

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

Bilan sanitaire et enseignements de l'accident de Fukushima (Travailleurs)

Alain RANNOU



Systeme de management
de la qualite IRSN certifie

Journee SFRP du 12 mars 2015 « Radioprotection des travailleurs en situation d'urgence radiologique »



Sommaire

- Introduction
- Les conditions d'intervention
- Les données dosimétriques
- Les effets sanitaires
- Le suivi médical
- Conclusion / enseignements

Introduction

■ Sur le site de la centrale de Fukushima Dai-ichi:

- Plus de 40 000 travailleurs impliqués pour les opérations d'urgence (~ 85% d'entre eux employés d'entreprises extérieures à TEPCO)
- Quelques centaines d'autres intervenants : pompiers, policiers, équipes de secours

■ En dehors du site:

- Quelques dizaines de milliers de pompiers, policiers, équipes de secours pour des opérations d'urgence
- ~ 350 employés municipaux de la Préfecture de Fukushima impliqués dans des opérations d'urgence dans la zone d'évacuation des 20 km
- ~ 34 000 employés municipaux dans la zone 20-30 km pour différentes opérations d'urgence
- ~ 24 000 personnels de l'US-DoE (essentiellement pour des opérations humanitaires et de secours dans la zone 20-30 km)

Des conditions d'intervention dans la centrale très difficiles dans les premiers temps

- Perte d'alimentation électrique
- Systèmes de communication interne et externe affectés
- Pratiquement pas d'instrumentation et de systèmes de contrôle
- Insuffisance de moyens de surveillance dosimétrique individuelle
 - Dosimétrie de groupe
 - Tenue à la main d'un registre de dose
- Obscurité, chaleur, opérations difficiles dans des installations accidentées
- Port d'EPI (appareil de protection respiratoire, tenue Tyvek)
- Etat psychologique lié au contexte de la catastrophe
- Manque de nourriture, inconfort total pour dormir
- Formation insuffisante de certains intervenants
- ...

Des conditions d'intervention qui s'améliorent

- Amélioration progressive des moyens de surveillance radiologique
 - A partir du 1^{er} avril, un dosimètre individuel pour chaque travailleur
 - Cartographie des différentes zones radiologiques tenue à jour
 - Durée de travail en zone contrôlée limitée à 2 heures/jour
 - Recours à des moyens d'intervention robotisés
 - Création d'une zone « radiologiquement propre » dans la centrale pour permettre aux travailleurs de se reposer
 - Mise en place d'une base arrière à 20 km de la centrale (J-village) pour gérer la RP (fourniture de dosimètres et d'EPI, opérations de décontamination externe, **mesures de contamination interne**, formation)
 - Distribution de comprimés d'iode stable
 - ...
- <http://www.mhlw.go.jp/english/topics/2011eq/workers/index.html>

Des informations dosimétriques incomplètes

- **Les seules informations dosimétriques disponibles à ce jour sont celles fournies par la société TEPCO**
 - Ces données ne concernent que les salariés de TEPCO et ceux de ses entreprises sous-traitantes intervenues sur le site
 - Elles ne sont pas fournies par type d'opérations ou interventions et ne permettent donc pas de connaître celles les plus dosantes
- **Les données concernant les autres intervenants (pompiers...) sont très éparées et peu précises**

Bilan dosimétrique au 31 janvier 2015

Le bilan actuel porte sur **41170 travailleurs** ayant travaillé à la centrale de Fukushima Dai-ichi entre le 11 mars 2011 et le 31 janvier 2015 :

- 4 410 salariés de TEPCO
- 36 760 salariés d'entreprises sous-traitantes

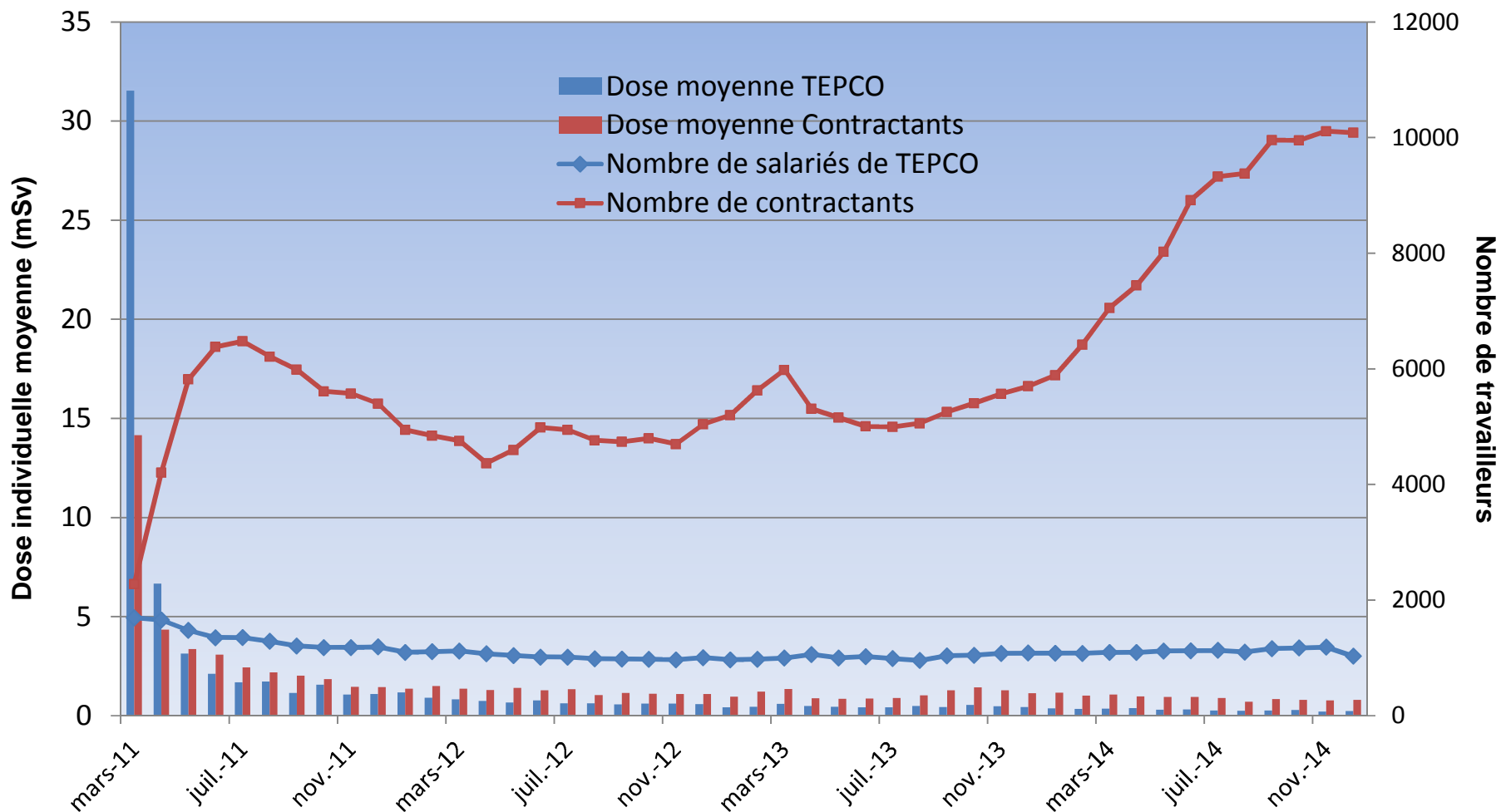
	TEPCO	Contractants	Total
Dose maximale (mSv)	678,8	238,42	678,8
Dose moyenne (mSv)	23,07	10,84	12,15

Grosses disparités selon les tranches d'âge :

- Salariés TEPCO âgés de 20 - 29 ans : dose moyenne = 33 mSv
- Contractants âgés de 18 - 19 ans : dose moyenne = 3,6 mSv

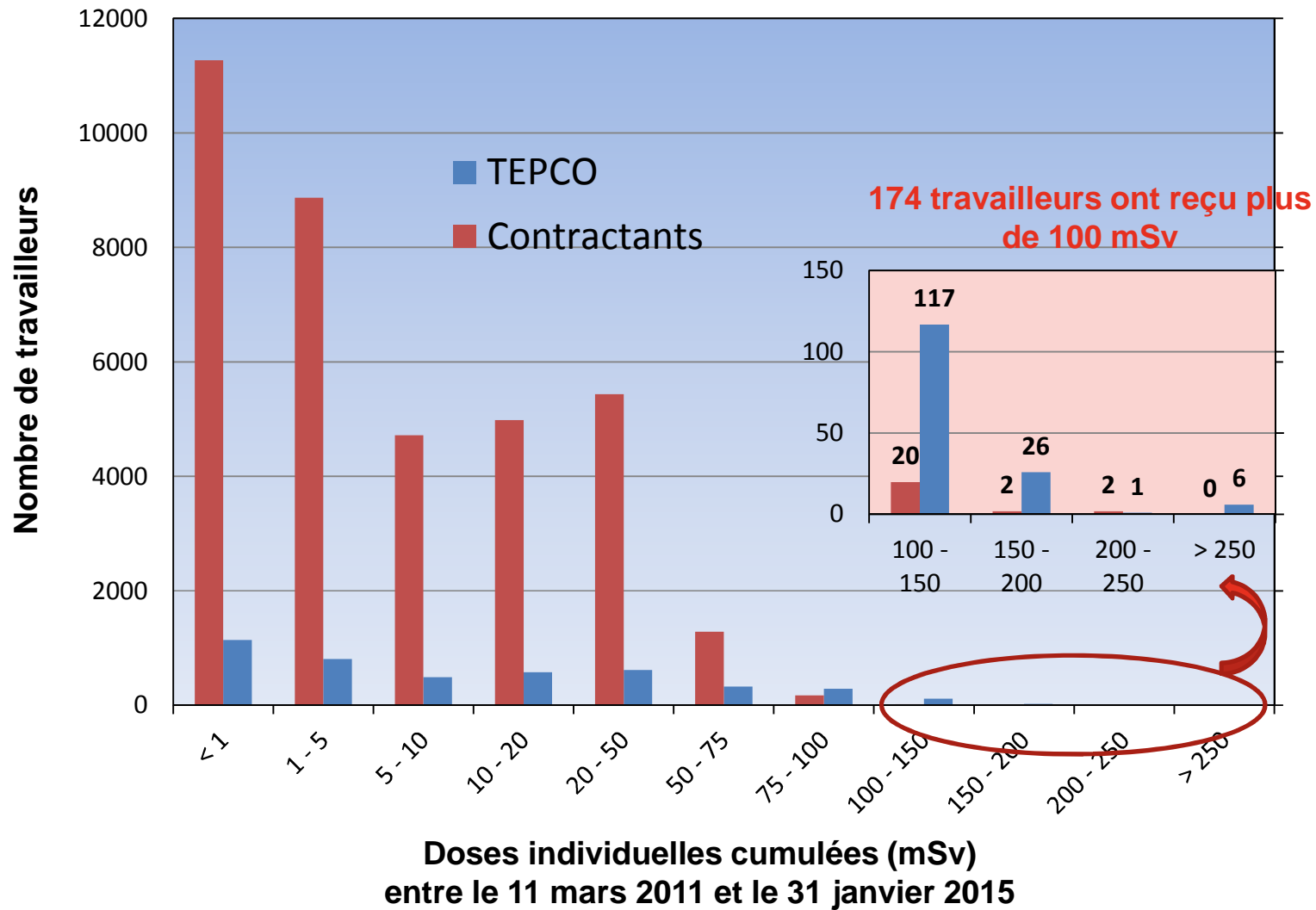
Source : TEPCO - Données au 31 janvier 2015

Evolution du nombre de travailleurs sur le site et des doses individuelles moyennes enregistrées



Source : TEPCO - Données au 31 janvier 2015

Bilan dosimétrique au 31 janvier 2015



Source : TEPCO - Données au 31 janvier 2015

Principales observations dosimétriques

- Dose externe max : 238 mSv - Dose interne max = 590 mSv
- Dose interne moyenne : 8 mSv en mars; 0,27 mSv en avril; 0,13 mSv en mai
- Plus de cas de contamination interne à partir de juin 2011
- Pour les 13 travailleurs ayant reçu les doses internes les plus élevées, la dose efficace due à la contamination interne s'explique essentiellement (~ 99 %) par l'iode 131 fixé par la thyroïde
- La dose à la thyroïde maximale est estimée de l'ordre de 10-12 Gy
- Les mesures tardives de contamination interne induisent des incertitudes significatives sur les estimations de la dose interne pour les travailleurs impliqués dans la première semaine
- La contribution supplémentaire à la dose efficace attribuable aux radionucléides à vie courte qui n'ont pas été mesurés assez tôt après l'accident est estimée à environ 20%
- Pour les travailleurs ayant reçu des doses internes inférieures à 100 mSv, des écarts parfois importants ont été constatés entre les évaluations de TEPCO et celles de l'UNSCEAR

Effets observés

9 décès déclarés :

- **2 décès par noyade** (11 mars 2011), conséquence du tsunami
- **3 décès par arrêt cardiaque** (24 mai 2011, 9 janvier 2012, 22 août 2012) non attribuables à une exposition: la dose externe reçue par ces 3 travailleurs est de 0,7 mSv ; 6,7 mSv et 25 mSv respectivement
- **1 décès par leucémie aiguë** (16 août 2011) : ce décès ne peut pas être imputé à l'accident (dose externe : 0,5 mSv et absence de contamination interne)
- **1»décès par choc septique** consécutif à un abcès rétropéritonéal (6 octobre 2011) : décès non imputable à l'accident (dose externe : 5 mSv et absence de contamination interne)
- **2 accidents mortels** sur le chantier (28 mars 2014 et 19 janvier 2015)

Près de 17 500 comprimés d'iode stable distribués à partir du 13 mars 2011 à environ 2 000 travailleurs (certains en continu plus de 2 semaines, jusqu'à 87 comprimés)

- **Aucun effet indésirable notable hormis un dérèglement temporaire de la fonction thyroïdienne chez 3 travailleurs**

Evaluations sanitaires de l'OMS - 1/2

Effets déterministes

- Dose thyroïde > 10 Sv pour 2 travailleurs
 - ➔ Le risque d'effets déterministes tels qu'hypothyroïdies existe
- Il apparaît improbable que le petit nombre d'individus ayant reçu une dose >100 mSv présente une augmentation statistiquement significative de cataractes
- Les travailleurs ayant reçu une dose > 500 mSv ont un risque accru de maladie cardiovasculaire à long terme



Publication OMS, février 2013



Evaluations sanitaires de l'OMS - 2/2

Risque cancer (calculé pour la première année d'exposition) :

- Pour les deux tiers des travailleurs (faibles doses à tous les tissus), les risques de cancer sont d'un niveau comparable aux fluctuations du taux de base
- Pour environ un tiers des travailleurs (doses à la thyroïde modérées, doses plus faibles aux autres tissus), l'augmentation relative du cancer de la thyroïde par rapport au taux de base est estimée entre 1,4% (travailleurs âgés de 60 ans) et 20% (travailleurs âgés de 20 ans)
- Pour moins de 1% des travailleurs (doses plus élevées), l'augmentation relative de la leucémie et du cancer de la thyroïde par rapport au taux de base est estimée à 28% chez les travailleurs les plus jeunes
- Pour les travailleurs ayant reçu de très fortes doses à la thyroïde (> 10 Sv), il est estimé une augmentation notable de l'incidence du cancer de la thyroïde, notamment chez les travailleurs les plus jeunes (risque attribuable vie entière de 356 sur 10 000)

Evaluations complémentaires de l'UNSCEAR - 1/3

- Pour le groupe des 174 travailleurs ayant reçu plus de 100 mSv (140 mSv en moyenne) :
 - Risque accru de cancer de la thyroïde pour 13 travailleurs ayant reçu des doses à la thyroïde comprise entre 2 et 12 Gy
 - 2 à 3 cancers additionnels pourraient survenir en plus des 70 cancers environ attendus en l'absence d'exposition
 - ➔ cette augmentation du risque de cancer est faible comparée aux fluctuations naturelles et a peu de chance d'être détectable
 - 1 cas de leucémie pourrait être induit par l'exposition (risque relatif = 1,20 pour une exposition moyenne de 140 mSv à l'âge de 20 ans)
 - ➔ là encore, peu de chance d'être détectable

Evaluations complémentaires de l'UNSCEAR - 2/3

- Environ 2 000 travailleurs ont reçu une dose à la thyroïde supérieure à 100 mGy (moyenne d'environ 400 mGy)
 - Les échographies réalisées chez ces personnes sont susceptibles d'augmenter très fortement le nombre de cas de cancers de la thyroïde par rapport à ce qui est attendu pour un groupe de population non examiné
 - ➔ Une augmentation de l'incidence du cancer radio-induit chez ces personnes est possible mais probablement pas détectable
 - Il n'est pas exclu que soient observés des cas d'hypothyroïdie

Evaluations complémentaires de l'UNSCEAR - 3/3

Autres effets ?

- La probabilité d'un excès de maladies circulatoires existe, au moins théoriquement, pour les travailleurs ayant reçu les doses efficaces les plus élevées mais cette probabilité reste faible
- Les données nécessaires pour se prononcer quant à une possible augmentation de l'incidence de la cataracte sont insuffisantes
- Risques de troubles de stress post-traumatique (TSPT)
 - Une enquête menée 2 à 3 mois après l'accident a révélé de tels troubles

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation

SOURCES, EFFECTS AND RISKS OF IONIZING RADIATION
UNSCEAR 2013 Report

Volume I
REPORT TO THE GENERAL ASSEMBLY
SCIENTIFIC ANNEX A:
Levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident
after the 2011 great east-japan earthquake and tsunami

Publication UNSCEAR, avril 2014



Comparaison à l'accident Tchernobyl

- 530 000 travailleurs impliqués dans l'accident de Tchernobyl
- Exposition essentiellement externe (dose moyenne ~ 120 mSv)
- 51 russes et 168 ukrainiens ont reçu plus de 1 Sv
- 134 cas de Syndrome Aigu d'Irradiation, dont 28 mortels
- Une augmentation de l'incidence du cancer tout type a été rapportée pour les liquidateurs de Russie (observation non confirmée dans une étude concernant les liquidateurs d'Estonie)
- Des taux élevés de cancer de la thyroïde chez les liquidateurs ont été rapportés, mais sans association claire avec la dose de rayonnement reçue
- Des études suggèrent une augmentation de l'incidence de la leucémie, de nombreuses incertitudes subsistent
- L'impact sur les maladies circulatoires a été étudié, mais rien de conclusif

Suivi médical des travailleurs

- **Mise en place d'une base de données** par le gouvernement japonais pour tous les travailleurs concernés, y compris ceux ne travaillant plus dans le domaine nucléaire
- **Examen médical de base :**
 - Examen clinique (ophtalmologique, auditif, pulmonaire, cardio-vasculaire, digestif)
 - Analyses biologiques
 - Evaluation de l'état psychologique
- **Examens complémentaires en fonction de la dose enregistrée :**
 - > 50 mSv : + suivi des cataractes
 - > 100 mSv : + suivi des cancers (poumon, colon, estomac)
- **Premier bilan dans 3 ans, révision si nécessaire**

Le *Radiation Effects Research Foundation* (RERF, Hiroshima) a été choisi en octobre 2014 par le Ministère de la santé pour mener un suivi épidémiologique des travailleurs (démarrage prévu fin mars 2015)

Conclusion / enseignements - 1/2

■ Pour évaluer les conséquences dosimétriques et sanitaires d'un accident nucléaire ayant impliqué les travailleurs :

- Les moyens de surveillance radiologique/dosimétrique en place dans les installations doivent être suffisamment nombreux et robustes
- Le suivi doit être correctement dimensionné pour faire face à un flux important de personnes, de mesures et d'informations à traiter
- La surveillance dosimétrique doit être rapidement mise en place pour garantir la fiabilité des doses évaluées (notamment pour la l'exposition interne et tout particulièrement pour les radionucléides à vie courte)
- Des moyens de mesure *in vivo* et *in vitro* doivent pouvoir être déployés au plus proche du site, dans des lieux où le BDF est significativement augmenté

Conclusion / enseignements - 2/2

- **Pour évaluer les conséquences dosimétriques et sanitaires d'un accident nucléaire ayant impliqué les travailleurs**
 - Les conditions d'exposition (notamment interne) doivent être bien connues
 - Les capacités de suivi des travailleurs affectés en dehors du site doivent être réfléchies à l'avance et mises en œuvre dans des délais courts
 - Le suivi épidémiologique et médical doit être organisé
 - Il ne doit pas se limiter à la seule recherche d'effets radio-induits

Merci de votre attention !

