

RAYONNEMENTS IONISANTS

Mis à jour en mars 2018

Les informations fournies par cette fiche sont indicatives, sans valeur légale et sans caractère obligatoire.

Définition de la nuisance ou situation dangereuse

Les rayonnements ionisants (RI) proviennent de la désintégration de noyaux radioactifs (instables) et sont responsables d'interactions avec la matière par l'intermédiaire de l'énergie qu'ils lui transfèrent.

Différents types :

- Rayonnements chargés électriquement : β (β^- : électrons, β^+ : positrons) et α ,
- Rayonnements non chargés électriquement : neutrons et rayonnements électromagnétiques X et γ .

Les appareils de gamma-densitométrie utilisés dans les laboratoires de TP sont des émetteurs γ . En centrale nucléaire, on trouve essentiellement des rayonnements γ et β .

Différents modes d'exposition :

- Irradiation externe si la source est à distance.
- Contamination externe si la source est au contact de la peau.
- Contamination interne si des radio-éléments sont présents à l'intérieur de l'organisme (absorption par voie respiratoire, cutanée ou digestive).

Danger

Le transfert d'énergie à la matière par les RI est responsable de lésions moléculaires touchant essentiellement l'ADN. En l'absence de réparation de l'ADN par mécanisme enzymatique, c'est la mort cellulaire immédiate ou différée (fonction de la dose reçue) ou le risque de mutations (cancers, anomalies héréditaires). Les effets tissulaires sont les conséquences des effets cellulaires et ne s'expriment que lorsqu'un nombre important de cellules est détruit; donc au-delà d'une dose seuil. Ils dépendent également du turn-over des tissus; ceux-ci étant d'autant plus radio-sensibles qu'ils renferment des cellules indifférenciées à grand potentiel de prolifération.

Effets déterministes :

Ils sont liés à la mort cellulaire et dépendent de la dose reçue. Souvent précoces (d'autant plus que

la dose est importante) et parfois réversibles.

- Exposition externe globale : dose < 1 Gray (Gy) : peu de signes (asthénie, céphalées, nausées parfois). Dose 1 à 2 Gy : phase prodromique avec asthénie, céphalées, nausées, vomissements, douleurs abdominales, tachycardie, hypotension artérielle. Dose 2 à 4 Gy : atteinte hématopoïétique (d'abord leucopénie, notamment lymphopénie, puis thrombopénie). Dose 4 à 6 Gy : hypothermie, œdème, érythème cutané. Dose 6 à 10 Gy : syndrome viscéral gastro-intestinal. Dose > 10 Gy : syndrome neurologique avec décès en 48 h maxi. NB : la dose létale 50/60 est de 3,5 à 4,5 Gy.
 - Exposition externe localisée : elle est fonction de la dose reçue.
- * Peau : érythème, œdème, épidermite, nécrose, atrophie, troubles de la sensibilité, de la vascularisation.
- * Gonades : azoospermie, aménorrhée, stérilité (> 4 Gy chez l'homme et > 8 Gy chez la femme).
- * Oeil : blépharite, conjonctivite, kératite, cataracte.
- * Thyroïde : hypothyroïdie.

Effets aléatoires ou stochastiques :

Ils sont en rapport avec les mutations de l'ADN, indépendants de la dose reçue et de survenue tardive.

- Effets cancérogènes certains à forte dose : leucémies, cancers broncho-pulmonaires, ostéosarcomes et autres cancers (peau, sein, thyroïde). Le problème est celui des faibles doses inférieures à 0,1 Sv.
- Effets génétiques : les anomalies des cellules sexuelles concernent les chromosomes ou les gènes, mais aucune ne semble avoir été transmise par l'homme à sa descendance. Donc incertitudes sur les faibles doses pour les effets aléatoires.
- Effets tératogènes :
La période la plus radiosensible s'étend du 10ème au 60ème jour après la fécondation (organogénèse) : risque de malformations du système nerveux, de l'œil, du squelette ...

Tâches et postes

Activités, situations de travail	Postes de travail
Centrale nucléaire : les tâches effectuées ne présentent pas de particularités du fait de leur réalisation en zone à risque radiologique	Electricien, calorifugeur, robinetier, chaudronnier, échauffeur, maçon, peintre, soudeur, mécanicien, conducteur d'engins.
Chantiers TP et labo : utilisation de gammadensimètres de chantier et/ou sources scellées γ	Utilisateur de gamma-densimètres de chantier, laborantin
Limite BTP : contrôles radiographiques (X ou γ) pour évaluer épaisseur des soudures, décontamination	Radiologue industriel labo. de recherche, unité de traitement, transport et stockage de matières nucléaires.

Fiches FAST liées

- Agent Assainissement Décontamination Nucléaire - Voir la fiche
- Agent Maintenance Equipements Industriels - Voir la fiche
- Coffreur Boiseur - Voir la fiche
- Laborantin Industrie Routière - Voir la fiche
- Opérateur Déconstruction / Démolisseur - Voir la fiche
- Opérateur Dépollution Sol - Voir la fiche
- Opérateur Tunnelier - Voir la fiche
- Opérateurs Gazoduc - Voir la fiche
- Radiologue Industriel - Voir la fiche
- Scaphandrier Plongeur - Voir la fiche

Niveau d'exposition

Temps : durée - fréquence

Tout travailleur exposé aux RI doit bénéficier d'une SMP prévue par les textes réglementaires, quelles que soient la fréquence et la durée d'exposition.

Intensité

Selon l'intensité de l'exposition, les travailleurs sont classés en 2 catégories : A et B. La répartition est de la responsabilité de l'employeur (qui doit prendre l'avis du médecin du travail) :

- **catégorie A** : la dose efficace reçue est susceptible de dépasser 6 mSv / an (ou dose équivalente > 3/10^è des limites annuelles d'exposition).
- **catégorie B** : les travailleurs exposés aux RI ne relevant pas de la catégorie A.

Limite d'expositions aux RI en dose efficace :

- Public : 1 mSv /an.
- Travailleurs exposés : 20 mSv /an.
- Femmes enceinte : 1 mSv /an pour la durée de la grossesse.
- Jeunes de 16 à 18 ans : 6 mSv /an. sous réserve de dérogation.

Limite de doses équivalentes pour les différentes parties du corps :

- Main, avant-bras, pied, chevilles : 500 mSv /an (150 pour les 16-18 ans).
- Peau : 500 mSv /an (150 pour les 16-18 ans).
- Cristallin : 20 mSv /an (15 pour les 16-18 ans).

Il peut être dérogé aux valeurs limites d'exposition au cours d'expositions exceptionnelles préalablement justifiées et lors de situations d'urgence radiologique

Conditions d'exposition

Matériaux

La nature du rayonnement : nocivité importante des neutrons, rayons X et GAMMA en exposition externe (traversée d'épaisseurs importantes), des rayons α et β en exposition interne (fort pouvoir ionisant).

Cofacteurs environnementaux

Ils augmentent la contrainte du poste : chaleur humide, atmosphère confinée, bruit, travail en dépression, lieux de passage exigus, contrainte occasionnée par le port de certains EPI, travail posté, interventions sur matériaux amiantés ou travaux de retrait de matériaux amiantés...

Facteurs individuels

Influence des atteintes hématologiques, ophtalmologiques et des affections entraînant soit une rétention des radionucléides au niveau des voies respiratoires, soit une pénétration au niveau cutané et digestif, soit un ralentissement de l'élimination.

Barème de décision

Critères complets

Le score obtenu par addition des différents coefficients de pondération sert de guide pour la mise en place de la stratégie de surveillance médico-professionnelle.

Non concerné

Critères simples

Toute personne exposée aux RI justifie d'une SMR prévue par les textes réglementaires, quelles que soient la durée, l'intensité et la fréquence d'exposition. Par contre l'intensité d'exposition déterminée par l'employeur classe le sujet en catégorie A ou B.

Contenu des actions

Suivi réglementaire

Suivi individuel de l'état de santé des travailleurs

Suivi individuel de l'état de santé hors risques particuliers : non concerné

Suivi individuel renforcé

- Décret 2001-97 du 1 février 2001 : CMR : concerné
- Décret 2016-1908 du 27 décembre 2016, Art R. 4624-23 du CT : concerné (Rayonnements ionisants).

Travaux interdits

Travaux interdits aux moins de 18 ans : Décret 2013-915 du 11 octobre 2013 : concerné.

Dérogation possible seulement pour les RI catégorie B selon la procédure de dérogation définie par le décret 2015-443 du 17 avril 2015.

Travaux interdits aux salariés en CDD (contrat à durée déterminée) et aux salariés temporaires (D4154-1 du CT) : concerné pour les travaux accomplis dans des zones où le débit de dose horaire est susceptible d'être supérieur à 2 millisieverts.

Dérogation exceptionnellement possible (L4154-1 du CT) : l'employeur peut demander l'autorisation à la DIRECCTE par lettre AR, accompagnée de l'avis du CHSCT, des DP et du médecin du travail (D4154-3 du CT)

Surveillance post professionnelle

Arrêté du 6 décembre 2011 modifiant l'arrêté du 28 février 1995 : concerné

Le contenu de la SPP n'est précisé que pour les RI de la catégorie A = examen clinique et dermatologique tous les 2 ans - examens complémentaires = examen hématologique et/ou radiographique pulmonaire et/ou radiographies osseuses.

Modalités du suivi individuel de l'état de santé

Proposition de Suivi individuel renforcé de l'état de santé

Suivi individuel renforcé

Examen médical d'embauche

Réalisé par le médecin du travail

Examen médical préalable à l'affectation (R4624-24 du CT)

Rechercher systématiquement toute affection risquant de transformer une contamination externe en contamination interne :

- Affections respiratoires : asthme, bronchite chronique, fibrose pulmonaire, emphysème aggravé.
- Causes d'otorrhées telles que cholestéatome, perforations humides, otites avec drain.
- Sinusites avec imperméabilité du méat (visualisée au scanner).
- Cancers ORL avec croûtes et cratères.
- Toutes les dermatoses étendues évoluant par poussées sèches ou suintantes : eczéma, dermites irritatives, psoriasis pustuleux, acnés varioliformes...
- Maladie de CROHN et rectocolite ulcéro-hémorragique en poussées.
- Insuffisance hépato-cellulaire sévère et insuffisance rénale.
- Grossesse (1 mSv/an) et allaitement (contre-indication).
- Alcoolisme chronique et toxicomanie à l'héroïne pour des raisons de sécurité.

Autres situations pathologiques à retenir :

- Cataracte, petites opacités cristalliniennes.
- Recherche d'affections ou thérapeutiques ayant des répercussions hématologiques : les leucopénies, les hyperleucocytoses sans étiologies précises requièrent une consultation spécialisée.
- Gastrite et ulcère gastroduodéal doivent être traités avant affectation.
- Diabète insulino-dépendant : aptitude fonction du rythme et des conditions de travail (chaleur...).
- Pas de contre-indication cardio-vasculaire aux travaux sous rayonnements ionisants, sauf celles liées à celles du poste (efforts, chaleur, atmosphère confinée...).
- Les cancers guéris ne constituent pas à priori un motif d'inaptitude (problème d'impact psychologique à étudier cas par cas après avis consultation pathologies professionnelles ou pluridisciplinaire si nécessaire)

Recherche d'ATCD d'exposition professionnelle ou non professionnelle aux RI (imagerie, radiothérapie...).

Examens complémentaires :

Pour les RI catégorie A :

- Examen hémato (NFS + plaquettes). Fonction hépatique et rénale si risque de contamination interne.
- EFR.
- Radiographie pulmonaire.
- Otoscopie, audiogramme, en cas de sinusite : scanner des sinus.
- Examen ORL par spécialiste.
- Bilan ophtalmo (au minimum un examen du cristallin et du FO).

Pour les RI catégorie B :

- Examen hémato (NFS+plaquettes)
- Radiographie pulmonaire
- Information sur les risques de l'exposition, sensibilisation sur les moyens de prévention

- Information sur le suivi médical.
- La fiche d'aptitude atteste l'absence de contre-indication médicale aux travaux exposant aux RI et indique la date de l'étude du poste de travail et de la dernière mise à jour de la fiche d'entreprise. (décret CMR du 01/02/2001).
- Carte individuelle de suivi médical : remise par le médecin du travail à tout travailleur **de catégorie A et B.**

Examens périodiques

Réalisés par le médecin du travail

Périodicité : annuelle pour les RI catégorie A (art R4451-84 du CT) et ne pouvant être supérieure à 4 ans pour les RI catégorie B

Périodicité 1 an pour les jeunes de moins de 18 ans affectés à des travaux soumis à dérogation (R. 4153-40 du CT)

L'examen clinique est orienté sur les éléments déjà recherchés à l'embauche.

Examens complémentaires pour les salariés catégorie A =

- Examen hémato,
- RP tous les 5 ans, plus fréquente chez les fumeurs,
- Otoscopie, audiogramme, scanner des sinus si signes cliniques. Examen ORL spécialisé tous les 5 ans.
- Examen ophtalmologique tous les 5 ans

Pour les catégories B, examens complémentaires à l'appréciation du médecin.

- Mise à jour de la carte individuelle de suivi médical par le MT.

Visites intermédiaires

Uniquement pour les RI catégorie B

Réalisées par un professionnel de santé (infirmier en santé travail, collaborateur médecin, interne en médecine du travail, médecin du travail)

Au plus tard 2 ans après la visite avec le médecin du travail

Orientation si besoin vers le médecin du travail selon l'âge, l'état de santé, les conditions de travail et les différents risques professionnels selon les protocoles établis

Traçabilité des expositions :

L'exposition externe est évaluée par dosimètre passif individuel, nominatif, à lecture mensuelle ou trimestrielle par l'institut de radioprotection et de sûreté nucléaire, certains organismes agréés par le ministère du travail ou entreprises (EDF, CEA, AREVA). Les résultats de dosimétrie sont adressés

au salarié et au médecin du travail. En cas de dépassement des valeurs limites, l'employeur, la PCR (personne compétente en radioprotection) et le médecin en sont informés par l'institut de radioprotection et de sûreté nucléaire. Le médecin du travail informe le salarié concerné.

L'exposition interne : évaluée par examens anthropogammamétriques (ATP) et radiotoxicologiques prescrits par le médecin du travail et dont la fréquence est fonction du risque.

- Le médecin du travail établit un dossier individuel (identique pour catégorie A ou B) contenant le double de la fiche d'exposition établie par l'employeur (article R 4451-57 du code du travail) (nature du travail effectué, des RI, caractéristiques des sources émettrices, périodes d'exposition, autres risques ou nuisances du poste de travail); dates et résultats du suivi dosimétrique de l'exposition individuelle; dates et résultats des examens médicaux (le dossier individuel doit être conservé 50 ans après la fin de l'exposition).
- La prévention des rayonnements ionisants est un chapitre à part du code du travail par rapport aux ACD. Règlementairement, il n'a jamais été prévu d'attestation d'exposition pour la mise en place du suivi post-professionnel, même si cela a pu être réalisé antérieurement.

Prévention

Prévention collective

Il est de la responsabilité de l'employeur :

- D'assurer la délimitation des zones de travail : zone contrôlée, d'accès réglementé (dose efficace > 6 mSv /an ou dose équivalente $> 3/10$ ème des limites annuelles fixées).
- Zone surveillée : (dose efficace > 1 mSv /an ou dose équivalente $> 1/10$ ème des limites annuelles fixées).
En fonction du débit de dose on parle de zones blanche, verte, orange (2-100 mSv /h), rouge (> 100 mSv /h).
- De mettre en place un service ou de nommer une personne compétente en radioprotection.
- D'assurer la formation à la radioprotection des travailleurs exposés (à renouveler tous les 3 ans au moins).

Méthodes de travail permettant une réduction des doses :

- Agir sur le facteur temps : limiter au maximum les durées d'exposition, répéter » à froid » les tâches ou manipulations les plus dangereuses...
- Agir sur le facteur distance : utilisation d'appareillages de manipulation à distance, ou de grande longueur.
- Interpositions d'écrans entre les sources et les opérateurs : plomb, eau..
- Délimitation et balisage des zones de travail (contrôlées et surveillées), signalisation des sources ou des débits de dose.

Contrôles réguliers d'ambiance, des plans de travail ou matériels, du personnel (vêtements, corps).

- Gestion correcte des déchets.

Prévention individuelle

Port des équipements de protection appropriés fournis par l'employeur : gants, calot, chaussures, chaussettes, combinaison blanche, combinaison étanche ventilée (protection vis à vis de la contamination interne).

Réparation

TRG n° 6.

Secours

Présence en centrale nucléaire de secouristes formés au secourisme collectif.

Remarques

- Décret du 15-3-67 modifié le 2-10-86 et le 19-9-91 : « protection des travailleurs contre les dangers des RI hors installations nucléaires de base (INB) ».
- Décret du 28-4-75 modifié le 13-2-97 : « protection des travailleurs contre les dangers des RI dans les INB ». Ce dernier texte crée un chapitre IV bis intitulé « dispositions particulières applicables aux travailleurs des entreprises extérieures ». Désormais, la surveillance médicale de ceux-ci doit être assurée dans des services médicaux du travail spécialement habilités par la DIRECCTE, et par des médecins du travail ayant reçu une formation spécifique (arrêté du 25-5-97), et suivant une formation continue.

Rappel : INB (installations nucléaires de base fixes) = réacteurs nucléaires (à l'exception de ceux qui font partie d'un moyen de transport), les accélérateurs de particules, les usines de préparation, de fabrication ou de transformation de substances radioactives, les installations destinées au stockage, au dépôt ou à l'utilisation de substances radioactives, y compris les déchets.

La surveillance médicale des salariés exposés aux RI hors INB ne requiert pas de formation spécifique du médecin du travail.

- Arrêté du 28-8-91 : « recommandations aux médecins exerçant la surveillance médicale des travailleurs exposés aux RI ».
- Décret 98-1185 du 24-12-98 modifiant le décret du 28-4-75 relatif à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants dans les INB.
- Arrêté du 23-3-99 précisant les règles de la dosimétrie externe des travailleurs affectés à des travaux sous rayonnements.
- Décret du 8-3-01 relatif aux principes généraux de protection contre les RI.

- Décret du 4-4-02 relatif à la protection générale des personnes contre les dangers des RI.
- Décret 2003-296 du 31-3-03 relatif à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants.
- Arrêté du 17 juillet 2013 relatif à la carte individuelle de suivi médical et au suivi dosimétrique des travailleurs exposés au RI, abrogeant l'Arrêté du 30/12/04.

Quelques rappels

La dose absorbée est la quantité d'énergie communiquée à la matière par unité de masse. L'unité est le gray (Gy) (auparavant le rad $1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$).

L'équivalent de dose ou dose équivalente est égale à la dose absorbée multipliée par le facteur de qualité (qui tient compte de la nature du rayonnement et des conditions d'exposition, et par conséquent des effets biologiques du rayonnement). L'unité est le Sievert (Sv) (auparavant le rem $1 \text{ rem} = 10 \text{ mSv}$).

La dose efficace (en Sv) est la somme des doses équivalentes pondérées délivrées par l'exposition interne et externe aux différents tissus et organes du corps.

Bibliographie

EXPOSITION PROFESSIONNELLE AUX RAYONNEMENTS IONISANTS EN FRANCE. BILAN 2012. RAPPORT PRP-HOM , INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SURETE NUCLEAIRE, 2013, p. 1-104

Le médecin et le risque nucléaire , LA REVUE DU PRATICIEN, supplément au n° 6, 1995
 ABADIA G., GIMENEZ C., Effets des rayonnements ionisants , ENCYCLOPEDIE MEDICO CHIRURGICALE TOXICOLOGIE PATHOLOGIE PROFESSIONNELLE, 16510-A, 1994, 8p
 ABECASSIS J.C., Le risque nucléaire dans le BTP , REVUE DE MEDECINE DU TRAVAIL, N° 4, 1998, p. 229-237

ASSOCIATION DES MEDECINS DU TRAVAIL DES SALARIES DU NUCLEAIRE, RAYONNEMENTS IONISANTS ET SANTE AU TRAVAIL EN INB. PLAQUETTE , AMTSN, 2012, p. 1-8

BERTIN M., Les effets biologiques des rayonnements ionisants, Saint-Etienne : Gedim, nouvelle édition , 1991, 362p

LE GUEN R., MASSE R., EFFETS DES FAIBLES DOSES DES RAYONNEMENTS IONISANTS , ENCYCLOPEDIE MEDICO CHIRURGICALE PATHOLOGIE PROFESSIONNELLE ET DE L'ENVIRONNEMENT, 2007, p. 1-13

LE-GUEN B., CORDIER G., CABANES P.-A., RADIOPROTECTION , ENCYCLOPEDIE MEDICO CHIRURGICALE PATHOLOGIE PROFESSIONNELLE ET DE L'ENVIRONNEMENT, N° 4, 2014, p. 1-13

THEBAUD MONY A., L'industrie nucléaire : sous traitance et servitude , INSERM, 2000

Mots-clés

CANCER, CANCEROGENE, CENTRALE NUCLEAIRE, DATR, INB, RADIATION, RAYONNEMENT IONISANT