

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	4
I. Généralités sur les rayonnements.....	5
I.1. Définition du rayonnement	5
I.2. Classification des radiations	5
I.2.1. Selon la nature physique	5
I.2.2. Selon les effets sur la matière	6
I.3. Sources des rayonnements ionisants	8
II. Radiobiologie.....	12
II.1. Définition	12
II.2. Les différentes formes d'exposition	12
II.2.1. Exposition externe	12
II.2.2. Exposition interne	12
II.3. Les différentes étapes	13
II.3.1. Etape physique	13
II.3.2. Etape physico chimique.....	13
II.3.3. Etape biologique.....	14
III.1. Définition	17
III.2. L'effet de l'irradiation chez l'homme	17
III.2.1. Effets déterministes	17
III.2.2. Effets stochastiques.....	17
III. Radioprotection.....	19
IV.1. Définition.....	19
IV.2. Indicateurs d'exposition en radioprotection.....	19
IV.3. Principes fondamentaux de la radioprotection	20
IV.4. Normes de radioprotection.....	21
IV.5. Moyens de protection contre les rayonnements ionisants	25
IV.6. Organismes de radioprotection	26
DEUXIEME PARTIE : ETUDE PERSONNELLE.....	29
I. Objectifs.....	30
I.1. Objectif général	30
I.2. Objectifs spécifiques.....	30
II. Cadre d'étude	30
III. Matériel et méthode	31
III.1. Type d'étude.....	31

III.2. Population d'étude	31
III.2.1. Critères d'inclusion	31
III.2.2. Critères d'exclusion	31
III.3. Déroulement de l'étude	31
IV. Résultats	32
IV.1. Sources de rayonnement et utilisation	32
IV.2. Principaux examens d'imagerie	33
IV.2.1. Radiographies standards	33
IV.2.2. Examens scannographiques	34
IV.2.3. Mammographie	35
IV.2.4. Examen panoramique dentaire	36
IV.2.5. Examens spéciaux	36
IV.2.6 Scintigraphie	37
IV.3. Moyens de protection des travailleurs contre les rayonnements	37
V. COMMENTAIRES	40
V.1. Sources de rayonnement	40
V.2. Principales structures sanitaires	40
V.2.1. Hôpital principal de Dakar	40
V.2.2. Hôpital de Fann	41
V.2.3. Hôpital Le Dantec	41
V.2.4. Hôpital Abass Ndao	42
V.2.5. Hôpital Général de Grand Yoff	42
V.2.6. Centre de Ouakam	42
V.2.7. Centre hospitalier national de Pikine, ENDSS et SAMU Municipal	43
V.2.8. Centres privés de radiologie	43
CONCLUSION	45
Références bibliographiques	49

Abréviations

AIEA : Agence Internationale de l'Energie Atomique

ARSN : Autorité de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire

ASN : Autorité de Sûreté Nucléaire

CE : Commission européenne

CIPR : Commission Internationale de Protection Radiologique (ICRP)

Cl: Clinique

DATR: personnels directement affectés à des travaux sous radiations ionisantes

ENDSS : Ecole National pour le Développement Sanitaire et Social

EURATOM: ou CEEA, Communauté européenne de l'énergie atomique

IRSN : Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire

PCR: Personne Compétente en Radioprotection

REM: rayonnement électromagnétique

SAMU : Service d'Assistance Médicale et d'Urgence

TGOD: Transit gastroduodéal

UCR: Uréthrocystographie

UIV : Urographie intraveineuse

UNSCEAR : Comité Scientifique des Nations-Unies pour l'Etude des Effets de Rayonnements Ionisants ou United Nation Scientific Committee for the Study of the Effets of Atomic Radiation)

LISTE DES FIGURES

<u>Figure 1</u> : les radiations émises par les atomes.....	7
<u>Figure 2</u> : répartition des principales sources d'exposition naturelles et artificielles.....	9
<u>Figure 3</u> : principales sources d'irradiation artificielle.....	10
<u>Figure 4</u> : Chronologie des évènements radiobiologiques.....	10
<u>Figure 5</u> : De l'ionisation aux conséquences biologiques de l'irradiation	18
<u>Figure 6</u> : Liens entre les organismes internationaux	28
<u>Figure 7</u> : Répartition des radiographies standards en fonction des différents centres d'imagerie.....	33
<u>Figure 8</u> : Répartition des scannographies en fonction des différents centres d'imagerie.	34
<u>Figure 9</u> : Répartition des mammographies par jour en fonction des différents centres d'imagerie.....	35
<u>Figure 10</u> : Répartition des examens spéciaux par jour en fonction des différents centres d'imagerie.....	36

LISTE DES TABLEAUX

<u>Tableau I</u> : Durée d'exposition naturelle par examen radiologique	11
<u>Tableau II</u> : Règlement et consignes dans les zones contrôlées	24
<u>Tableau III</u> : moyens de protection contre les rayonnements selon les centres de radiologie....	38
<u>Tableau IV</u> : moyens de protection contre les rayonnements suivant les centres de radiologie	39

INTRODUCTION

Les rayons x et γ sont des rayonnements électromagnétiques caractérisés par de faible longueur d'onde et par conséquent de forte énergie. Ces deux rayonnements diffèrent par leur origine. En effet les rayons x sont d'origine extranucléaire (cortège électronique) alors que les rayons gamma sont d'origine nucléaire.

Depuis la découverte des rayons x par Wilhelm Konrad Röntgen en 1895 et celle des rayons γ par Paul Villard en 1900, les phénomènes des rayonnements n'ont cessé de susciter un vif intérêt mêlé d'inquiétude (*Bo. Lindell*).

Le caractère ionisant de ces rayonnements fait qu'ils entraînent des cascades de réactions dans l'organisme pouvant aboutir à une mort cellulaire ou un désordre absurde à l'origine des mutations génétiques ou à des phénomènes de cancérisation. On distingue des effets à seuil (déterministes) et des effets aléatoires (stochastiques).

La conséquence de ces radiations a été rencontrée chez les radiologues qui pratiquaient la radioscopie. Ainsi, en 1896 Thomson a décrit les premières brûlures dues aux rayons x et en 1901 Rollins a montré les effets létaux de ces radiations sur les mammifères mais également leurs effets sur le fœtus en 1902 (*B. Le Guen, R. Masse*). En 1904, le premier décès suivant une surexposition aux rayons x est annoncé, peu de temps après qu'on ait découvert leur intérêt pour le traitement du cancer. Des études ont montré (*B.Lindell*) qu'en 1939 que l'incidence des leucémies chez les radiologues était 10 fois plus importante que celle des autres médecins. Dans le domaine du nucléaire, la famille Curie a été dévastée par la radioactivité.

Cependant il existe un contraste saisissant entre les effets néfastes de ces rayonnements ionisants et leurs nombreuses applications en radiologie (radiodiagnostic), en médecine nucléaire et en radiothérapie.

C'est pourquoi un compromis était nécessaire pour utiliser ces rayonnements ionisants dangereux pour l'espèce humaine et leur utilisation à visée diagnostique et thérapeutique. Comme toute exposition à des rayonnements ionisants, aussi faible soit-elle, peut entraîner des risques pour la

santé du travailleur des mesures sont donc à prévoir pour supprimer ou limiter autant que possible les expositions, et ce dans toutes les situations où des travailleurs sont susceptibles d'être exposés.

Dès lors, les radioprotectionnistes ont collaboré à l'établissement d'une base scientifique permettant de décrire les risques liés aux rayonnements, de recommander les principales pratiques de protection contre ces risques et d'élaborer des normes internationales et des règlements nationaux mais aussi internationaux dans ce domaine (*Edward N.Lazo*).

Pour l'essentiel, l'objectif premier de la radioprotection vise à protéger l'homme des effets délétères des rayonnements ionisants à travers une bonne éducation et formation afin d'assurer un niveau approprié de protection des populations et de l'environnement contre les effets néfastes de l'exposition aux rayonnements sans inutilement limiter les activités souhaitables qui peuvent être associées à cette exposition. Pour aider à la réalisation de cet objectif, trois principes ont été élaborés, à savoir la justification des activités, l'optimisation de la protection et la limitation des expositions. Depuis lors, plusieurs organismes se sont attelés à la tâche en l'occurrence UNSCEAR, CIPR, EURATOM, AIEA.

Le but de ce travail est de :

- étudier les conditions dans lesquelles, les radiologues, médecins nucléaires et radiothérapeutes travaillent
- voir leurs moyens de protection contre les rayonnements
- donner des recommandations conformes avec les normes en vigueur pour une bonne organisation de la radioprotection.

Le plan que nous avons adopté comprend une étude bibliographique suivi d'une étude personnelle basée sur une fiche d'enquête menée sur les lieux du travail. Une analyse critique des résultats a été faite avant d'établir des recommandations conformes avec les normes en vigueur pour une bonne organisation de la radioprotection.

PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Généralités sur les rayonnements

I.1. Définition du rayonnement

Le rayonnement est un transfert d'énergie émis dans l'espace à partir de la matière. Ces rayonnements sont classés selon la nature physique et leurs caractères ionisants. L'ionisation consiste à arracher des électrons aux atomes constituant la matière après un transfert d'énergie suffisante, supérieure à son énergie de liaison. (*P.Pascal et al*).

I.2. Classification des radiations

I.2.1. Selon la nature physique

On distingue les rayonnements électromagnétiques (rem) et les rayonnements particuliers.

Les rayonnements électromagnétiques ou REM comprennent les rayonnements cosmiques, γ , x , les ultraviolets, la lumière visible, les infrarouges et les ondes hertziens. Ces rayonnements présentent un double aspect ondulatoire et corpusculaire.

-Aspect ondulatoire : l'onde électromagnétique est définie par une longueur d'onde, une fréquence et une période. Les rayonnements électromagnétiques diffèrent les uns des autres par leur longueur d'onde. Plus elle est petite plus ces rayonnements sont dits pénétrants (*P.Pascal et al*).

-Aspect corpusculaire: Ce sont des échanges d'énergie (absorption, émission) entre rayonnements et matière par quantités discontinues, multiples d'une quantité élémentaire : le photon

Les rayonnements particuliers sont représentés par les rayonnements α et β mais aussi les neutrons.

-Aspect ondulatoire : à chaque particule en mouvement est associée une onde de De Broglie.

-Aspect corpusculaire : chaque particule est caractérisée par une masse, une vitesse, une charge électrique et une énergie E.

I.2.2. Selon les effets sur la matière

On distingue les rayonnements non ionisants et les rayonnements ionisants.

Les rayonnements particuliers chargés, sont directement ionisants alors que ceux qui ne sont pas chargés (les neutrons) sont indirectement ionisants. On a :

- **rayonnement alpha** : Les particules α portent une charge positive et du fait de leur taille et de leur charge, ces particules peuvent à peine pénétrer dans la peau et sont complètement arrêtées par une feuille de papier.
- **rayonnement bêta** : Les particules β sont des électrons de grande énergie éjectés du noyau d'un atome dont la charge est négative. Elles sont plus pénétrantes que les α . Il est néanmoins possible de les arrêter avec une protection minimale, comme une feuille de plastique.
- **neutrons**: Le rayonnement neutronique se produit lorsque des neutrons sont éjectés du noyau par fission nucléaire et par d'autres processus. La réaction nucléaire en chaîne est un exemple de fission nucléaire, où un neutron éjecté d'un atome en fission provoque la fission d'un autre atome, qui éjecte encore plus de neutrons. Contrairement aux autres rayonnements, le rayonnement neutronique est absorbé par des matériaux qui comportent beaucoup d'atomes d'hydrogène, comme la paraffine et les plastiques.

Les rayonnements électromagnétiques ionisants (ultraviolet, rayons x , rayons cosmiques) sont indirectement ionisants par la mise en mouvement de particules et les non ionisants (ondes radio, lumière visible, infrarouge, micro-ondes) sont quant à eux caractérisés par une grande longueur d'onde.

On a :

- **rayonnement gamma** : Le rayonnement γ est un type de rayonnement très pénétrant. Il est généralement émis immédiatement après l'éjection d'une particule alpha ou bêta du noyau d'un atome. Il peut pénétrer dans le corps humain, mais peut être absorbé par des matériaux plus denses comme le béton ou le plomb.

- **rayons x** : Les rayons x se comparent aux rayons γ et sont essentiellement produits par des moyens artificiels plutôt que par des substances radioactives.

(www.suretenucleaire.gc.ca)

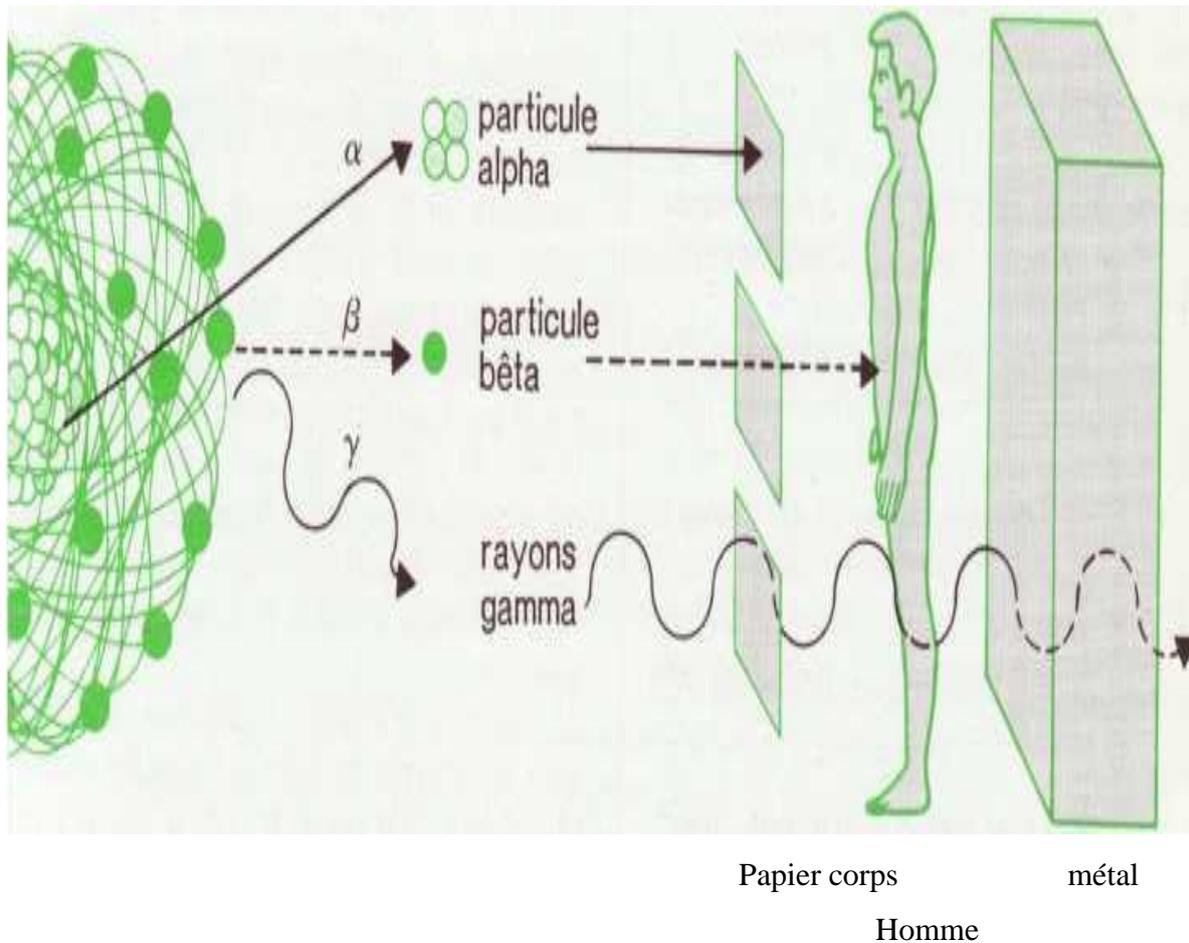


Figure 1 : les radiations émises par les atomes

Les radiations émises par les atomes ont des capacités différentes. En effet, les particules alpha sont arrêtées par une feuille de papier. Les particules bêta sont arrêtées par quelques centimètres de plexiglas ou de tissu vivant. Les rayons gamma traversent les tissus mais sont arrêtés par une épaisse couche de plomb ou de béton.

I.3. Sources des rayonnements ionisants

L'origine des expositions aux radiations ionisantes peut être naturelle ou artificielle. La radioactivité naturelle provient des rayons cosmiques et des éléments radioactifs naturellement présents dans l'environnement. Elle varie fortement en fonction des endroits. Le rayonnement cosmique provient de l'espace et augmente rapidement avec l'altitude. La radioactivité d'origine tellurique, présente dans l'environnement, provient de la croûte terrestre où, depuis l'origine de la terre, demeurent les isotopes instables d'éléments de très longues demi-vies physiques, et des matériaux de construction obtenus à partir d'éléments extraits du sol.

Le principal élément radioactif inhalé est le gaz « radon » qui provient essentiellement de la désintégration de l'uranium présent dans la couche terrestre. Les descendants radioactifs du radon émettent des particules α qui irradient les cellules les plus sensibles. Les autres éléments radioactifs ingérés sont principalement : le potassium 40, le rubidium 81, le carbone 14 et les éléments de la famille de l'uranium et du thorium. Ces radionucléides de la croûte terrestre et ceux créés par les rayonnements cosmiques (essentiellement le carbone 14) sont naturellement présents dans les plantes et les animaux mais aussi dans l'eau. Nos aliments et nos boissons sont par conséquent légèrement radioactifs. (www.suretenucleaire.gc.ca)

Naturelle : 2,4 mSv/an

- ✓ Cosmique et tellurique
- ✓ Interne ++ (^{14}C , ^{40}K , ^{222}Rn)
- ✓ Externe
(^{238}U , ^{232}Th , ^{235}Ac)

Artificielle : 1,1 mSv/an

-Médicale

- ✓ Externe ++ (RX, Rg)
- ✓ Interne + (médecine nucléaire)

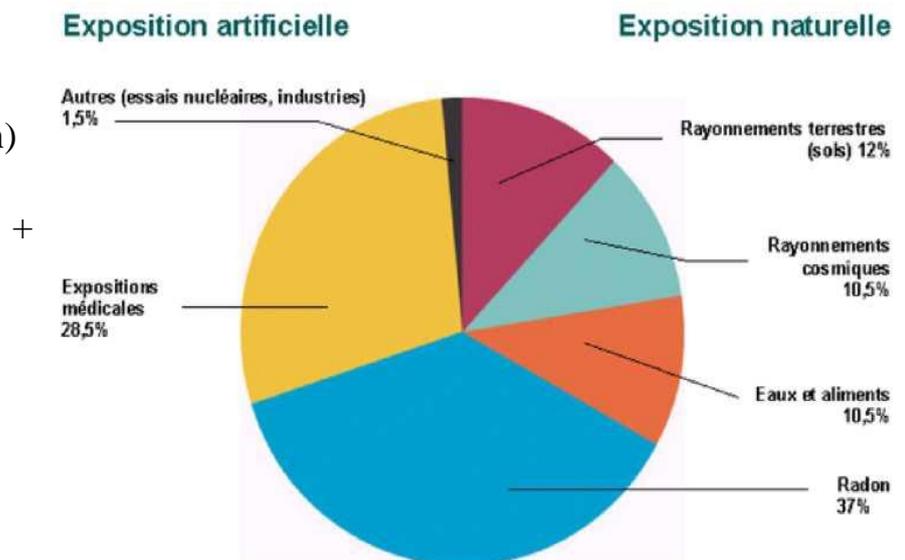


Figure 2: répartition des principales sources d'exposition naturelles et artificielles

Source : www.laradioactivité.com

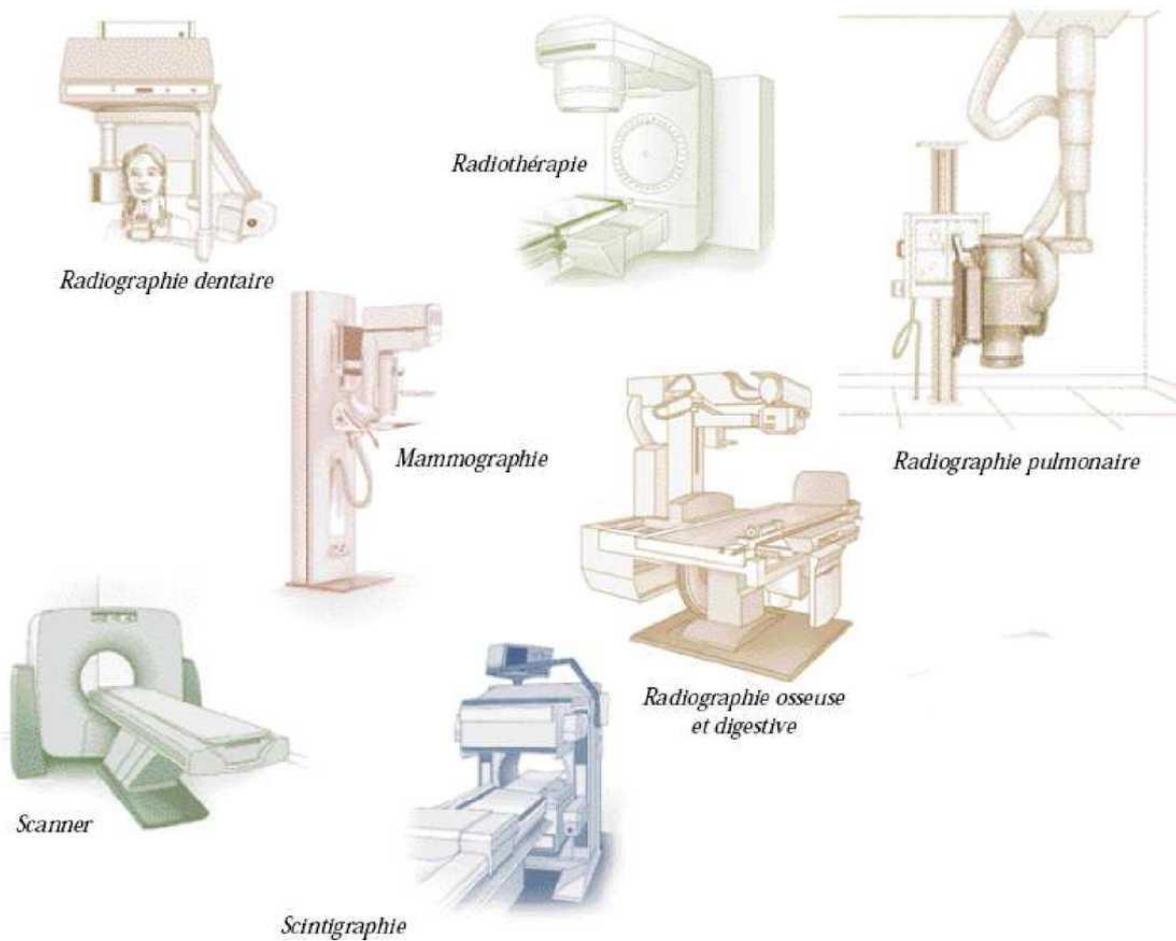


Figure 3 : principales sources d'irradiation artificielle

Tableau I: Durée d'exposition naturelle par examen radiologique

© National Radiological Protection Board

<i>Examens radiologiques</i>	<i>Dose efficace moyenne</i>	<i>Nombre équivalent de clichés</i>	<i>Durée équivalente d'exposition</i>
<i>Membres articulations</i>	<i>et < 0,01</i>	<i>< 0,5</i>	<i>< 1,5 jour</i>
<i>Thorax (1 cliché postéro-antérieur)</i>	<i>0,02</i>	<i>1</i>	<i>3 jours</i>
<i>Crâne</i>	<i>0,07</i>	<i>3,5</i>	<i>11 jours</i>
<i>Rachis dorsal</i>	<i>0,7</i>	<i>35</i>	<i>4 mois</i>
<i>Rachis lombaire</i>	<i>1,3</i>	<i>65</i>	<i>7 mois</i>
<i>Hanche</i>	<i>0,3</i>	<i>15</i>	<i>7 semaines</i>
<i>Bassin</i>	<i>0,7</i>	<i>35</i>	<i>4 mois</i>
<i>Abdomen sans préparation</i>	<i>1,0</i>	<i>50</i>	<i>6 mois</i>
<i>Urographie intraveineuse</i>	<i>2,5</i>	<i>125</i>	<i>14 mois</i>
<i>Transit gastroduodéal</i>	<i>3</i>	<i>150</i>	<i>16 mois</i>
<i>Lavement baryté</i>	<i>7</i>	<i>350</i>	<i>3,2 ans</i>
<i>Scanographie crânienne</i>	<i>2,3</i>	<i>115</i>	<i>1 <an</i>
<i>Scanographie thoracique</i>	<i>8</i>	<i>400</i>	<i>3,6 ans</i>
<i>Scanner abdomino-pelvien</i>	<i>10</i>	<i>500</i>	<i>4,5 ans</i>

II. Radiobiologie

II.1. Définition

La radiobiologie est l'étude des effets des rayonnements (notamment des rayonnements ionisants) sur les êtres vivants, des moyens de s'en préserver, des traitements à suivre en cas d'irradiation et de leur emploi pour procéder à des investigations dans le corps humain.

II.2. Les différentes formes d'exposition

II.2.1. Exposition externe

C'est l'exposition résultant du dépôt de substances radioactives sur la peau, les cheveux...par exemple à la suite d'un contact avec un objet contenant de telles substances libres. (*www.asn.fr*)

En milieu professionnel, l'exposition des travailleurs est essentiellement externe (avec ou sans contact cutané). En effet, les expositions sont pour l'essentiel médicales lors, des irradiations thérapeutiques utilisées par exemple dans le traitement des cancers, du radiodiagnostic qui comprend les radiographies classiques, les scanners, de l'imagerie par résonance magnétique (IRM) mais aussi l'injection de produits radioactifs comme par exemple le technétium pour l'exploration des fonctions pulmonaires.

II.2.2. Exposition interne

Une irradiation interne se produit suite à l'incorporation d'un radionucléide dans le corps humain. Celle-ci peut être accidentelle, on parle alors de contamination, ou délibérée, comme par exemple en médecine nucléaire, où les rayonnements émis sont utilisés à des fins diagnostiques ou thérapeutiques.

L'absorption des radionucléides peut se faire par voie respiratoire (inhalation), par voie digestive (ingestion), par voie cutanée.

Les voies respiratoires sont les plus directes et les plus dangereuses, ce sont les voies habituelles de contamination interne pour les travailleurs. Les poussières,

les aérosols ou les gaz, pénètrent avec l'air dans les poumons au moment de l'inspiration. Ils peuvent s'y déposer, s'y accumuler et passer dans la circulation sanguine pour atteindre certains organes cibles.

Les voies digestives se présentent le plus souvent dans les activités professionnelles comme des voies de contamination complémentaire aux voies respiratoires. L'absorption par ces voies peut également être consécutive à une contamination cutanée.

Les voies directes par blessure où la contamination se fait par le sang et des quantités importantes de radioéléments peuvent ainsi pénétrer dans l'organisme.

Les voies transcutanées sont aussi susceptibles d'être le lieu de passage des radioéléments. En effet, il arrive que la peau saine laisse passer certains radioéléments se présentant sous une forme chimique déterminée.

L'exposition interne dure tant que les substances radioactives demeurent dans le corps ; elle diminue avec le temps en fonction de la décroissance radioactive des radioéléments incorporés et de leur élimination naturelle par excrétion.

II.3. Les différentes étapes

L'action des radiations ionisantes dans les tissus est un processus complexe et hétérogène qui se déroule chronologiquement selon trois phases :

II.3.1. Etape physique

Elle est relativement courte (quelques secondes seulement) et est caractérisée par des ionisations et des excitations moléculaires faisant suite au dépôt d'énergie lors de la traversée du faisceau.

II.3.2. Etape physico chimique

Elle dure quelques secondes à quelques minutes. Les molécules ionisées et excitées lors de la phase physique réagissent entre elles et avec les molécules voisines. L'effet direct dont la cible est représentée par les macromolécules

cellulaires, notamment l'ADN, est distingué de l'effet indirect qui est la conséquence des réactions entre les macromolécules et les radicaux libres issus de la radiolyse de l'eau (page 18.....).

En présence d'oxygène, des espèces radicalaires à fort pouvoir oxydant sont formées et interagissent pour aboutir à la formation d'eau oxygénée, particulièrement oxydante. De ce fait, une irradiation pratiquée en présence d'oxygène va générer la formation d'un plus grand nombre de molécules d'eau oxygénée qu'en conditions hypoxiques.

II.3.3. Etape biologique

L'irradiation entraîne de nombreux dommages sur les systèmes biologiques. Les rayonnements provoquent, sur les cibles biologiques, des réactions d'ionisations, d'excitations ainsi que d'autres modifications moléculaires (*Booz, Paretzke et al. 1987*). En effet, les effets biologiques des rayonnements ionisants sont essentiellement liés à la radiolyse de l'eau qui représente environ 80% de la masse des organismes vivants. La radiolyse de l'eau génère des radicaux libres hautement réactifs comme le radical hydroxyle (OH) qui vont être responsables de la radiolyse indirecte des molécules cellulaires clefs que sont l'ADN, les protéines et les lipides. Ces cibles font également dans une moindre mesure l'objet d'une radiolyse directe par les radiations ionisantes.

L'ionisation et l'excitation provoquées par les rayonnements ionisants correspondent à un apport important d'énergie aux molécules biologiques. Cette augmentation d'énergie va déstabiliser l'équilibre des liaisons de covalence des molécules et altérer leur structure, avec pour conséquence ultime l'altération fonctionnelle de ces molécules.

Les dommages de l'irradiation sur les chromosomes ont été caractérisés depuis de longues années et constituent encore actuellement un large domaine d'étude. (*Lloyd, Purrott et al. 1975*) (*Pohl-Ruling, Fischer et al. 1986*) (*Ballarini, Biaggi et al. 2002*) (*Ballarini and Ottolenghi 2003*). L'ADN est une des cibles principales des radiations ionisantes (*Nygren, Ljungman et al. 1995*) (*Friedland,*

Bernhardt et al. 2002). La mort cellulaire survient à des doses d'irradiation beaucoup plus faibles et à une fréquence beaucoup plus grande lorsque l'irradiation touche le noyau.

En effet, les lésions cellulaires responsables de la létalité sont surtout celles qui surviennent sur l'ADN (*Friedland, Jacob et al. 2006*).

Pour les protéines, il existe une modification radio-induite de la structure protéique qui conduit à des perturbations de la physiologie cellulaire pouvant contribuer au processus final de létalité. Les points d'impact sont très nombreux mais les doses nécessaires pour modifier les protéines sont supérieures à celles capables de tuer les cellules.

Quant aux lipides, l'irradiation des membranes cellulaires induit la formation de radicaux libres ; lesquels sont aptes à fixer l'oxygène moléculaire, entraînant une peroxydation des lipides et donc une diminution de la fluidité membranaire. Cependant les membranes sont souvent pourvues d'agents antioxydants comme la vitamine E ou le glutathion réduit qui empêchent la propagation de ces réactions.

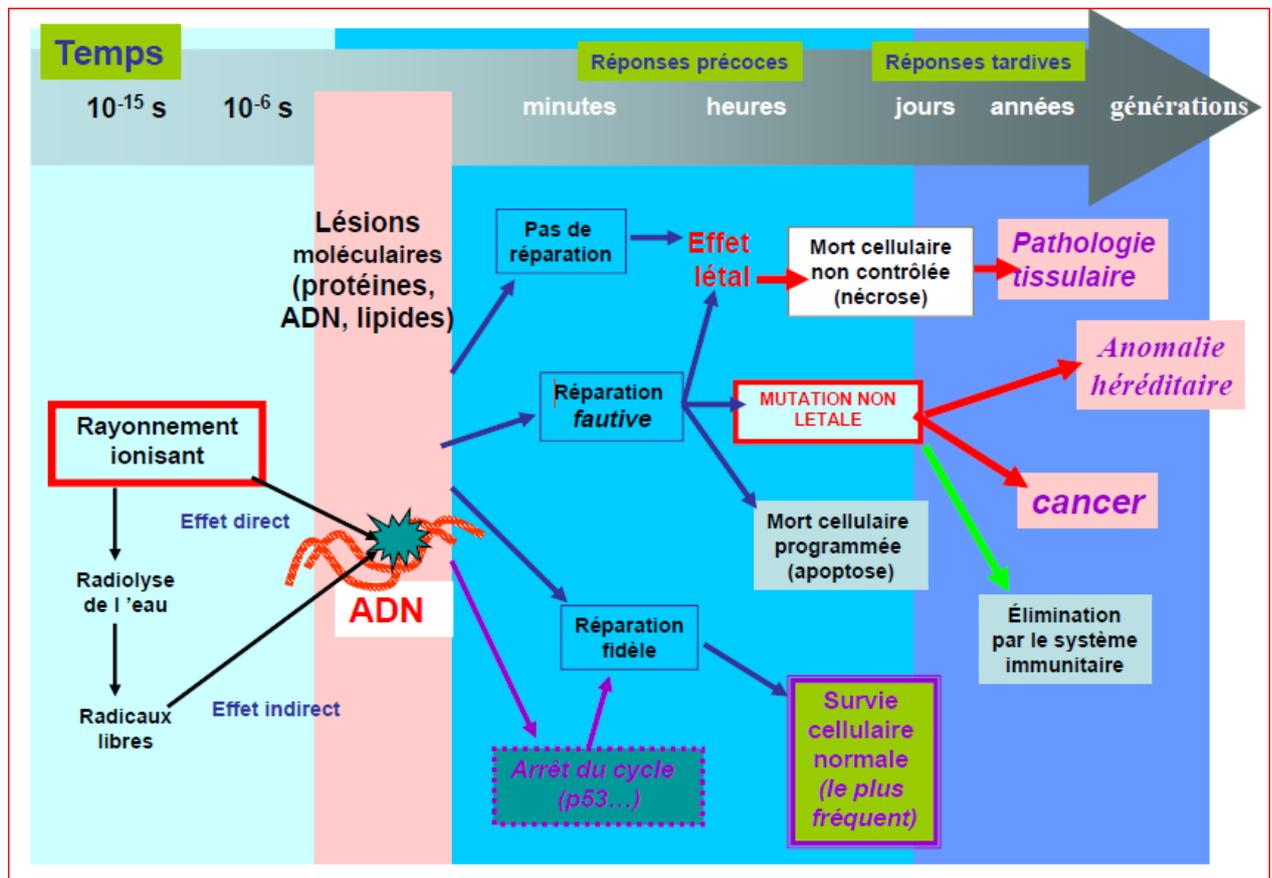


Figure 4 : Chronologie des évènements radiobiologiques

Les rayonnements ionisants induisent des modifications sur l'ADN et peuvent avoir des conséquences multiples sur les cellules et au niveau des tissus. Source : www.sante.ujf-grenoble.fr

Radiopathologie

III.1. Définition

La radiopathologie est la branche de la médecine qui étudie les maladies résultant d'une exposition aux radiations ionisantes, comme les rayons x et les rayons γ . (*Man.-Man. Méd. 1980*).

III.2. L'effet de l'irradiation chez l'homme

Les effets des radiations ionisantes sur l'homme sont nombreux et variés et on peut les classer selon différents critères (*P.Pascal-Suisse et al*). En effet, lorsque le tissu vivant est exposé à des rayonnements ionisants quelle que soit leur source, il se produit un transfert d'énergie du rayonnement aux molécules de la cellule, ce qui peut déclencher une altération des fonctions normales (*Bo Lindell et R.Lowry Dobson*). Par conséquent, les effets d'un rayonnement ionisant dépendent de sa nature, de la dose absorbée mais aussi de l'organe touché. Ainsi, toute dose, aussi faible soit-elle, peut entraîner un risque accru de cancer (*UNSCEAR 2000*). En pratique on distingue deux grandes catégories :

III.2.1. Effets déterministes

Ce sont des effets obligatoires. Ils entraînent à partir d'un certain seuil des effets somatiques pouvant être précoces ou tardifs (*J.Levot et al*). Leur gravité est liée à la dose et ils sont parfois réversibles.

Leur action est le plus souvent rapide et des complications sont possibles. Ils s'observent généralement à partir d'une certaine dose seuil et le mécanisme de leur survenue est souvent bien connu.

Ils peuvent être responsables de brûlures radiologiques, d'aplasie médullaire, de stérilité masculine temporaire, de nausées, d'asthénie.

III.2.2. Effets stochastiques

Contrairement aux effets déterministes, ils nécessitent des expositions faibles ou moyennes. Ces effets probabilistes concernent la personne irradiée

avec des retentissements possibles sur la descendance. C'est l'exemple des effets cancérigènes ou certains effets tératogènes.

Ce sont des effets toujours graves, irréversibles et dont l'expression est souvent tardive. Il est admis qu'ils ne possèdent pas de seuil car il est impossible d'affirmer l'absence d'effet des faibles doses (*Abel J.Gonzalez rapport de l'UNSCEAR pour 1994*).

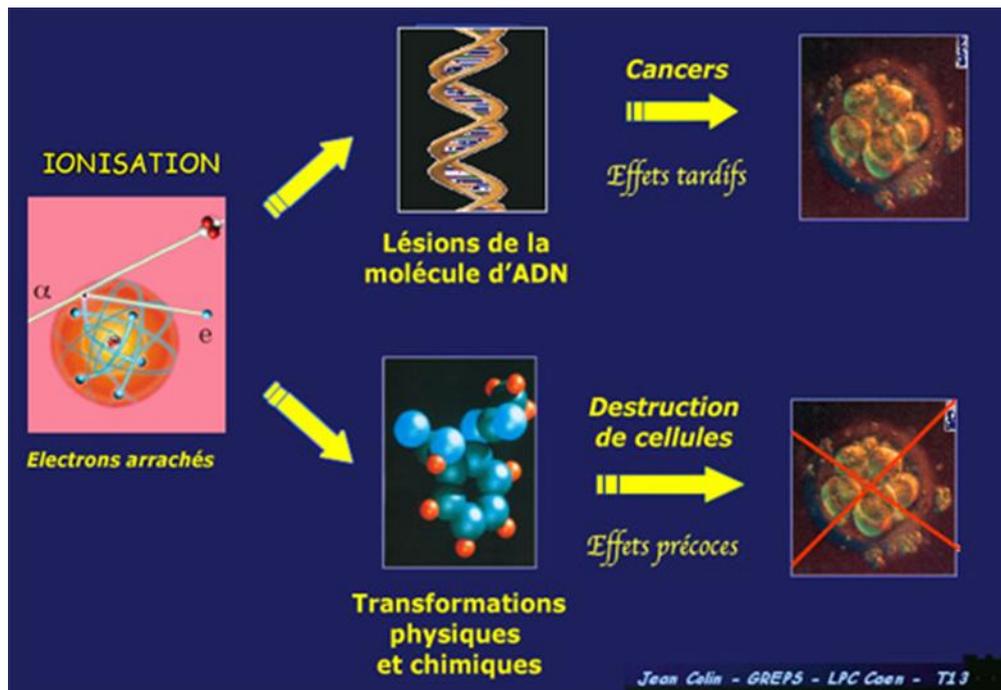


Figure 5 : De l'ionisation aux conséquences biologiques de l'irradiation

Les conséquences biologiques les plus importantes des radiations sont essentiellement dues aux lésions des molécules d'ADN.

La dissociation de molécules simples comme l'eau, très abondante dans le corps humain, libère aussi des radicaux libres très actifs chimiquement et donc agressifs. La gravité des effets dépend de la densité des ionisations dans le milieu. Les effets sont d'autant plus importants que l'énergie déposée dans le milieu est importante et localisée dans l'espace et dans le temps.

IN2P3/NEPAL (Source Jean Colin)

III. Radioprotection

IV.1. Définition

La radioprotection est l'ensemble des règles, des procédures et des moyens de prévention et de surveillance visant à empêcher ou à réduire les effets nocifs des rayonnements ionisants produits sur les personnes, directement ou indirectement, y compris les atteintes à l'environnement.

(Loi 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire)

IV.2. Indicateurs d'exposition en radioprotection

Pour prévoir les effets d'une exposition aux rayonnements ionisants, il faut pouvoir quantifier celle-ci grâce à des grandeurs définies possédant chacune une unité précise. L'unité utilisée est le sievert (Sv).

Le sievert (Sv) est l'unité dérivée du système international utilisée pour mesurer une dose équivalente, une dose efficace, c'est-à-dire pour évaluer quantitativement l'impact biologique d'une exposition à des rayonnements ionisants.

La dose absorbée : elle correspond à la quantité d'énergie absorbée par unité de masse de matière irradiée. La dose absorbée D est une grandeur physique qui s'applique à tous les rayonnements. L'unité de la dose absorbée est le Gray (Gy) et un gray équivaut à la quantité de rayonnement requise pour qu'une énergie de 1 joule (J) soit absorbée dans 1 kilogramme de matière. (*CIPR 60*)

Pour un rayonnement incident donné, la valeur de la dose absorbée varie en fonction de sa profondeur dans la matière irradiée. La dose absorbée ne permet pas de prévoir, seule, les conséquences sanitaires des expositions humaines.

Le débit de dose absorbée : c'est le quotient de la dose absorbée pendant un temps t donné. Il s'exprime en Gy/s. (*publication CIPR 60*)

La dose équivalente : la dose équivalente notée H est une grandeur radiobiologique qui correspond à la dose absorbée (D) multipliée par un facteur de pondération (w_r) qui tient compte des dommages induits sur les tissus

biologiques.

L'unité de la dose équivalente est le Sievert (Sv). (*publication CIPR 60*)

$$H = D \cdot W_r$$

où W_r est une estimation de l'importance des dommages biologiques causés par 1 Gy du type de rayonnement concerné.

La dose efficace : notée E , est déterminée en sommant les doses équivalentes pour chacun des tissus T , pondérées par un facteur W_t ou facteur de pondération tissulaire qui tient compte de sa sensibilité et de l'importance du détriment sanitaire qui peut s'y manifester. (*publication CIPR 60*)

$$E = \sum H \cdot W_t$$

La dose efficace est une grandeur radio biologique qui représente un indicateur du risque global. En effet, elle concerne l'organisme entier et constitue aujourd'hui l'indicateur de gestion utilisé dans le domaine de la radioprotection des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants. L'unité de la dose efficace est le sievert.

Les effets sanitaires et les probabilités d'apparition (risques) pour une même dose équivalente H peuvent varier. La dose efficace E permet de combiner les doses délivrées à plusieurs tissus ou organes différents et d'obtenir une estimation du détriment ou préjudice sanitaire.

IV.3. Principes fondamentaux de la radioprotection

Le système de radioprotection a un double objectif : d'une part éviter les effets déterministes liés à la mort cellulaire en maintenant les expositions en dessous des seuils d'apparition de ces effets, et d'autre part limiter le risque de survenue des effets stochastiques ou aléatoires liés aux modifications du matériel génétique mais également des phénomènes de cancérisation. Il couvre toutes les sources de rayonnements, y compris l'exposition naturelle dans certaines activités lorsqu'elle est maîtrisable. Ce système est fondé sur trois principes :

- **la justification des pratiques** : principe fondamental de radioprotection qui consiste à s'assurer que les avantages diagnostiques ou thérapeutiques potentiels globaux des expositions aux rayonnements ionisants à des fins médicaux sont nettement supérieurs aux préjudices qu'une exposition pourrait provoquer. Ces avantages s'apprécient en tenant compte de l'efficacité, des avantages et des risques des autres techniques disponibles ayant le même objectif mais n'impliquant aucune exposition aux rayonnements ionisants. (*Publication 103 CIPR*)
- **l'optimisation de la protection** : les matériels, les procédés et l'organisation du travail doivent être conçus de telle sorte que les expositions individuelles et collectives soient maintenues aussi basses qu'il est raisonnablement possible compte tenu de l'état des techniques et des facteurs économiques et sociétaux (principe ALARA). (*Publication 103 CIPR*)
- **la limitation des doses individuelles** : des limites de dose à ne pas dépasser sont fixées afin de garantir l'absence d'apparition d'effets déterministes et que la probabilité d'apparition d'effets stochastiques reste à un niveau tolérable compte tenu du contexte économique et sociétal. (*Publication 103 CIPR*)

IV.4. Normes de radioprotection

C'est en 1928 que la commission internationale de protection radiologique (CIPR) a débuté ses activités en vue de l'établissement d'un système de « normes de protection contre les effets délétères des rayons x et du radium ». Ses attributions se sont étendues à l'ensemble des risques des rayonnements ionisants.

On entend par "normes de radioprotection" les règles fondamentales qu'il faut respecter en matière de protection contre les dangers des rayonnements ionisants, ou encore les principes de base de la radioprotection en s'appuyant sur les recommandations ou directives que les organisations internationales

compétentes, ont fixé pour les différentes modalités d'irradiation de l'organisme humain.

La CIPR formule des recommandations qui sont publiées sous forme de rapports. Chaque Etat transforme ces recommandations en textes de loi dans sa réglementation.

La fixation des normes est valable pour toutes les irradiations quelles qu'en soient les modalités : contamination externe ou contamination interne. Elles ne sont que préventives et ne s'appliquent donc qu'à un travail normal. En cas d'accident, elles ne peuvent servir que de référence pour fixer la gravité de l'accident.

Les normes fondamentales précisent les doses au-dessous desquelles on peut affirmer que les individus d'une population, ne subissent pas de dommages appréciables.

Le jugement sur lequel on s'appuie est celui d'experts qui ont tenu compte des données actuellement disponibles sur les effets pathologiques des rayonnements sur l'homme (*AIEA*).

Les travailleurs exposés sont ceux, qui, professionnellement, sont soumis à une exposition aux rayonnements ionisants susceptible d'entraîner des doses supérieures aux limites fixées pour le public.

Le classement des travailleurs exposés est effectué par le chef d'établissement, après avis du médecin du travail, en fonction des niveaux d'exposition. La catégorie A comporte les travailleurs susceptibles de recevoir, dans les conditions habituelles de travail, une dose efficace supérieure à 6 mSv par an ou une dose équivalente supérieure aux trois dixièmes des limites annuelles d'exposition. La catégorie B comprend les travailleurs exposés aux rayonnements ionisants ne relevant pas de la catégorie A.

Les femmes enceintes ou allaitant, les apprentis de 16 à 18 ans, ne peuvent pas être affectés à des postes nécessitant un classement en catégorie A.

Les secteurs contrôlés d'une installation de source de rayonnement reçoivent un code de couleur dépendant de la dose maximale susceptible d'être reçue par une personne présente en une heure, ou du débit d'équivalent de dose ambiant dans le cas des zones orange et rouge dès lors, les voies d'accès aux différentes zones d'un établissement doivent être balisées de façon à ce que les travailleurs soient informés des risques qu'ils encourent en pénétrant dans les locaux classés. On distingue 3 zones, définies en fonction du risque de recevoir, dans les conditions normales comprenant les aléas prévisibles comme il a été indiqué plus haut, une dose efficace ou équivalente dépassant certaines limites annuelles.

- **Zone contrôlée** : Lieu où les travailleurs sont susceptibles de recevoir dans les conditions normales de travail une dose efficace de 6 mSv par an ou une dose équivalente dépassant trois dixièmes de l'une des limites annuelles. (*M.-C. Gauron, M.-H. Boulay*). C'est une zone d'accès réservée aux personnes ayant reçu une information appropriée sur les risques.

- **Zone surveillée** : Lieu où les travailleurs sont susceptibles de recevoir dans les conditions normales de travail une dose efficace dépassant 1 mSv par an ou une dose équivalente dépassant un dixième de l'une des limites annuelles. (*M.-C. Gauron, M.-H. Boulay*)

- **zone publique** : elle comprend les zones où on ne risque pas, dans les conditions normales de travail, de dépasser une limite. (*FLEUTOT J.baptiste*).

Tableau II : Règlement et consignes dans les zones contrôlées

Pictogramme	Débit d'équivalent de dose min	Type de zone	Conditions d'accès	Risques encourus
	25 μ Sv.h ⁻¹	Contrôlée	Accès permanent pour tous les travailleurs de l'Etablissement.	Plus de 80 μ Sv par mois, soit 1 <u>mSv</u> sur 12 mois glissants : ordre de grandeur du rayonnement naturel : limite réglementaire de l'exposition admissible du public aux rayonnements artificiels.
	7,5 μ Sv.h ⁻¹	Contrôlée	Durée limitée pour cat. B, permanente pour cat. A, zone de travail normal.	Ordre de grandeur des expositions aux rayonnements dans les environnements naturels fortement radioactifs
	25 μ Sv.h ⁻¹	Contrôlée	Durée limitée pour les catégories de travailleurs A et B.	Capacité de réparation de l'ADN des cellules supérieures aux dislocations induites. Vieillessement cellulaire éventuellement accéléré par les radiations (?)
	2 mSv.h ⁻¹	Contrôlée	Zone à risques importants, l'accès des agents DATR à ces zones et la durée du séjour sont soumis à l'accord formel du Service de Radioprotection.	Taux de cassure double brin de l'ADN (~1/cGy) de l'ordre du taux de réparation (~ heure). Apparition éventuelle de phénomènes spécifiquement radio-induits aux expositions prolongées.
	100 mSv.h ⁻¹	Contrôlée	Zone à risques très importants, accès interdit sauf accord écrit du Chef d'Etablissement sur avis du Service de Radioprotection pour un agent DATR; enregistrement nominatif et port d'un dosimètre adapté.	Cassures double brin de l'ADN supérieures au taux de réparation. Dislocations excédant les capacités de réparation cellulaires. Effets cumulatifs dépendant de la dose totale.

IV.5. Moyens de protection contre les rayonnements ionisants

Le chef d'établissement définit les modalités de mise en place de la protection collective avec l'aide du médecin du travail, de la personne compétente en radioprotection (et du Comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail (CHSCT) s'il existe). La PCR doit tenir compte de l'exposition à d'autres facteurs professionnels, notamment quand ceux-ci sont susceptibles d'aggraver les effets des rayonnements ionisants.

De manière générale, la protection contre l'exposition externe fait appel au temps, à la distance et aux écrans adaptés au type de rayonnement en cause. A cela il faut ajouter les moyens de protection pour les opérateurs tels que les dosimètres, les gants plombés, les tabliers de plomb et les caches thyroïde adaptés à la situation.

En effet, la protection par le temps s'appuie sur le fait que moins on est exposé longtemps à un débit de dose constant, moins la dose totale reçue est grande.

Celle par la distance consiste à se tenir à une distance plus grande que le parcours des particules. Le débit de dose est inversement proportionnel au carré de la distance. En effet, doubler la distance par rapport à une source ponctuelle diminue le débit de dose par 4. C'est la classique "loi en $1/d^2$ ". Les écrans et les paravents de protection en plomb contribuent quant à eux à diminuer la dose reçue par les parties du corps notamment non protégées par le tablier plombé et la cache thyroïde. (*Jean baptiste FLEUTOT*).

La dosimétrie individuelle l'un des maillons essentiels du dispositif de radioprotection des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants fait appel à des dosimètres qui mesurent l'équivalent de dose reçu par une personne exposée à un rayonnement ionisant, dans le cadre de son activité professionnelle.

Le dosimètre permet au travailleur une auto surveillance du risque auquel il s'expose lors d'une intervention en zone contrôlée et permet de mesurer les

doses très faibles qui sont les plus redoutées en cas d'exposition dans le cadre professionnel.

Le port du tablier de Plomb est une des mesures de protection individuelle, recommandée pour protéger les parties du corps humain radiosensibles tels que le thorax, le tube digestif, les gonades et réduit l'exposition d'origine externe.

Les protecteurs de la thyroïde sont utilisés aux doses et aux débits de doses potentiellement élevés en radiologie interventionnelle.

Les lunettes de protection permettent une protection optimale pour le cristallin.

Les gants avec une épaisseur allant de 0,25 à 0,5 mm équivalent en plomb, offrent une bonne protection là où les mains sont nécessairement proche du bord du faisceau utile de rayons x .

La protection contre l'exposition interne fait appel aux mesures allant de la conception jusqu'à l'aménagement des locaux qui doivent permettre de limiter toute dissémination de la source.

IV.6. Organismes de radioprotection

Aujourd'hui, plusieurs organisations internationales contribuent notablement à l'établissement d'un cadre scientifique et juridique dans le domaine de la protection radiologique. De nombreuses organisations internationales ont vu le jour et contribuent encore, chacune dans leur domaine, à construire ou faire évoluer la radioprotection.

- Le Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants ou United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation créé par les Nations Unies en 1955 (UNSCEAR) recueille et analyse les publications scientifiques sur l'exposition aux rayonnements ionisants, prenant ainsi la mesure de l'évolution des expositions dans le monde.

- La Commission internationale de protection radiologique (CIPR) est un organisme international non gouvernemental affilié à l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S.) depuis 1956. Elle est l'héritière du "*International X Ray and radium protection committee*". La CIPR utilise les données scientifiques de l'UNSCEAR pour élaborer des recommandations concrètes concernant les politiques et l'application pouvant servir de base à l'élaboration de normes et de règlements.

- L'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) est une organisation autonome intergouvernementale (à Vienne), créée en 1956 par les Nations Unies. Elle élabore des normes internationales généralement non contraignantes qui peuvent être adoptées par ses États membres et doivent être adoptées par tout État acceptant l'aide de l'Agence. Ces normes sont fondées sur les recommandations de la CIPR.

- La Commission européenne (CE) élabore des directives contraignantes qui doivent être transposées par ses États membres dans leur législation nationale. Ces directives sont fondées sur les recommandations de la CIPR. (*Edward N. Lazo*)

- L'ARSN assure le contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection au Sénégal pour protéger les travailleurs, les patients, le public et l'environnement, face aux risques liés aux activités nucléaires. Elle contribue également à l'information et à la sensibilisation des citoyens.

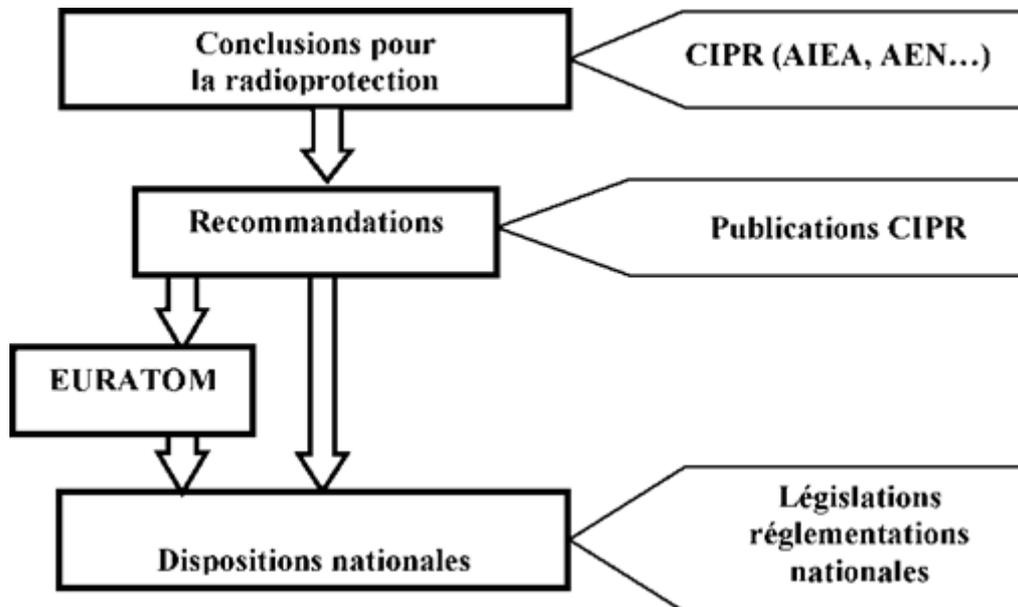


Figure 6: Liens entre les organismes internationaux

DEUXIEME PARTIE : ETUDE PERSONNELLE

I. Objectifs

I.1. Objectif général

Notre étude a pour objectif général d'étudier les conditions dans lesquelles travaillent les radiologues, médecins nucléaires et radiothérapeutes.

I.2. Objectifs spécifiques

Nos objectifs spécifiques sont :

- état des lieux dans 15 structures sanitaires
- amener l'autorité de radioprotection à stimuler une culture de sûreté qui soit encouragée par le gouvernement et soutenue par le personnel, et qui comprenne l'évaluation des zones contrôlées et des zones surveillées,
- sensibiliser les travailleurs du risque des rayonnements ionisants à court, moyen et long terme.

II. Cadre d'étude

Cette étude s'est déroulée au Sénégal plus précisément à Dakar dans 15 structures de santé dont les plus grands centres de radiologie sont retrouvés dans les centres hospitalo-universitaires en l'occurrence l'hôpital de Fann, l'hôpital Aristide le Dantec, l'hôpital général de Grand Yoff qui en plus du service de radiologie abrite un service de médecine nucléaire, le centre hospitalier national de Pikine, certains centres de la mairie de Dakar tels que l'hôpital Abass Ndao, le centre de santé de Ouakam, le SAMU municipal et les autres centres exceptés l'ENDSS et l'hôpital principal de Dakar sont pour la plupart des centres de radiologie privés.

III. Matériel et méthode

III.1. Type d'étude

Il s'agit d'une étude transversale portant sur 15 centres de radiologie de Dakar choisis de façon aléatoire.

III.2. Population d'étude

Les principaux personnels concernés sont les travailleurs dans les différents centres de radiologie.

III.2.1. Critères d'inclusion

Il s'agit des manipulateurs, des médecins, des personnes spécialisées en radiophysique médicale, des techniciens de radiophysique, du personnel de maintenance, du personnel d'entretien et les stagiaires.

III.2.2. Critères d'exclusion

Sont exclus, les patients, les accompagnants.

III.3. Déroulement de l'étude

Nous avons mené une enquête sur les lieux de travail en s'intéressant aux différentes sources de rayonnements et leur utilisation ; le nombre d'examens d'imagerie réalisé par jour et les moyens de protection qu'utilisent ces différents centres.

IV. Résultats

IV.1. Sources de rayonnement et utilisation

Tous les centres d'imagerie médicale que nous avons visités ont des sources scellées de rayonnements x et gamma. Ces agents physiques sont utilisés à des fins diagnostiques et thérapeutiques.



IV.2. Principaux examens d'imagerie

IV.2.1. Radiographies standards

Les différents pourcentages des examens de radiographie standard selon les centres de santé sont présentés sur la figure suivante :

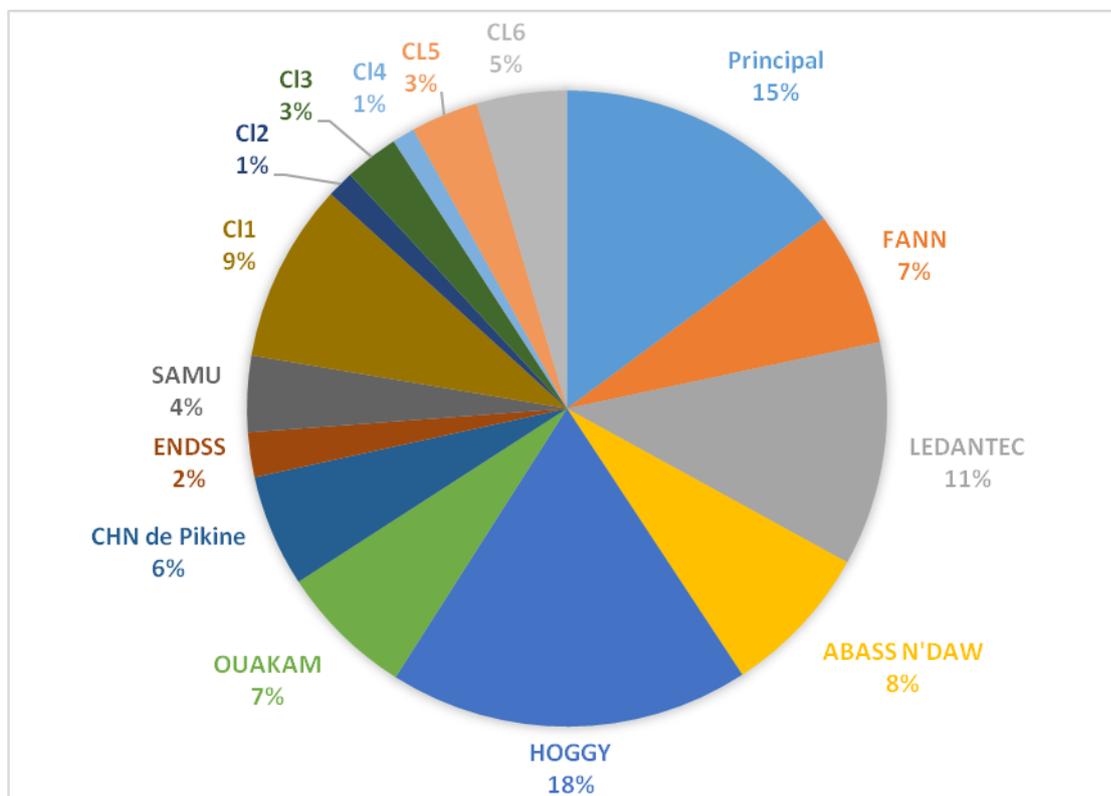


Figure 7 : Répartition des radiographies standards en fonction des différents centres d'imagerie

IV.2.2. Examens scannographiques

Les différents pourcentages des examens scannographiques selon les centres de radiologie sont présentés sur la figure suivante :

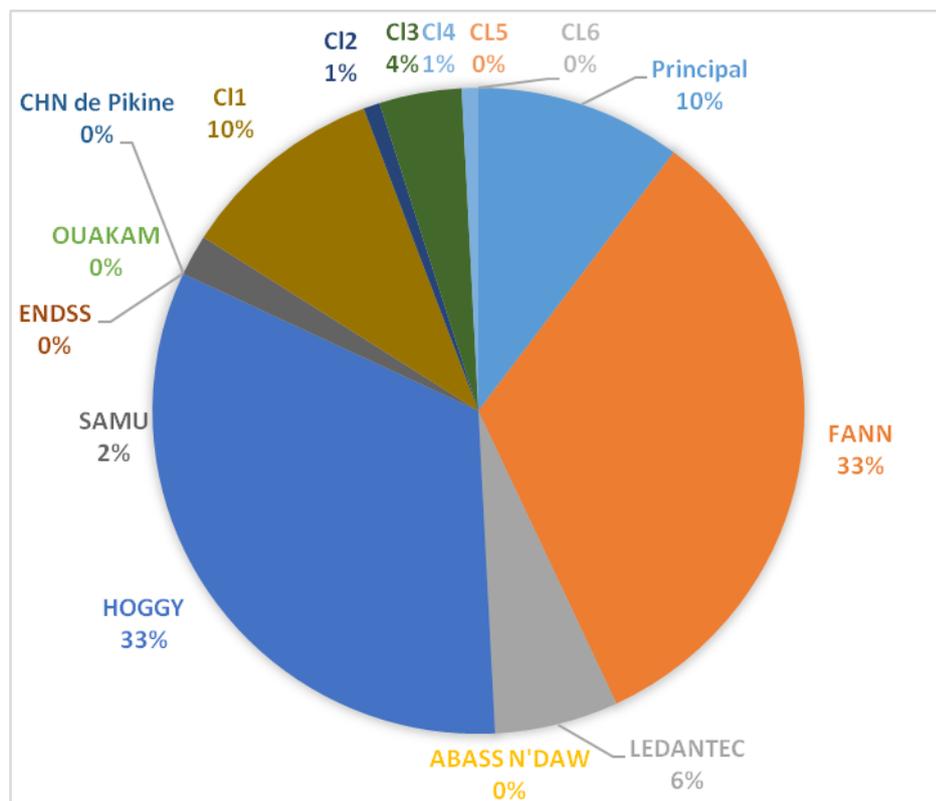


Figure 8: Répartition des scannographies en fonction des différents centres d'imagerie.

IV.2.3. Mammographie

Les différents pourcentages des examens mammographiques selon les centres de santé sont présentés sur la figure suivante :

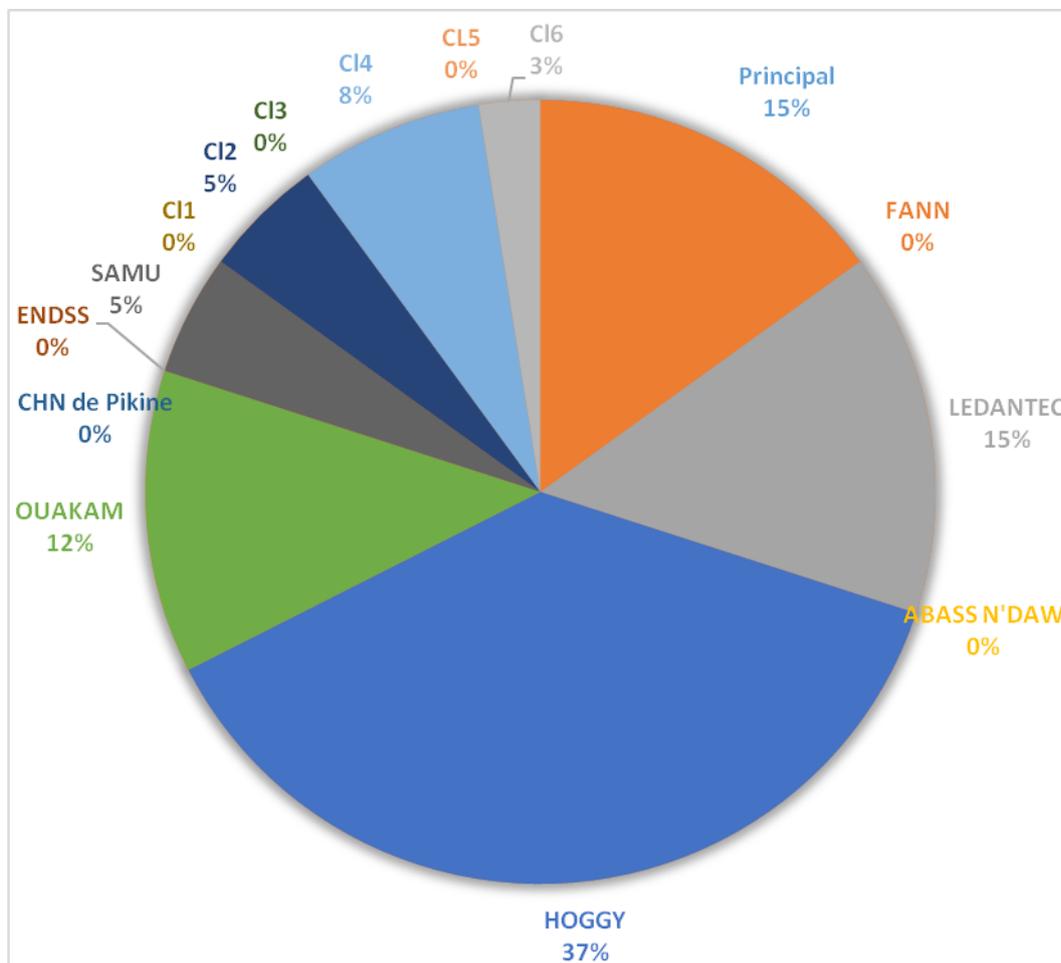


Figure 9 : Répartition des mammographies par jour en fonction des différents centres d'imagerie.

IV.2.4. Examen panoramique dentaire

Parmi tous les centres que nous avons visités seuls l'hôpital principal de Dakar et une clinique (CI3) réalisent des radiographies panoramiques dentaires où l'on a retrouvé respectivement 5 et 2 radiographies panoramiques dentaires par jour.

IV.2.5. Examens spéciaux

Les examens spéciaux regroupent le lavement baryté, le TOGD, L'UCR, l'UIV et la cystographie directe. Les différents pourcentages des examens de radiographie selon les centres de santé sont présentés sur la figure suivante :

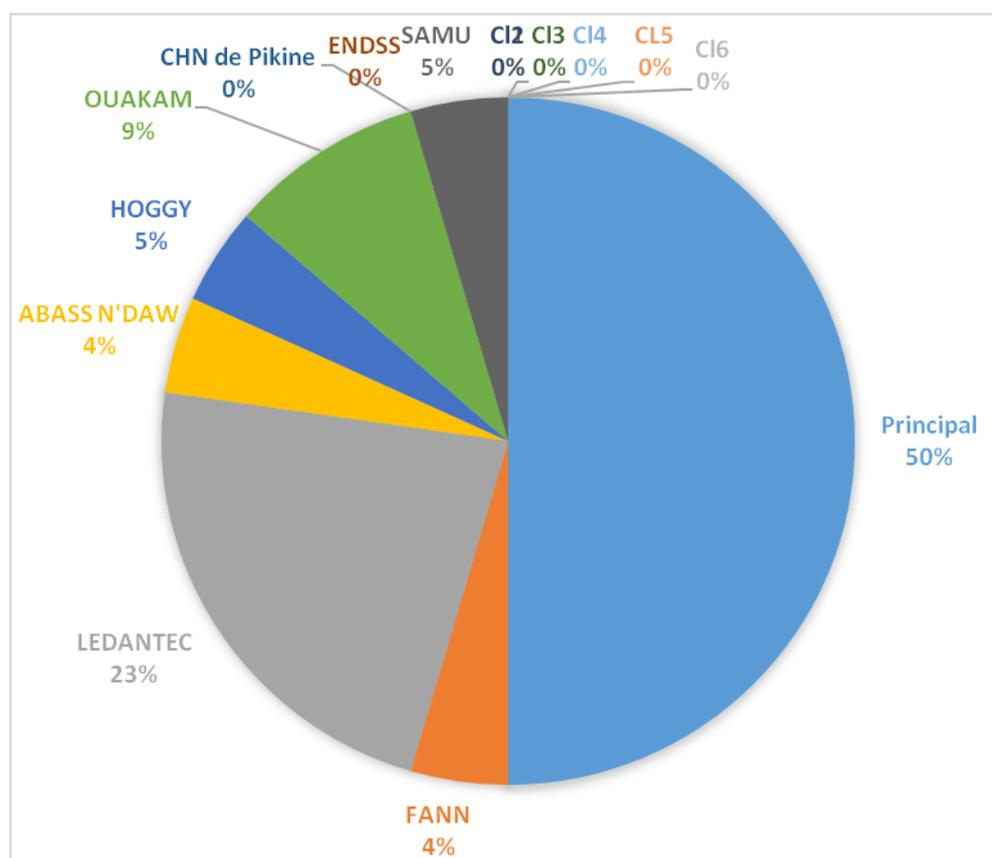


Figure 10 : Répartition des examens spéciaux par jour en fonction des différents centres d'imagerie.

IV.2.6 Scintigraphie

Il existe à Dakar un seul service de médecine nucléaire situé à l'hôpital général de Grand Yoff. Les principaux examens réalisés sont la scintigraphie thyroïdienne où on peut réaliser jusqu'à 5 examens par jour, la scintigraphie corps entier dans le bilan d'extension des cancers ostéophiles (5 examens par jour), la scintigraphie myocardique de perfusion au repos et à l'effort (3 examens par jour), les autres examens scintigraphiques sont réalisés mais plus rares. Il s'agit de la scintigraphie de ventilation pulmonaire, la scintigraphie rénale, surrénalienne.

Il faut noter que ces examens se réalisent de façon très irrégulière en vertu de non disponibilité du produit radioactif (le technétium) et les différents traceurs indiqués dans les examens ci-dessus.

IV.3. Moyens de protection des travailleurs contre les rayonnements

Les moyens de protection sur lesquels nous nous sommes intéressés lors de notre inspection sont : murs plombés, dosimètre, gants plombés, caches thyroïde, lunettes de protection et tabliers de plomb. Les résultats que nous avons trouvés sont répertoriés dans les tableaux III et IV.

Tableau III : moyens de protection contre les rayonnements selon les centres de radiologie

Centres de radiologie	Murs plombés	Dosimètre	Temps d'exposition	Ecrans
Principal	Oui	Non	7h	Oui
FANN	Non	Non	8h	Oui
LE DANTEC	Oui	Oui	6h	Oui
ABASS N'DAW	Oui	Non	7h	Oui
HOGGY	Oui	Non	8h	Oui
OUAKAM	Oui	Non	4h	Oui
CHN de Pikine	Oui	Non	8h	Oui
ENDSS	Oui	Non	8h	Oui
SAMU	Oui	Non	8h	Oui
C11	Oui	Non	8h	Oui
C12	Oui	Non	8h	Oui
C13	Oui	Non	8h	Oui
C14	Non	Non	8h	Oui
CL5	Non	Non	8h	Oui
CL6	Oui	Non	8h	Oui

Tableau IV : moyens de protection contre les rayonnements suivant les centres de radiologie

Centres de radiologie	Gants plombés	Cache thyroïde	Lunettes plombées	Tabliers plombés
Principal	Oui	Non	Non	Non
FANN	Oui	Non	Non	Non
LE DANTEC	Oui	Non	Non	Oui
ABASS N'DAW	Oui	Non	Non	Oui
HOGGY	Oui	Non	Non	Oui
OUAKAM	Non	Non	Non	Non
CHN de Pikine	Non	Non	Non	Non
ENDSS	Non	Non	Non	Non
SAMU	Non	Non	Non	Non
C11	Non	Non	Non	Non
C12	Non	Non	Non	Non
C13	Oui	Non	Non	Non
C14	Non	Non	Non	Non
CL5	Non	Non	Non	Non
CL6	Non	Non	Non	Non

V. COMMENTAIRES

V.1. Sources de rayonnement

Le caractère scellé et non scellé de la source sont des éléments permettant de caractériser une source de rayonnements ionisants. Ainsi une source de rayonnement scellée est une source dont la structure ou le conditionnement empêche, toute dispersion des rayons dans le milieu ambiant. Elle ne présente pas de risque de contamination en temps normal. Quant à la source non scellée, sa présentation dans les conditions normales d'emploi ne permet pas de prévenir une dispersion de rayonnements. Elle présente donc à la fois un risque d'irradiation et un risque de contamination par contact, ingestion ou inhalation.

Les centres d'imagerie médicale que nous avons visités utilisent tous des sources non scellées, ils doivent par conséquent être dotés de moyens de protection adéquats pour maîtriser les expositions normales et éviter ou limiter les expositions potentielles.

V.2. Principales structures sanitaires

V.2.1. Hôpital principal de Dakar

L'hôpital principal avec 15% des radiographies standards, 10% des examens scannographiques, 15% des examens mammographiques et 50% des examens spéciaux abrite près d'une trentaine de personnes et reçoit un nombre important de patients.

Il occupe en effet la première place pour les examens spéciaux, la deuxième place pour les examens de radiographies standards et la troisième place pour les examens scannographiques.

Ces travailleurs en dépit de ce nombre important d'examens et d'un temps d'exposition aux rayonnements ionisants de 7h, ne disposent que d'un mur plombé et de quelques gants plombés, ne satisfaisant pas à tout le personnel,

pour la protection contre les rayonnements. En effet, le centre manque d'un suivi dosimétrique, de gants plombés, de cache thyroïde et de lunettes plombées. Ces moyens manquants ont des rôles très importants dans la radioprotection du personnel.

Les équipements les plus couramment utilisés tels que tablier de plomb, cache thyroïde et lunette, étaient absents dans ce centre.

V.2.2. Hôpital de Fann

L'hôpital de Fann avec 7% des radiographies standards, 33% des examens scannographies et 4% des examens spéciaux pour une vingtaine de personnes exposées pendant 8h ne dispose que de gants plombés pour assurer la protection de son personnel. En effet, ces gants avec une épaisseur allant de 0,25 à 0,5 mm équivalent en plomb, offrent une bonne protection là où les mains sont nécessairement proche du bord du faisceau utile de rayons x . Cependant ils ont une flexibilité limitée et ne sont pas appropriés lors de procédures nécessitant un contrôle plus précis. Lors de notre passage dans le service de radiologie nous avons noté une défaillance flagrante de moyens de protection malgré le nombre important des examens qui sont réalisés.

On n'a trouvé ni tablier, ni lunette plombée, ni cache thyroïde, ni mur plombé. Or le mur plombé est l'une des solutions les plus économiques pour la protection contre les rayons x et gamma. Le plomb offre une excellente atténuation contre les radiations ionisantes du fait de son fort pouvoir d'atténuation et de sa très grande longévité. En effet, une feuille de plomb de 1mm d'épaisseur protège autant qu'un mur en béton de 84 mm d'épaisseur.

V.2.3. Hôpital Le Dantec

Il occupe la troisième place pour les radiographies standards (11%), la cinquième place pour les examens scannographiques (6%), la deuxième place pour les examens mammographiques (15%) et les examens spéciaux (23%). C'est le seul hôpital dont le personnel bénéficie d'un suivi dosimétrique en collaboration avec l'IRSN par le biais d'une personne compétente en

radioprotection (PCR). On a noté toutefois que le centre manque de lunettes plombées et de caches thyroïde. Ce qui n'est pas sans conséquence sur la santé des travailleurs.

V.2.4. Hôpital Abass Ndao

Au centre Abass Ndao on ne retrouve, parmi les examens effectués, que des radiographies standards (8%) et des examens spéciaux (4%). Il dispose pour la protection de son personnel de tabliers de plomb, des gants atténuateurs et des murs plombés. Il manque cependant des lunettes protectrices et des caches thyroïdes à juste titre car il n'existe pas dans ce centre une radiographie interventionnelle.

V.2.5. Hôpital Général de Grand Yoff

Il occupe la première place pour les radiographies standards 18%, les examens scannographiques (33%) et les examens mammographiques (37%). Par contre, il vient en quatrième place pour les examens spéciaux avec 5%.

En dépit de cela, l'hôpital général de Grand Yoff, qui en plus du service de radiologie (10 travailleurs) abrite un service de médecine nucléaire (7 travailleurs), ne dispose pas de moyens de protection suffisants contre les rayonnements ionisants.

Dans ces centres de radiologie et de médecine nucléaire on n'y retrouve que quelques tabliers de plomb et gants plombés contre une exposition de 8h de travail journalier.

Le centre est déficitaire en moyens de protection et son personnel se trouve exposé à un risque important du fait de l'importance des examens effectués.

V.2.6. Centre de Ouakam

Le centre recouvre 7% des radiographies standards, 12% des examens mammographiques et 9% des examens spéciaux. Ce centre ne dispose d'aucun moyen de radioprotection excepté le mur plombé.

V.2.7. Centre hospitalier national de Pikine, ENDSS et SAMU Municipal

Ils rassemblent 12% des examens radiographies standards, 2% des examens scannographiques, 5% des examens mammographiques et 5% des examens spéciaux. Ces centres lors de notre passage, ne disposaient d'aucun moyen de radioprotection excepté le mur plombé.

V.2.8. Centres privés de radiologie

Les centres regroupent 22% des examens radiologiques standards, 16% des examens scannographiques et 16% des examens mammographiques.

Notre étude a montré que les centres privés ne disposent d'aucun moyen de protection excepté les murs plombés et des gants plombés (Cl3).

Cette situation de radioprotection précaire a été retrouvée par l'Autorité de radioprotection et de sûreté nucléaire (ARSN), qui faisait remarquer après une inspection des centres de radiologie privés de Dakar qu'un cabinet sur 10, respectait certaines normes de protection contre les rayonnements ionisants.

Notre enquête a montré que dans les différentes structures sanitaires visitées, une seule respectait le suivi dosimétrique en l'occurrence l'hôpital Aristide Le Dantec. Ainsi donc, les risques encourus par les personnels sont importants d'autant plus qu'on ne peut pas quantifier la dose qu'ils reçoivent faute de dosimètres.

Par ailleurs, on constate que les tabliers en plomb sont les moyens les plus utilisés mais ne sont pas soumis à un contrôle. En revanche les écrans étaient présents dans toutes les structures.

Les caches thyroïde et les lunettes de protection ne sont utilisées dans aucune des structures visitées eu égard à la rareté des examens nécessitant leur usage.

L'utilisation des lunettes de protection devient indispensable dans le cas de la radiologie interventionnelle. En effet à partir d'une dose de 2Gy apparaît une cataracte avec un temps de latence de quelques mois à plusieurs années.

Cela dit, les moyens de protection doivent être introduits progressivement chez les cardiologues avec l'avènement de la coronarographie au Sénégal depuis 2012.

CONCLUSION

Le développement de la technologie permet l'utilisation accrue des rayonnements ionisants à des fins diagnostiques et thérapeutiques. Bien que les doses utilisées ne soient pas grandes pour entraîner des effets déterministes il n'en demeure pas moins que ces celles-ci peuvent entraîner chez les travailleurs des structures sanitaires des effets stochastiques qui à long terme peuvent entraîner des mutations somatiques et génétiques. C'est pourquoi, les effets des faibles doses méritent une considération majeure dans les mesures de radioprotection. En effet, leurs conséquences cliniques sont insidieuses (plusieurs années pour les cancers radio-induits et les mutations génétiques). La relation dose probabilité d'apparition est beaucoup moins établie que pour les fortes doses. Cependant, à l'heure actuelle il n'existe pas de doses limites en deçà de laquelle il n'y pas d'effet délétère.

Plusieurs travaux ont montré que ces faibles doses entraînent des effets génétiques chez l'animal et les cellules humaines en culture. C'est pourquoi, la radioprotection apparaît à son heure. Elle vise à protéger l'homme des effets nocifs des rayonnements ionisants à travers une bonne éducation, une formation et un contrôle du respect des normes en vigueur tant au niveau des pratiques que du matériel.

Le travail que nous avons mené a pour objectif d'étudier les conditions dans lesquelles, les radiologues, médecins nucléaires et radiothérapeutes travaillent à Dakar, les acquis et insuffisances en matière de radioprotection et de donner des recommandations conformes avec les normes en vigueur.

Pour atteindre ces objectifs, nous avons réalisé une enquête sur les conditions de travail et les moyens de radioprotection à Dakar (Sénégal) dans 15 structures sanitaires de radiologie, un service de médecine nucléaire et un service de radiothérapie.

Nos résultats sont les suivants:

- les sources non scellées étaient utilisées dans tous les centres où les principaux examens réalisés étaient : la radiographie standard, le scanner et la mammographie qui étaient plus effectués à HOGGY et représentent respectivement 18% ,35% et 37% de l'ensemble des malades de tous les centres visités. Les examens spéciaux où l'hôpital principal occupait la première place avec 50% des malades. La radiographie panoramique dentaire n'était pratiquée qu'à l'hôpital principal (5 malades par jour) et la CI3 (2 malades par jour).

Concernant le matériel de radioprotection :

- Les tabliers plombés étaient absents partout sauf à Le Dantec, à Abass Ndao et à Hoggy,
 - Les murs étaient plombés sauf à l'hôpital de Fann, CI4, et CI5,
 - Les filtres de rayonnement (écrans protecteurs) étaient présents dans tous les centres que nous avons visités,
 - Les gants plombés n'étaient retrouvés que dans les centres de Principal, de Fann, de Le Dantec, d'Abass Ndao, de Hoggy et CI3,
 - Les dosimètres n'étaient retrouvés qu'à Le Dantec,
 - les lunettes plombées, les caches thyroïdes n'étaient retrouvés dans aucun centre,
- le temps d'exposition est en moyenne de 7 à 8h.

Ces résultats précédents montrent une insuffisance notable des moyens de radioprotection dans nos structures sanitaires à Dakar et nous amènent à formuler les recommandations suivantes :

- Compléter l'équipement et le matériel requis pour les examens effectués
- la présence d'un radio physicien recruté en temps plein pour faire le calibrage du matériel et le contrôle de qualité.
- L'intégration des principes de radioprotection, dès la conception des postes de travail, pour la définition des mesures de prévention des risques radiologiques et des mesures de protection collective et individuelle

constitue l'assise du développement de comportements individuels responsables pour gérer le risque dû aux rayonnements ionisants.

- faire des analyses radiotoxicologiques sur des échantillons biologiques de façon régulière à la recherche d'un syndrome hématopoïétique chez les travailleurs mais aussi les munir de dosimètres pour quantifier les doses reçues.
- Les travailleurs devraient, chaque fois que cela est nécessaire, utiliser l'équipement qui leur a été fourni pour procéder à la surveillance radiologique de leur poste de travail, de leur corps, de leurs vêtements de travail et de leurs effets personnels avant de quitter les zones contrôlées où sont manipulées ou stockées des sources de matières radioactives non scellées.
- Les travailleurs devraient signaler immédiatement à leur supérieur hiérarchique tout accident ou tout dommage survenu au cours de leur travail ou en relation avec celui-ci.

Il appartient à l'Autorité de radioprotection (ARSN) conseillère du gouvernement de faire passer ces recommandations à travers les réunions, les formations des travailleurs. Afin d'être en conformité avec la loi, la direction doit mettre en place une politique locale de radioprotection en s'appuyant sur les PCR.

Références bibliographiques

1. (2000). "UNSCEAR 2000. The United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation." *Health Phys* 79(3): 314.
2. EVRARD Anne-Sophie, EXPOSITION ENVIRONNEMENTALE AUX RAYONNEMENTS IONISANTS ET RISQUE DE LEUCÉMIE CHEZ L'ENFANT, N°, 2006, 229 pages
3. B. Le Guen, Masse R., effets des faibles doses, EMF , 2007, 16-510-A-10, p.13
4. B.Lindell, Lowry Dobson R., rayonnements ionisants et santé, Bulletin de l'Organisation mondiale de la Santé, 65(2)139-148 (1987).
5. Ballarini, F. and Ottolenghi A. (2003). "Chromosome aberrations as biomarkers of radiation exposure: modelling basic mechanisms." *Adv Space Res* 31(6): 1557-68.
6. Ballarini, F., Biaggi M., et al. (2002). "Nuclear architecture and radiation induced chromosome aberrations: models and simulations." *Radiat Prot Dosimetry* 99(1-4): 175-82.
7. Booz, J., Paretzke H. G., et al. (1987). "Auger-electron cascades, charge potential and microdosimetry of iodine-125." *Radiat Environ Biophys* 26(2): 151-62.
8. NADAL Brice, Synthèse et évaluation de nouveaux agents de protection contre les rayonnements ionisants, N°9602, 2009, 287 pages
9. Docteur FLEUTOT Jean baptiste, ELEMENTS DE RADIOPROTECTION A L'USAGE DES MEDECINS NUCLEAIRES ET DES RADIOPHARMACIENS, PDF, 55 pages
10. Edwards, A. A. (1997). "The use of chromosomal aberrations in human lymphocytes for biological dosimetry." *Radiat Res* 148(5 Suppl): S39-44.
11. Encyclopédie de Sécurité et de Santé au travail, Robert N. Cherry, Jr., Les rayonnements ionisants, 3e édition, chapitre 48, Organisation internationale du Travail, 2000, (ISBN 92-2-209203-1);
12. Extrait des Normes fondamentales internationales de protection contre les rayonnements ionisants et de sûreté des sources de rayonnements (1996, établies sous les auspices de la FAO, l'AIEA, l'OIT, l'AEN/OCDE, l'OPS et l'OMS) ANNEXE I
13. Friedland, W., Bernhardt P., et al. (2002). "Simulation of DNA damage after proton and low LET irradiation." *Radiat Prot Dosimetry* 99(1-4): 99-102.
14. IAEA SAFETY RELATED PUBLICATIONS, Exposure of the Public from Large Deposits of Mineral Residues, IAEA-TECDOC-1660, PDF, 62 pages
15. ICRP Publication 103: Recommendations of the ICRP, Annals of the ICRP Volume 37/2-3, 2007;

16. ICRP, 1991b. *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection.*[Recommandations 1990 de la Commission internationale de protection radiologique.],Publication 60 de la CIPR. Ann. CIPR 21 (1-3).
17. Jakob Roth, *écrans de protection lors des radiographies dentaires, Rev Mens Suisse Odontostomatol, Vol 116: 11/2006, p.1156*
18. Jean-Michel Foucart, Rufino Felizardo, Guillaume Bidange, *La radioprotection en odontologie: Réglementation française et nouvelles normes européennes, 1^{ère} édition, page44,129*
19. *La radioprotection aujourd'hui et la voie du développement durable, Agence pour l'énergie nucléaire et Organisation de coopération et de développement économique, 2007*
20. Lloyd, D. C., R. J. Purrott, et al. (1975). "The relationship between chromosome aberrations and low LET radiation dose to human lymphocytes." *Int J Radiat Biol Relat Stud Phys Chem Med* 28(1): 75-90
21. M.-C. Gauron, M.-H. Boulay, *radioprotection, EMF, 2006,16-700A-10, p.5*
22. Marc Colonna.,Aurélien Belot,Zoé Uhry, *Incidence des cancers de la thyroïde à partir des données des registres du cancer : description sur la période 1982-2006,institut de veille sanitaire, 2006,p.8*
23. Moubarak MOUISEDDINE, *Utilisation des cellules souches mésenchymateuses dans le traitement des atteintes tissulaires radio-induites, N°, Université de Versailles-Saint-Quentin-En-Yvelines Ecole Doctorale « Du génome aux organismes »,2008*
24. Nygren J., Ljungman M., et al. (1995). "Chromatin structure and radiation-induced DNA strand breaks in human cells: soluble scavengers and DNA-bound proteins offer a better protection against single- than double-strand breaks." *Int J Radiat Biol* 68(1): 11-8.
25. Pascal-Suisse P., Levot J., Solacroup J.-C., Villeneuve R., « *Precis de radiobiologie* », Edition Vigot 1989,169 pages
26. Pobel D., Viel J.-F., «.Case-control study of leukaemia among young people nearLa Hague nuclear reprocessing plant : the environmental hypothesis revisited.».;*British Medical Journal* 1997.; 314 : 101-106.
27. Pohl-Ruling, J., Fischer P, et al. (1986). "Chromosomal damage induced in human lymphocytes by low doses of D-T neutrons." *Mutat Res* 173(4): 267-72.
28. *Radionucléides & Radioprotection : Guide pratique, Daniel Delacroix et Al, CEA et EDP Sciences, 2006;*
29. *Recommandations 1990 de la Commission Internationale de Protection Radiologique, Publication 60, (traduction), 1991, Pergamon Press, paragraphe 15.*

30. Shengli Niu, *protection des travailleurs contre les rayonnements, 1 édition organisation internationale du travail, 2011, 21 pages.*
31. *United Nations Scientific Committee on The Effects of Atomic Radiation. Sources and effects of ionizing radiation. Vol.II: Effects. New York: United Nations; 2000.*
32. www.afcn.org ou *agence fédérale de contrôle nucléaire !*
33. www.asn.fr (avril 2013)
34. www.irsn.com(avril 2013)
35. www.laradioactivité.com(avril 2013)
36. www.sc-hc.gc.ca 2013
37. www.suretenucleaire.ge.ca (mai2013)
38. www-ns.iaea.org/standards (mars 2013)

Bonjour, dans le cadre de notre thèse de fin d'étude en pharmacie portant sur « le Contrôle du système de radioprotection médicale dans les structures sanitaires du Sénégal: cas de Dakar ».

Merci de bien vouloir nous accorder un peu de votre temps pour répondre au questionnaire que nous avons élaboré avec notre encadreur Dr BOUKAR NDONG.

I. IDENTIFICATION :

1. Sources de rayonnement (X et γ): scellées non scellées

2. Utilisation: médicale recherche

Si utilisation médicale, quels sont les principaux examens demandés

<input type="checkbox"/> Radio standard	<input type="checkbox"/> Examens spéciaux	<input type="checkbox"/> mammographie
<input type="checkbox"/> scintigraphie	<input type="checkbox"/> scanner	<input type="checkbox"/> panoramique dentaire

Les examens spéciaux que vous faites :

<input type="checkbox"/> TOGD	<input type="checkbox"/> UIV	<input type="checkbox"/> UCR
<input type="checkbox"/> cystographie directe	<input type="checkbox"/> lavement baryté	

3. Nombre de malades par jour selon les modalités

<input type="checkbox"/> Radio standard	Examens spéciaux	<input type="checkbox"/> mammographie
<input type="checkbox"/> scintigraphie	<input type="checkbox"/> scanner	<input type="checkbox"/> panoramique dentaire

4. Répartition du personnel selon les examens

<input type="checkbox"/> Radio standard	<input type="checkbox"/> Examens spéciaux	<input type="checkbox"/> mammographie
<input type="checkbox"/> scintigraphie	<input type="checkbox"/> scanner	<input type="checkbox"/> panoramique dentaire

II. Modalités de surveillance des travailleurs

1. Existe-t-il une structure de radioprotection Oui Non

2. Le personnel dispose-t-il de dosimètre ou de dosifilm Oui Non

3. Aménagements techniques des locaux

Les murs sont-ils plombés Oui Non

Existe-t-il une fuite de rayonnement Oui Non

4. Contrôle des sources et des appareils (calibrage)

<input type="checkbox"/> réception	<input type="checkbox"/> avant 1 ^{ère} utilisation	<input type="checkbox"/> cessation	<input type="checkbox"/> Quotidienne
------------------------------------	---	------------------------------------	--------------------------------------

Personne ou organisme agréé pour la vérification

5. Procédure de réduction des doses

<input type="checkbox"/> temps d'exposition	<input type="checkbox"/> écrans	<input type="checkbox"/> distance source/manipulateur	<input type="checkbox"/> formation/information en radioprotection
---	---------------------------------	---	---

<input type="checkbox"/> Lunette plombée ou visière de radioprotection	<input type="checkbox"/> Tablier ou chasuble	<input type="checkbox"/> Gant radio-atténuateur plombe	<input type="checkbox"/> Cache thyroïde
--	--	--	---

Quel est le temps d'exposition par jour

<input type="checkbox"/> 4heures	<input type="checkbox"/> 8heures	<input type="checkbox"/> > 8heures
----------------------------------	----------------------------------	------------------------------------

Merci de votre participation à cette enquête nous vous souhaitons une agréable journée.