

EXPOSITION INTERNE : QUELS DEFIS pour DEMAIN?

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE



ETAT DES LIEUX: Quels radionucléides, quelles situations?

Journée technique de la section Recherche et santé
de la SFRP

Philippe BERARD

le 6 Octobre 2015

www.cea.fr

CEA / DSV / DIR / PROSITON
92265 Fontenay-Aux-Roses CEDEX
tel : 01 46 54 90 45 fax : 01 46 54 98 62
mail : philippe.berard@cea.fr

PLAN DE L'EXPOSÉ

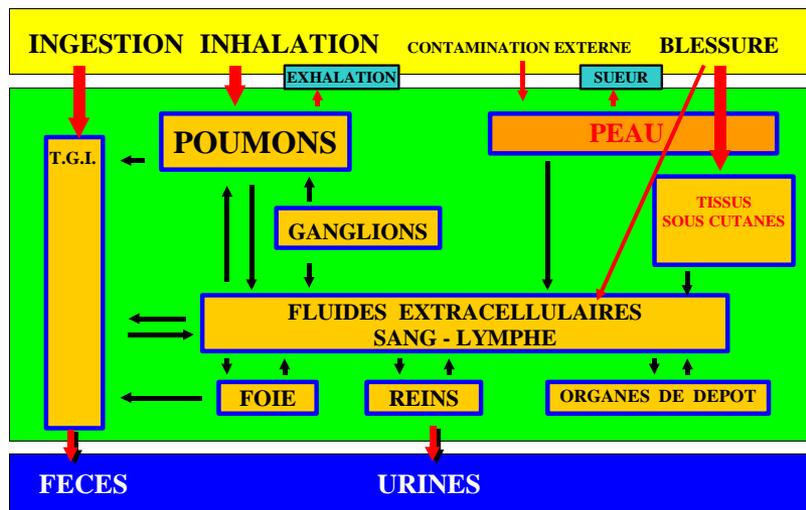
Illustrations de chantier présentant un risque de contamination interne en France

I – Introduction

II – Quels radionucléides?

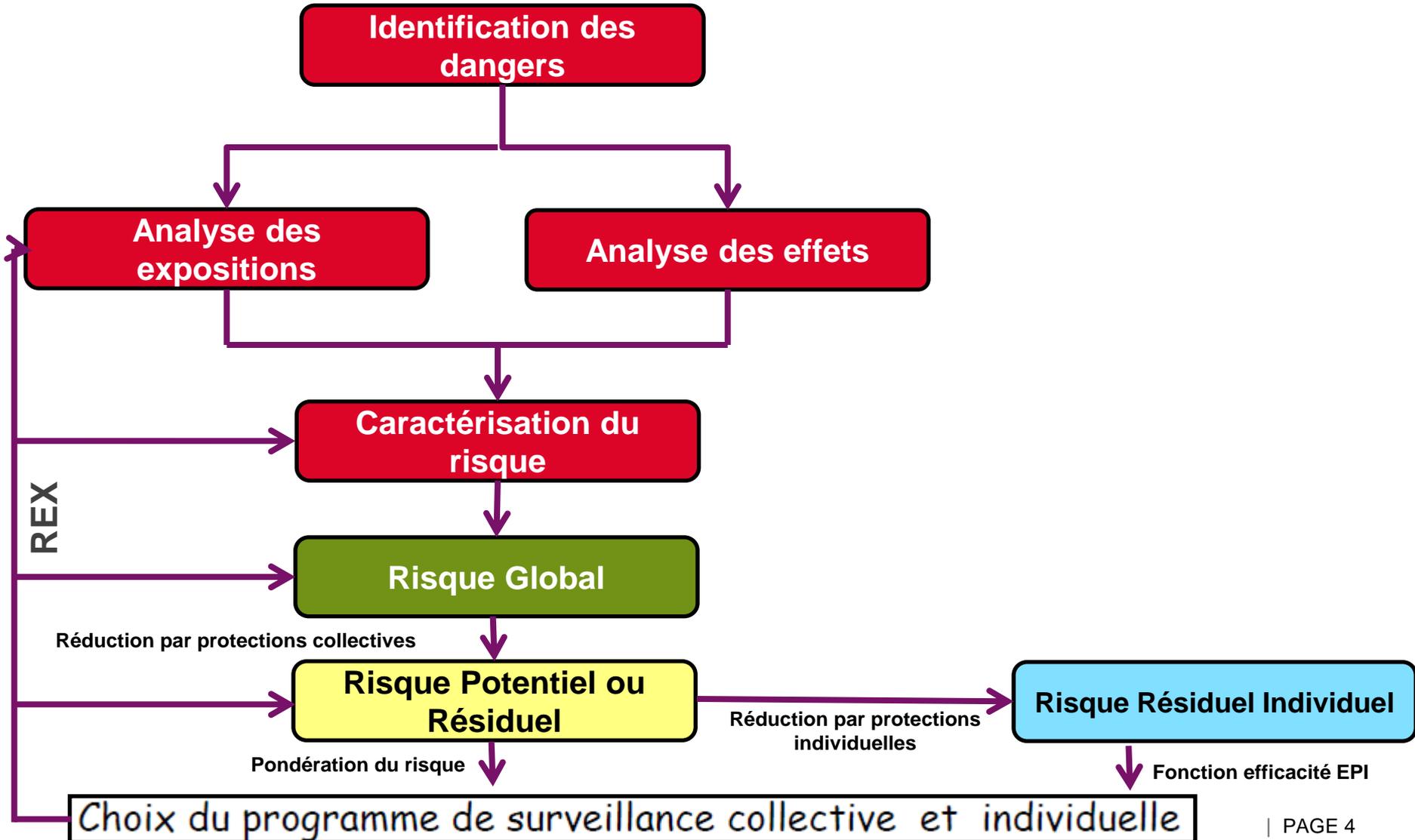
III – Quelles situations?

Exposition interne par des radionucléides : pénétration (incorporation) à l'intérieur de l'organisme humain d'un ou plusieurs radionucléides, par inhalation, ou par passage à travers la peau saine ou d'une plaie. La pénétration par ingestion est exceptionnelle.



La finalité de la surveillance de l'exposition interne est de vérifier l'absence d'incorporation de RN et si nécessaire d'estimer la dose efficace engagée à partir des résultats de la surveillance des travailleurs.

Principes généraux de la radioprotection: justification, limitation et optimisation



Le risque d'exposition interne est maîtrisé par les dispositions de confinement des enceintes et par des dispositions de prévention des risques de rupture de confinement ou de blessure

Les objectifs des programmes de surveillance de l'exposition interne sont multiples et complémentaires :

- détecter et identifier les incorporations : contrôles techniques d'ambiance radiologique, surveillance individuelle de contamination externe, surveillance individuelle à visée collective par échantillonnage,
- estimer l'efficacité des mesures de prévention aux postes de travail (EPC, EPI, modes opératoires) : surveillance individuelle de contrôle, contrôles techniques d'ambiance radiologique,
- valider l'acquisition des bonnes pratiques des nouveaux intervenants : surveillance de « chantier » au plus près de l'exposition,
- garantir un suivi radiologique et dosimétrique des personnels exposés.

- **surveillance radiologique collective** :
 - des contrôles techniques d'ambiance radiologique des lieux et postes de travail (contrôles atmosphériques et surfaciques);
 - une surveillance de la contamination corporelle externe (contaminamètres, contrôleur mains pieds ou portique de détection, ...) ;
 - et la définition de critères d'alerte et des actions associées.
- **surveillance radiologique individuelle** :
 - des examens de surveillance de contrôle de l'exposition interne, par échantillonnage sur un groupe d'exposition homogène ou pour chaque travailleur selon le niveau potentiel d'exposition ;
 - des examens de surveillance spéciale déclenchés suite à alerte d'un contrôle technique d'ambiance radiologique.
- **suivi dosimétrique individuel** :
 - des examens de surveillance de routine respectant les intervalles de surveillance,
 - des examens de surveillance de chantier,
 - et des examens de surveillance spéciale déclenchés suite à un évènement identifié.

Interprétation des données :

- Des critères de gradation de l'importance de la contamination
- Des critères d'interprétation des résultats des analyses
- Des valeurs repères pour l'interprétation des résultats d'examens suite à un évènement

Estimation de la dose interne:

- La méthode d'estimation de la dose efficace engagée
- La méthode de validation de la dose estimée et les critères d'appel aux structures de l'expertise.
- Sa traçabilité et son archivage .

Classification périodique des éléments

II – Quels radionucléides

numéro atomique → 26
 symbole ← Fe
 masse molaire ← 55,845
 nom ← fer

- métaux alcalins
- métaux alcalino-terreux
- métaux de transition
- lanthanides
- actinides
- autres métaux
- semi-métaux (métalloïdes)
- autres éléments non métalliques
- halogènes
- gaz rares

Tableau périodique des éléments

groupe IA																		VIIIA																	
1 H 1,0079 hydrogène																	2 He 4,0026 hélium																		
3 Li 6,941 lithium	4 Be 9,0122 béryllium																	5 B 10,811 bore	6 C 12,0107 carbone	7 N 14,0067 azote	8 O 15,9994 oxygène	9 F 18,9984 fluor	10 Ne 20,1797 néon												
11 Na 22,9898 sodium	12 Mg 24,3050 magnésium																	13 Al 26,9815 aluminium	14 Si 28,0855 silicium	15 P 30,9738 phosphore	16 S 32,065 soufre	17 Cl 35,453 chlore	18 Ar 39,948 argon												
19 K 39,0983 potassium	20 Ca 40,078 calcium	21 Sc 44,9559 scandium	22 Ti 47,867 titane	23 V 50,9415 vanadium	24 Cr 51,9961 chrome	25 Mn 54,9380 manganèse	26 Fe 55,845 fer	27 Co 58,9332 cobalt	28 Ni 58,6934 nickel	29 Cu 63,546 cuivre	30 Zn 65,38 zinc	31 Ga 69,723 gallium	32 Ge 72,64 germanium	33 As 74,9216 arsenic	34 Se 78,96 sélénium	35 Br 79,904 brome	36 Kr 83,798 krypton																		
37 Rb 85,4678 rubidium	38 Sr 87,62 strontium	39 Y 88,9058 yttrium	40 Zr 91,224 zirconium	41 Nb 92,9064 niobium	42 Mo 95,94 molybdène	43 Tc [98] technétium	44 Ru 101,07 ruthénium	45 Rh 102,9055 rhodium	46 Pd 106,42 palladium	47 Ag 107,8682 argent	48 Cd 112,411 cadmium	49 In 114,818 indium	50 Sn 118,710 étain	51 Sb 121,760 antimoine	52 Te 127,60 tellure	53 I 126,9045 iode	54 Xe 131,293 xénon																		
55 Cs 132,9054 césium	56 Ba 137,327 baryum	57-71 La-Lu lanthanides	72 Hf 178,49 hafnium	73 Ta 180,9479 tantalé	74 W 183,84 tungstène	75 Re 186,207 rhénium	76 Os 190,23 osmium	77 Ir 192,217 iridium	78 Pt 195,084 platine	79 Au 196,9666 or	80 Hg 200,59 mercure	81 Tl 204,3833 thallium	82 Pb 207,2 plomb	83 Bi 208,9804 bismuth	84 Po [209] polonium	85 At [210] astate	86 Rn [222] radon																		
87 Fr [223] francium	88 Ra [226] radium	89-103 Ac-Lr actinides	104 Rf [261] rutherfordium	105 Db [268] dubnium	106 Sg [271] seaborgium	107 Bh [272] bohrium	108 Hs [270] hassium	109 Mt [276] meitnerium	110 Ds [281] darmstadtium	111 Rg [280] roentgenium	112 Cn [285] copernicium	113 Uut [284] ununtrium	114 Uuq [289] ununquadium	115 Uup [288] ununpentium	116 Uuh [293] ununhexium	117 Uus [291] ununseptium	118 Uuo [294] ununoctium																		

le symbole en blanc indique l'absence de nucléides stables

57 La 138,9055 lanthane	58 Ce 140,114 cérium	59 Pr 140,9076 praséodyme	60 Nd 144,242 néodyme	61 Pm [145] prométhium	62 Sm 150,36 samarium	63 Eu 151,964 europium	64 Gd 157,25 gadolinium	65 Tb 158,9253 terbium	66 Dy 162,500 dysprosium	67 Ho 164,9303 holmium	68 Er 167,259 erbium	69 Tm 168,9342 thulium	70 Yb 173,054 ytterbium	71 Lu 174,9668 lutécium
89 Ac [227] actinium	90 Th 232,0381 thorium	91 Pa 231,0369 protactinium	92 U 238,0289 uranium	93 Np [237] neptunium	94 Pu [244] plutonium	95 Am [243] américium	96 Cm [247] curium	97 Bk [247] berkélium	98 Cf [251] californium	99 Es [252] einsteinium	100 Fm [257] fermium	101 Md [258] mendélévium	102 No [259] nobélium	103 Lr [262] lawrencium

- **Toutes activités utilisant des sources non scellées**
- **médecine nucléaire à visée diagnostique et à visée thérapeutique :**
- **Pour la médecine nucléaire in vitro, laboratoires d'analyses médicales avec radio-immunologie et laboratoires de recherche :**
- **Production et conditionnement de radio-isotopes**
- **Fabrication du combustible : extraction et traitement du minerai d'uranium, enrichissement et fabrication du combustible, retraitement,**
- **de l'armement,**
- **de la production d'énergie : les réacteurs civils ou militaires (propulsion nucléaire),**
- **du démantèlement des installations nucléaires,**
- **du traitement des effluents, déchets et matériaux (y compris ceux ne provenant pas du cycle).**
- **Contrôle pour la sécurité des personnes et des biens, et logistique et maintenance**

- **Médecine nucléaire : Tl-201, Tc-99m, I-131, etc.**
- **Laboratoires d'analyse médicale avec radioimmunologie: I-125,**
- **Recherche médicale, vétérinaire, pharmaceutique : H-3, I-131, P-32, I-125, etc.**
- **issus du cycle du combustible :**
 - **Uranium : U-238, U-235, U-234,**
 - **Plutonium : Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-241,**
 - **Autres actinide :Am-241, Cm-244, Cm-242, Np-237,**
- **issus de l'exploitation**
 - **Tritium H-3,**
 - **Produits d'activation (PA) : Co-60, Co-58, Ag-110m, etc.,**
 - **Produits de fission (PF) : Cs-137, I-131, Sr-90, etc.,**
- **Recherche: H-3, C-14, S-35, P-32, P-33 manipulés sous forme libres ou sous forme de molécules marquées**

- **Cas des radionucléides volatils**
- **Ceux du démantèlement**
- **Cas des mélanges de radionucléides présents au poste de travail,**

Le risque potentiel d'exposition interne est variable en fonction des radionucléides présents.

Les risques les plus importants sont dus à la présence et à la manipulation de radiotoxiques élevés comme le cobalt, le plutonium, l'américium, etc..

La prévention du risque d'exposition est assurée par différentes dispositions:

- **confinement statique (étanchéités des équipements),**
- **enceintes étanches (type Boîtes à Gants),**
- **confinement dynamique (mise en dépression du procédé),**
- **balises avec alarmes de contamination,**
- **conduite du procédé à distance,**
- **port de protections individuelles en milieux contaminés**

- Large variété de situations d'exposition
- Spéciation des produits manipulés
 - Propriétés physico-chimiques (DAMA, forme, etc.)
 - Volatilité, âge et filiation
 - Utilisation de solvants, acides variés etc.
- Mélanges de radionucléides
- Biocinétique des radionucléides
- Efficacité des EPI (Equipements de protection individuel)
- Toxicité dépendant des caractéristiques physiques et chimiques des composés radioactifs
- Difficulté de reconstruction des expositions et d'estimation des doses selon le type de surveillance
- Incertitudes associées à l'exposition et aux doses estimées

- Performances de techniques de surveillance
 - Matrices biologiques
 - Spécificités
 - Limites de détection, intervalles de confiance
- Contre-mesures médicales
- Hétérogénéité de la distribution de dose
- Dose délivrée sur une longue période dépendant de la demi-vie biologique et physique
- Qualité de rayonnement variable selon les radionucléides et leurs descendants
- Impact sanitaire
- Transmission et communication

311744 examens (routine et spécial)

553 évaluations dosimétriques

0 exposition interne conduisant à une dose efficace engagée supérieure à 20 mSv

5 cas d'exposition interne conduisant à une dose efficace engagée supérieure à 1 mSv



PRP-HOM/2015-0004

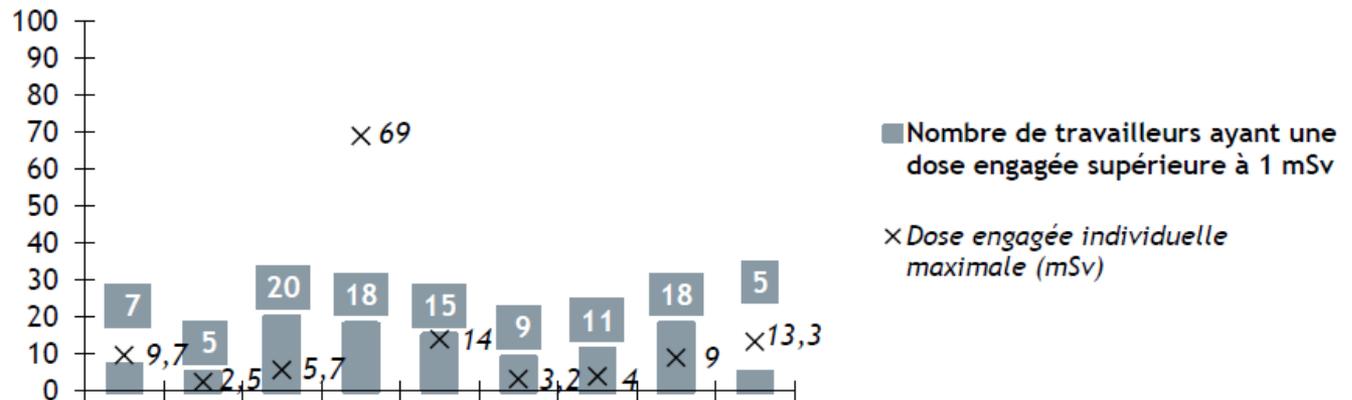
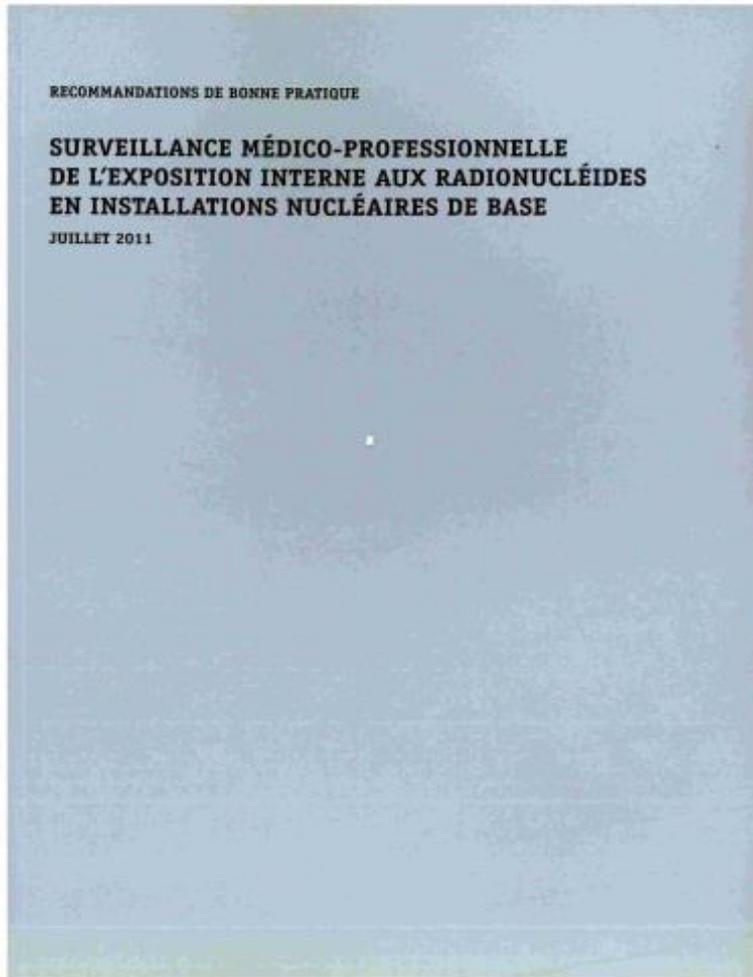


Figure 17 - Evolution, de 2006 à 2014, du nombre de travailleurs ayant une dose engagée supérieure à 1 mSv



MERCI

pour votre attention

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
Centre de Fontenay aux Roses 92265 Cedex
T. +33 (0)1 46 54 90 45 | F. +33 (0)1 46 54 98 62

Direction des Sciences du vivant
Unité PROSITON