Alimentation (DGAL)

l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN)

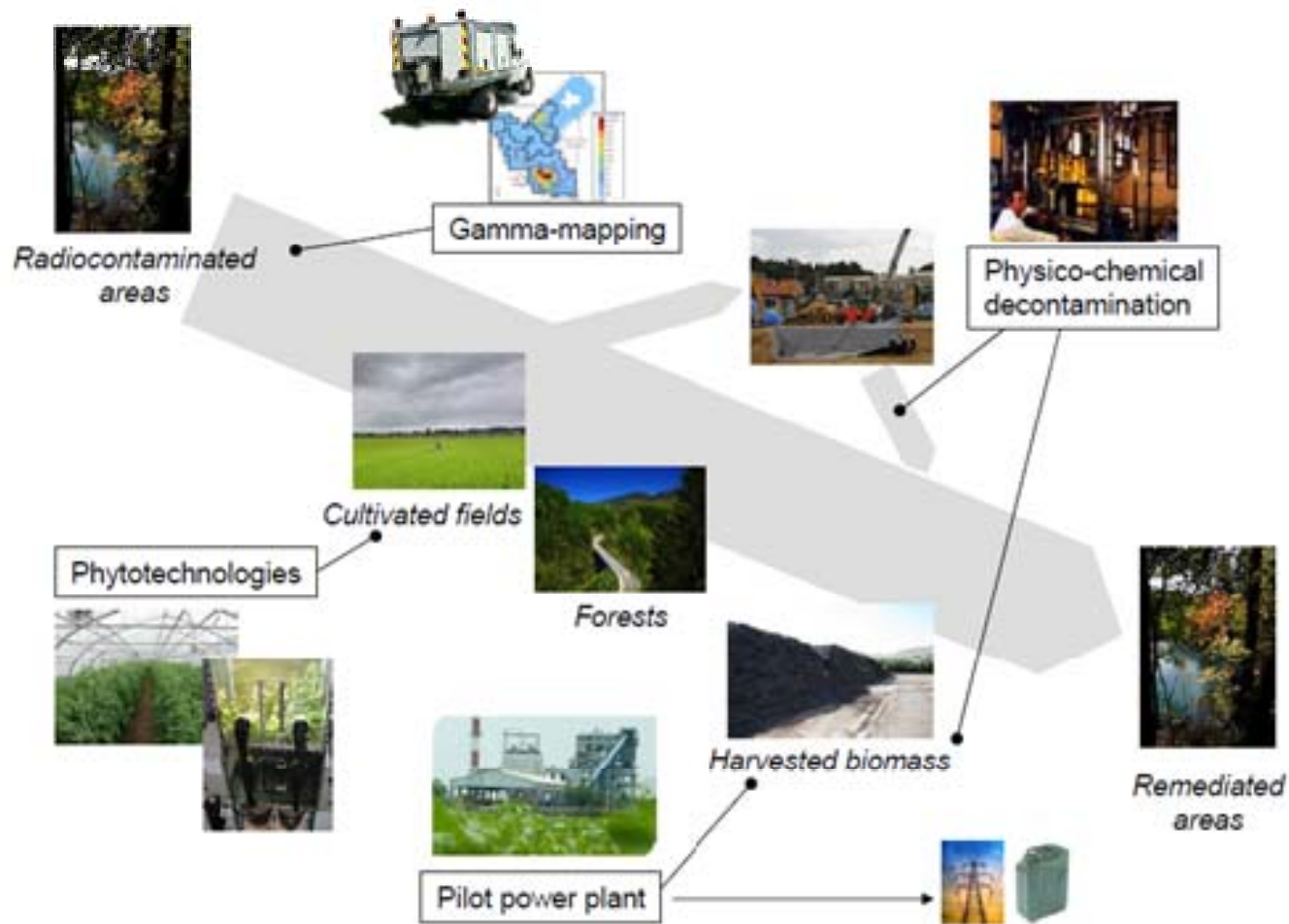


---

## Contexte français

- Terres cultivables précieuses
- Symbolique agricole et environnementale
- Devenir des populations évacuées
- Reconquête médiatique des zones peu contaminées
- Reconquête économique de la zone évacuée

# Restaurer un usage en éliminant la contamination:



## Des outils de mesure adaptés:

---

- Il serait illusoire d'essayer de caractériser de manière exhaustive les terrains contaminés en surface et en profondeur.



energie atomique • energies alternatives



**Figure.** The VEgAS mobile laboratory. It integrates several gamma spectrometers : a NaI spectrometer (crystal volume 2.4 L, efficiency 30%), and two DSP10 ( $^{134-137}\text{Cs}$  detection limits are 70, 100 and 200 Bq mg.kg<sup>-1</sup>,

# Comparison de deux approches pour traiter les sols pollués:



	Physico-chimiques	Biologiques
Surfaces	petites	grandes
Niveau de contamination	fort	modéré
Durée	semaines, mois	années
Coût	élevé	faible *
Impact sur les sols et les paysages	local mais fort (invasif)	négligeable
Acceptabilité sociale	si unique solution	technologie verte

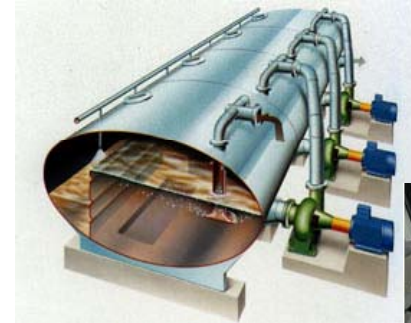


Titre (à modifier dans le document)

# Décontamination des sols par des mousses de flottation:



ECO-TECHNOLOGIE  
INDUSTRIELLE, MATURE

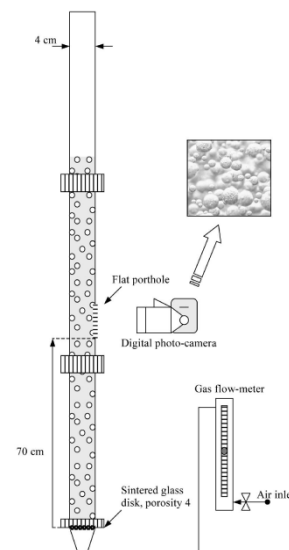


*Désencrage papier (~20 m<sup>3</sup>/min)*

peut être adaptée aux sols contaminés



*Determination de tensioactifs spécifiques complexants et/ou agents moussants*



*Séparation des contaminants sous forme particulaire (oxydes) ou ionique*

# Décontamination des sols par CO2 supercritique:



ECO-TECHNOLOGIE  
INDUSTRIELLE, MATURE



Traitement riz à Taiwan (90 T/d)



peut être adaptée aux sols contaminés

*Solubilité et  
stabilité des  
espèces chimiques*



*Optimisation des  
paramètres opératoires*



*Qualification  
industrielle (T/d)*



# Phytotechnologies (1/2):

---



méta-analyse des TF Cs (Willey NJ,2010, *Radiat Environ Biophys*,49,613-623):

= taxons: monocots 0,035 / dicots 0,085

= superordres:

- Liliacées 0,037
- Rosacées 0,065
- Caryophyllacées 0,125
- Astéracées 0,08

= espèces: *Amaranthus retroflexus* x117 *Allium tuberosum*

= variétés Paddy x100



# Phytotechnologies (2/2):

---

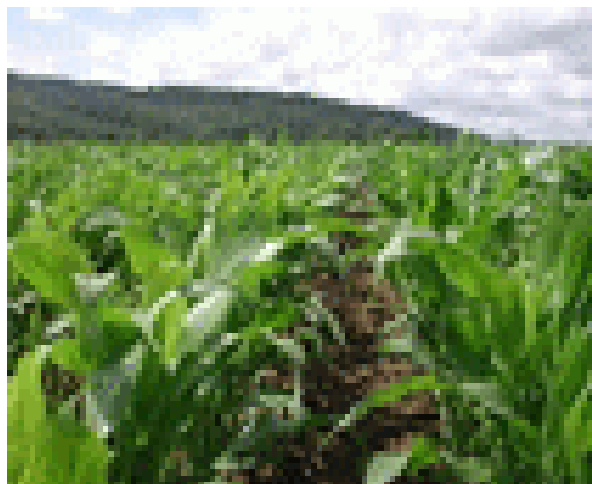


energie atomique • energies alternatives

## REX Tchernobyl

- Agriculture: (700000ha Russie), [Cs] végétaux cultivés
  - MO, fertilisants, amendements: / 2 à 3
  - Travail sol: /1,5
  - Systèmes racinaires pâturages: /3 à 8
  - Végétaux peu accumulateurs: /5 à 10
  - Traitements-process récoltes: /5Bilan:  $t_{1/2}$  décroissance [Cs]= 2 à 6 ans
- Forêts: (10000km<sup>2</sup> Russie 37 kBq/m<sup>2</sup>)
  - Interdictions

## Le devenir des biomasses contaminées:



---

## Des verrous pour une mise en œuvre efficace de la réhabilitation des terrains contaminés:

- ✓ Scientifiques: changement d'échelle (validation laboratoire – bassin versant)
- ✓ Technologiques: « radioagronomie »
  - inventaire des ressources génétiques et gestion des stocks
  - machines mobiles décontamination, robotisation poussée
  - traitement/valorisation des biomasses
- ✓ Organisationnels: cohérence et coordination des opérations
- ✓ Médiatiques