

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Abou Bekr Belkaide - TLEMCEM

Faculté des Sciences

Département de Physique

MEMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de :

MASTER en Physique Médicale

Spécialité : Radiobiologie et Radioprotection

Sur le thème

**Profil dosimétrique et respect des règles de
radioprotection au service de médecine nucléaire**

Réalisé par :

BEKHTI Fatna et BENTAHER Mama

Jury :

MC-B (Dr) BOUCHAOUR Mama	Faculté des Sciences de Tlemcen	Présidente
Dr DJELTI Abdelouaheb	CHU Tlemcen	Examineur
Dr RIDOUH Mokhtar	CHU Tlemcen	Examineur
Dr MEDJAHDI Abdelkader	Faculté de Médecine de Tlemcen	Encadreur
Mr. BENASENANE Yacine	CHU Tlemcen	Co-encadreur

Année Universitaire : 2019 ~ 2020

Remerciements

Avant tout nous remercions dieu de nous avoir donné la force, le courage, la patience, la santé et la volonté pour terminer notre étude.

Nos remerciements et nos sincères gratitude le plus distingue à vous :

Notre encadreur : Dr MEDJAHEDI Abdelkader, d'avoir accepté de nous encadrer ainsi que pour son aide, son soutien et ses précieux conseils.

Notre Co-encadreur : BENSENANE Yacine, pour son aide, gentillesse, disponibilité et pour tous ses conseils.

Nous tenons exprimer nos vifs remerciements pour nos professeur : Mr BENMOUNA Mustapha responsable de la physique médicale.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous tenons à remercier également tout le personnel de la médecine nucléaire du CHU de TLEMCEM pour leurs aides et leurs gentillesse.

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce travail à

- *Mes très chers parents*

Pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leur encouragements, et qui grâce à eux j'ai pu continuer mes études, Merci beaucoup d'être toujours là pour moi.

- *Mes très chers frères et sœurs*

Merci beaucoup de m'avoir encouragé et soutenu pour réaliser ce travail.

- *Ma belle famille.*

- *Mes neveux Mohammed, Rahim, Mohammed, Haroun et mes nièces Marawa, Wassila Rahaf, Rihab, Malak, Hadjer.*

- *Mes amis qui n'ont cessé de m'encourager en particulier Houda, Siham, Ikram, Sarah. Et surtout BENAOUA El houcine.*

BEKHTI Fatna

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à : mes plus chers au monde : mes parents en reconnaissance de leur soutien et leur gentillesse.

A mes chers frères et sœurs.

A toute ma famille.

A tous mes amis.

BENTAHER Mama

Listes des figures

Figure 1 : Les différents types des rayonnements.....	4
Figure 2 : Décroissance radioactive.....	6
Figure 3 : Activité radioactive.....	7
Figure 4: Emission alpha.....	8
Figure 5: Emission beta moins.....	9
Figure 6 : Emission beta plus.....	10
Figure 7: Radioactivité gamma.....	10
Figure 8: Effet photoélectrique.....	12
Figure 9: Effet Compton.....	12
Figure 10: Effet de matérialisation.....	13
Figure 11: Importance relative des trois formes d'interaction des photons avec la matière.....	14
Figure 12: Phénomène d'ionisation.....	15
Figure 13: Phénomène d'excitation.....	15
Figure 14: Phénomène de freinage.....	16
Figure 15: Principe d'un radio-pharmaceutique.....	17
Figure 16: Le principe de la scintigraphie.....	20
Figure 17 : Principe de gamma caméra.....	21
Figure 18: Gamma –caméra.....	22
Figure 19: Emission et annihilation d'un positon.....	23
Figure 20: Processus de l'imagerie par TEP.....	24
Figure 21 : La structure de la molécule d'ADN.....	27
Figure 22: Les lésions au niveau de l'ADN.....	28
Figure 23 : Schéma représentatif la différence entre électrolyse et radiolyse.....	28
Figure 24: Schéma globale d'irradiation cellulaire.....	30
Figure 25: Les liens entre les organismes internationaux.....	33

Figure 26: Diminution du débit de dose en fonction de la distance.....	35
Figure 27: Effet d'un blindage sur l'irradiation externe.....	35
Figure 28: Les règles de radioprotection.....	36
Figure 29: Pénétration des différents types de rayonnements ionisants dans le corps humain.....	37
Figure 30: Les différentes grandeurs utilisées en radioprotection.....	38
Figure 31: Types d'exposition et contamination.....	40
Figure 32: Les classifications des zones de travail.....	42
Figure 33: Dosimètre passive.....	43
Figure 34: Dosimétrie actif.....	44
Figure 35: Enceinte blindée.....	45
Figure 36: Poubelle plombée.....	45
Figure 37: Ecran de protection.....	46
Figure 38: Pince de manipulation à distance.....	46
Figure 39: Protège -seringues et protège –flacons.....	47
Figure 40: Chariot de transport.....	47
Figure 41: Tablier plombé.....	49
Figure 42: Les lunettes de protection.....	49
Figure 43: Les gants de protection.....	49
Figure 44: masque de protection anti - poussière FFP3 jetable.....	50
Figure 45: Protège thyroïde.....	50
Figure 46: Dosimètre opérationnel et débitmètre.....	54
Figure 47: Représentation à l'aide d'un histogramme des débits de dose par différents acteurs.	55
Figure 48: Représentation à l'aide d'un histogramme des débits de dose avec et sans blouse plombée.....	56

Figure 49: Représentation à l'aide d'un histogramme la dose à 9H par les différents locaux.	60
Figure 50: Représentation à l'aide d'un histogramme la dose à 10H par les différents locaux.	60
Figure 51: Représentation à l'aide d'un histogramme la dose à 11H par les différents locaux.	61
Figure 52: Représentation à l'aide d'un histogramme la dose à 12H par les différents locaux.	61
Figure 53: La répartition des patients en nombre selon l'âge.....	62
Figure 54: Pourcentage des patients traités par ira thérapie selon le sexe.....	63
Figure 55: La répartition des patients en nombre selon le débit de dose.....	64

Liste des tableaux

Tableau 1:Radioéléments utilisées en médecine nucléaire.....	18
--	----

Tableau 2: Principaux isotopes utilisées pour l'imagerie gamma.....	19
Tableau 3:Facteurs de pondération pour les rayonnements (W_r).....	37
Tableau 4 : Valeurs limites d'exposition.....	41
Tableau 5:La répartition des patients en nombre selon la dure d'hospitalisation.....	53
Tableau 6: Les mesures des débits de dose personnelles.....	54
Tableau 7:Les mesures des débits de dose personnelles avec et sans blouse plombée.....	55
Tableau 8: Les mesures des débits de dose devant les locaux.....	57
Tableau 9: Les mesures des débits de dose devant les locaux.....	58
Tableau 10: Les mesures des débits de dose devant les locaux.....	59
Tableau 11:La répartition des patients en nombre selon l'age.....	62
Tableau 12: La répartition des patients en nombre selon le sexe.....	63
Tableau 13: Répartition des patients en nombre selon le débit de dose.....	64

Résumé

La médecine nucléaire est une branche de la médecine qui utilise des produits radioactifs pour un but diagnostique ou thérapeutique, le principe de base de la médecine nucléaire est d'injecter au patient des produits radio pharmaceutiques qui ont la propriété de se fixer sur les organes et les tissus du patients, puis de capturer les ondes émis à l'aide d'un gamma caméra.

La radioprotection a pour but d'identifier, de prévenir et de limiter les risques sanitaires et environnementaux résultant des rayonnements ionisants. C'est pour ça tous les personnels professionnellement exposé aux rayonnements ionisants doit bénéficier d'une surveillance dosimétrique, donc le suivi dosimétrique du profil de poste dans le service médecine nucléaire est obligatoire.

Mots Clés :

Médecine nucléaire, produits radio pharmaceutiques, radioprotection, suivi dosimétrique du profil de poste.

Abstract:

Nuclear medicine is a branch of medicine which uses radioactive products for diagnostic or therapeutic purposes, the basic principle of nuclear medicine is to inject the patient with radio-pharmaceutical products which have the property of attaching themselves to the organs and the patient's tissues, then capture the emitted waves using a gamma camera.

The purpose of radiation protection is to identify, prevent and limit the health and environmental risks resulting from ionizing radiation. This is why all personnel professionally exposed to ionizing radiation must benefit from dosimetric monitoring, therefore dosimetric monitoring of the job profile in the nuclear medicine department is mandatory. Fore dosimetric monitoring of the job profile in the nuclear medicine department is mandatory.

Keywords:

Nuclear medicine, radiopharmaceuticals, radiation protection, dosimetric monitoring of the job profile.

ملخص:

يعد الطب النووي فرع من فروع الطب حيث يستخدم المواد الصيدلانية المشعة بهدف تشخيص الأمراض وعلاجها
المبدأ الأساسي للطب النووي هو حقن المريض بمواد مشعة لها خاصية التثبيت على أعضاء وأنسجة المريض ومن ثم
التقاط الموجات المنبعثة باستخدام كاميرا جاما .

تهدف الحماية من الإشعاع إلى ضمان عدم تعرض العمال والبيئة وحتى الجمهور للإشعاع غير المبرر

قد يتعرض الأفراد الذين يتعاملون مع هذه المواد لجرعات عالية لهذا يجب أن يستفيد جميع العاملين المعرضين للإشعاع،
المئين من المراقبة لمنع تجاوز الجرعات الذي قد يتسبب في آثار صحية ضارة وهو ما يسمى بمراقبة قياس الجرعات
للملف الوظيفي في الطب النووي

: الكلمات المفتاحية

الطب النووي، الحماية من الإشعاع، المواد المشعة، مراقبة قياس الجرعات

Table des matières

Introduction générale :..... 1

Chapitre 1 : Généralités sur la médecine nucléaire.....	2
1 Définitions :.....	3
2 L'objectif de la médecine nucléaire :.....	3
3 Les bases physiques en médecine nucléaire :.....	4
3.1 Classification des rayonnements :.....	4
3.1.1 Les rayonnements non ionisants :.....	4
3.1.2 Les rayonnements ionisants:.....	4
3.2 Radioactivité :.....	5
3.2.1 Définition :.....	5
3.2.2 La loi de décroissance :.....	5
3.2.3 L'activité :.....	6
3.2.4 Les différents types de désintégrations :.....	7
3.2.5 Période radioactive (période physique) :.....	11
3.2.6 Période biologique :.....	11
3.2.7 Période effective :.....	11
3.3 Les différentes interactions des rayonnements ionisants avec la matière :.....	11
3.3.1 Interactions des rayonnements électromagnétiques(les rayons X et les rayons gamma) avec la matière :.....	11
3.3.2 Interactions des particules chargées avec la matière :.....	14
3.3.3 Interaction des neutrons avec la matière :.....	16
4 Les médicaments radio pharmaceutiques :.....	17
4.1 Définition :.....	17
4.2 Les principaux radioéléments utilisés en médecine nucléaire :.....	18
5 Les activités des explorations :.....	19
5.1 Activités Diagnostic.....	19
5.1.1 La scintigraphie :.....	19
5.1.2 Tomographie d'émission mono photonique TEMP :.....	22
5.1.3 Tomographie d'émission de positons (TEP) :.....	23
5.2 Activités thérapeutiques :.....	24
6 Les différents profils de postes en médecine nucléaire :.....	25
Chapitre 2 : La radioprotection.....	26
1 Définition de la radioprotection :.....	27
2 L'objectif de la radioprotection :.....	27
3 Effets du rayonnement ionisant (La radiobiologie):.....	27
3.1 Effets moléculaires :.....	27
3.2 Effets cellulaires :.....	29

3.2.1	La mort cellulaire immédiate :	29
3.2.2	La mort différée :	29
3.2.3	Mutations cellulaires et cancérisation :	29
3.2.4	Facteurs de sensibilité cellulaire :	29
3.3	Effet tissulaires.....	30
3.4	Les effets pathologiques des rayonnements ionisants chez l'homme :.....	31
3.4.1	Effets déterministes (obligatoires):.....	31
3.4.2	Effets stochastiques (aléatoires) :	31
4	Organisation de la radioprotection :	31
4.1	Les organismes internationaux :	31
4.1.1	Commission Internationale des Unités et de Mesures Radiologiques (ICRU):.....	31
4.1.2	Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) :	32
4.1.3	L'UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation):.....	32
4.1.4	Agence International de l'Energie Atomique (AIEA) :	32
4.1.5	Communauté Européenne de l'Energie Atomique (Euratom) :	32
4.1.6	AFRA :	32
4.2	Les organismes nationaux :	33
4.2.1	Commissariat à l'Energie Atomique (COMENA) :	33
5	Principes fondamentaux de la radioprotection :	34
5.1	La justification :	34
5.2	L'optimisation :	34
5.3	Les limites de dose :	34
6	Les règles de radioprotection :	34
6.1	Le temps :	34
6.2	La distance :	35
6.3	L'écran :	35
7	Les grandeurs et les unités utilisées en radioprotection :	36
7.1	Les grandeurs dosimétriques :	36
7.1.1	La dose absorbée (D) :	36
7.1.2	Le débit de dose :	36
7.2	Les grandeurs de radioprotection :	37
7.2.1	La dose équivalente (H) :	37
7.2.2	Dose efficace(E) :	38
8	L'exposition et la contamination :	38
8.1	Types d'exposition :	38

8.1.1	Exposition externe sans contact cutané (irradiation) :.....	38
8.1.2	Exposition externe par contact cutané (contamination externe) :.....	39
8.1.3	L'exposition interne (contamination interne) :.....	39
8.2	Contamination :.....	39
8.2.1	La contamination surfacique :.....	39
8.2.2	La contamination atmosphérique (ou volumique) :.....	40
8.2.3	La contamination corporelle.....	40
9	Classification des travailleurs :.....	40
9.1	Catégorie A :.....	40
9.2	Catégorie B :.....	41
10	Classification des zones :.....	41
10.1	Zone public (ZP):.....	41
10.2	Zone surveillée (ZS) :.....	41
10.3	Une zone contrôlée (ZC) :.....	42
11	Intérêt de la surveillance :.....	43
12	Les moyens de surveillance :.....	43
12.1	Dosimétrie passive (dosimétrie de référence) :.....	43
12.2	Dosimétrie opérationnelle (active).....	43
13	Les moyens de protection :.....	44
13.1	Les moyens de protection collective :.....	44
13.2	Les moyens de protection individuelle :.....	48
Chapitre 3 : Étude pratique aux niveaux de service médecine nucléaire CHU -TLEMCCEN.....		51
1	Introduction :.....	52
2	Matériel et méthode :.....	52
3	Les résultats :.....	54
4	Discussion:.....	64
Conclusion générale :.....		65
Références :.....		66

Introduction générale :

La médecine nucléaire est une branche de la médecine qui utilise des produits radio pharmaceutiques pour un but diagnostique ou thérapeutique, en imagerie de médecine nucléaire un produit radioactif est administré au patient qui s'accumule dans les organes du corps à explorer une fois capté il émet des ondes qui seront captées par une gamma caméra, pour le traitement en médecine nucléaire il s'agit d'une radiothérapie métabolique vectorisée par des radionucléides émetteurs bêta ou alpha.

Le personnel travaillant en médecine nucléaire est soumis au travail sous rayonnement avec des sources non scellées, ils peuvent être exposés au différents moments de l'activité quotidienne du service, la radioprotection a pour but d'assurer que ni le personnel ni l'environnement ou même le public ne soient exposés à des rayonnements non justifiés.

Pour une meilleure protection contre les rayonnements ionisants passe par un respect des règles de radioprotection, l'organisation de l'activité et le suivi du personnel.

L'objectif principal :

- Démontrer le rôle de la radioprotection au service de médecine nucléaire.

L'objectif secondaire :

- l'intérêt de la surveillance dosimétrique.

Problématique :

- Est-ce que le service médecine nucléaire respecte les règles de radioprotection ?
- Est-ce que la surveillance dosimétrique est efficace ?

Chapitre 1 :

***Généralités sur
la médecine
nucléaire.***

1 Définitions :

La médecine nucléaire est une spécialité médicale qui permet le diagnostic et le suivi thérapeutique de plusieurs pathologies. Elle correspond à l'utilisation dans un but médical des produits radio pharmaceutiques en sources non scellées. Ils sont dits sources non scellées, ce qui veut dire est une source dont le conditionnement et la forme physicochimique ne permettent pas lors de son utilisation normale de prévenir une dispersion de la substance radioactive dans le milieu ambiant.

La médecine nucléaire utilise principalement deux types de rayonnements les rayonnements gamma sont utilisés pour le diagnostic et les rayons beta sont utilisés pour le traitement. Le principe de la médecine nucléaire est d'administrer une substance radioactive au patient. Cette substance se répartit dans l'ensemble de l'organisme, puis selon le type de molécule administrée, elle se concentre dans une zone ou un organe privilégié. [1]

2 L'objectif de la médecine nucléaire :

L'objectif principal de la médecine nucléaire est de permettre le diagnostic et la thérapie de plusieurs pathologies, mais permet aussi des études plus spécifiques, par exemple de déterminer la morphologie d'un organe ou de suivre le cheminement d'un radio-isotope le long des vaisseaux sanguins ou des voies lymphatiques. La médecine nucléaire est une technique de visualisation qui permet d'étudier le fonctionnement de presque tous les organes du corps humain. [2]

3 Les bases physiques en médecine nucléaire :

3.1 Classification des rayonnements :

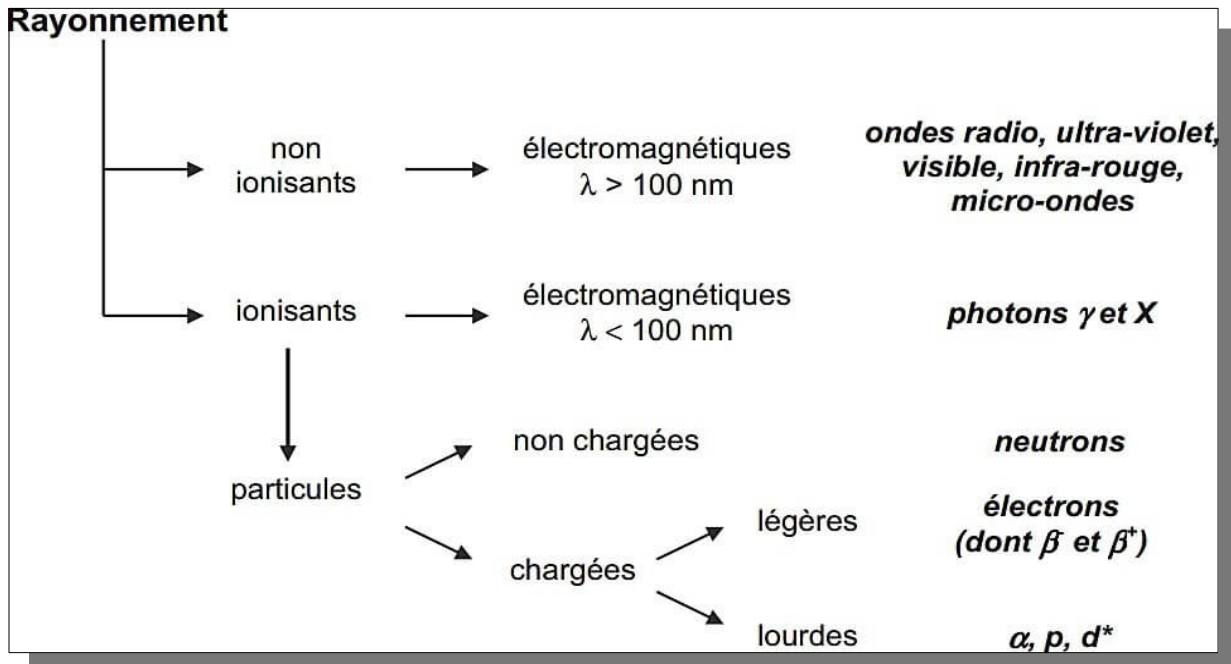


Figure 1 : Les différents types des rayonnements.

3.1.1 Les rayonnements non ionisants :

Les rayonnements non ionisants ont une énergie insuffisante pour ioniser la matière, ce type de rayonnement est constitué principalement de rayonnement électromagnétique (Ondes radio, Ultra-violet, Infra-rouge, micro-ondes) de longueur d'onde supérieure à 100 nanomètres.

3.1.2 Les rayonnements ionisants:

Un rayonnement est dit ionisant lorsqu'il est capable d'arracher des électrons à la matière, ce qui signifie « un rayonnement ionisant est un transport d'énergie sous la forme des particules ou d'ondes électromagnétiques d'une longueur d'onde inférieure ou égale à 100 nanomètres, soit d'une fréquence supérieure ou égale à 3×10^{15} hertz, pouvant produire des ions directement ou indirectement. ». L'équivalent en énergie correspond à 12,4 eV. Parmi ces rayonnements, on distingue deux types : les rayonnements directement ionisants et les rayonnements indirectement ionisants.

3.1.2.1 Rayonnements directement ionisants :

Ce sont des particules chargées qui transmettent leur énergie directement à la matière par des forces coulombiennes. On a les particules chargées lourdes (proton, deuton, alpha, ions lourds) et les particules légères (les électrons, les positrons).

3.1.2.2 Rayonnements indirectement ionisants :

Sont capables de transférer une partie ou la totalité de leur énergie en une seule interaction à des particules chargées. Ce type de rayonnement est constitué essentiellement de rayonnements électromagnétique (X, gamma) et des neutrons.

3.2 Radioactivité :

3.2.1 Définition :

La radioactivité est un phénomène dans lequel certains noyaux se désintègrent spontanément pour donner un autre noyau en émettant des particules ou des rayonnements. Le noyau radioactif qui se désintègre est appelé le noyau « père » et le noyau qui se forme le noyau « fils ». Les particules qui se forment dépendent du type de désintégration. [3]

3.2.2 La loi de décroissance :

Soit une population N_t de noyaux radioactifs d'un même isotope présents au temps t . Le nombre n de noyaux qui se désintègre pendant le laps de temps dt :

$$n = N_t \cdot \lambda \cdot dt$$

Et la variation du nombre de noyaux au cours du temps :

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda \cdot N_t$$

Ou encore :

$$\frac{dN}{N_t} = -\lambda \cdot dt$$

Le signe $-$ indique que le nombre de noyaux radioactifs diminue avec le temps qui s'écoule.

En intégrant cette équation différentielle :

$$N_t = N_0 \cdot e^{-\lambda \Delta t}$$

N_t = nombre de noyaux radioactifs présent au temps t .

N_0 = nombre de noyaux radioactifs présent au temps t_0 .

Δt = temps écoulé entre t_0 et t , soit $(t - t_0)$. [4]

λ = représente la **constante de désintégration** caractéristique de l'isotope considéré.

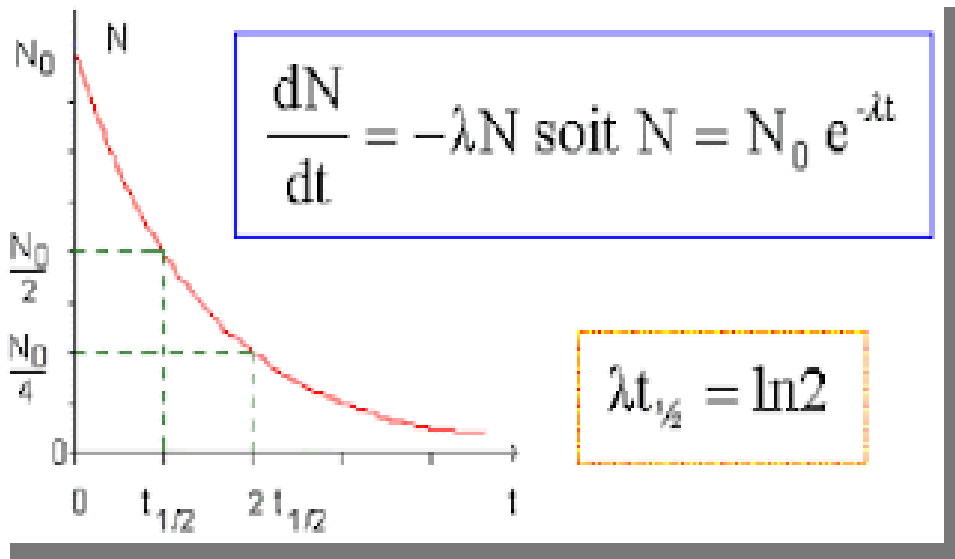


Figure 2 : Décroissance radioactive.

3.2.3 L'activité :

L'activité d'une substance radioactive est le nombre de désintégrations par unité de temps. [5]

C'est la valeur absolue du rapport dN / dt :

$$A = \left| \frac{dN}{dt} \right| \text{ et } A = \lambda \cdot N = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda t} = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

L'unité permettant de mesurer l'activité radioactive d'une source est le becquerel (Bq). 1becquerel correspond à 1désintégration par seconde. Il est important de remarquer que l'activité d'une source radioactive ne dépend donc pas seulement de la nature de la substance mais aussi de la quantité de la matière radioactive. [4]

Les noyaux radioactifs émettent trois sortes de rayonnements appelés par les physiciens alpha, bêta et gamma, les trois premières lettres de l'alphabet grec [7] :

- Rayonnement bêta β^- , qui sont des électrons du noyau.
- Rayonnement bêta β^+ , qui sont des positrons du noyau. Ces émissions sont chargées positivement.
- Rayons gamma γ , qui sont des ondes électromagnétiques de haute énergie.
- Le rayonnement alpha α est caractéristique des éléments lourds.

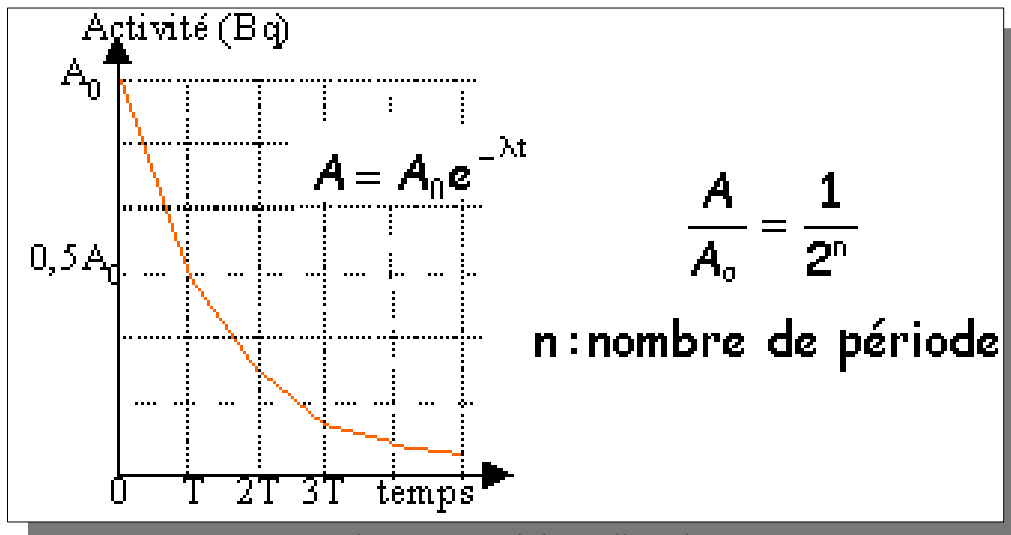


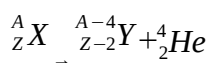
Figure 3 : Activité radioactive.

3.2.4 Les différents types de désintégrations :

3.2.4.1 Désintégration alpha :

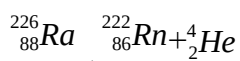
La radioactivité alpha (ou rayonnement alpha, symbolisé α) est une forme de désintégration radioactive où un noyau atomique éjecte une particule alpha et se transforme en un noyau de nombre de masse A diminué de 4 et de numéro atomique Z diminué de 2 [8]. Cette désintégration peut s'écrire en utilisant une équation-bilan qui respecte les quatre règles de conservation.

La désintégration alpha concerne les noyaux lourds. La réaction s'écrit si ${}^A_Z X$ est le noyau initial et Y le noyau final [6] :



Le rayonnement α est constitué d'un noyau d'hélium comprenant 2 protons et 2 neutrons.

Exemple : La désintégration du radium 226 en radon 222.



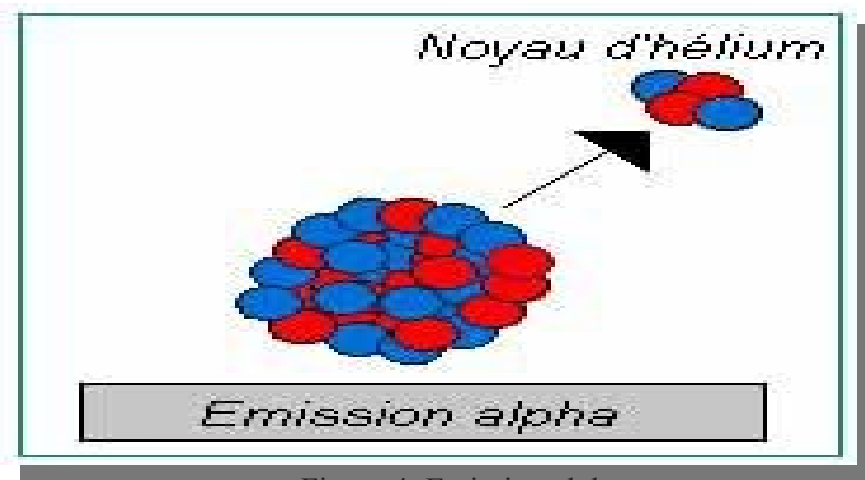


Figure 4: Emission alpha.

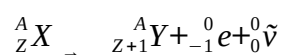
3.2.4.2 Désintégration beta :

La radioactivité bêta ou émission bêta (symbole β) est un type de désintégration radioactive dans laquelle une particule bêta (un électron ou un positron) est émise. On parle de désintégration bêta moins (β^-) (basse énergie) ou bêta plus (β^+) (haute énergie) selon que c'est un électron (particule chargée négativement) ou un positron (particule chargée positivement) qui est émis [9]. Le nombre de masse A ne change pas lors de la désintégration β .

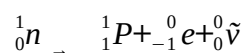
Désintégration β^- :

La désintégration β^- concerne les noyaux riches en neutrons.

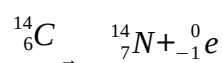
La réaction s'écrit :



Au cours de cette réaction, un neutron (${}^1_0 n$) est transformé en proton (${}^1_1 P$) avec émission d'un électron (${}^0_{-1} e$) et d'un antineutrino (${}^0_0 \tilde{\nu}$): [6]



Exemple : La désintégration du carbone 14 en azote 14.



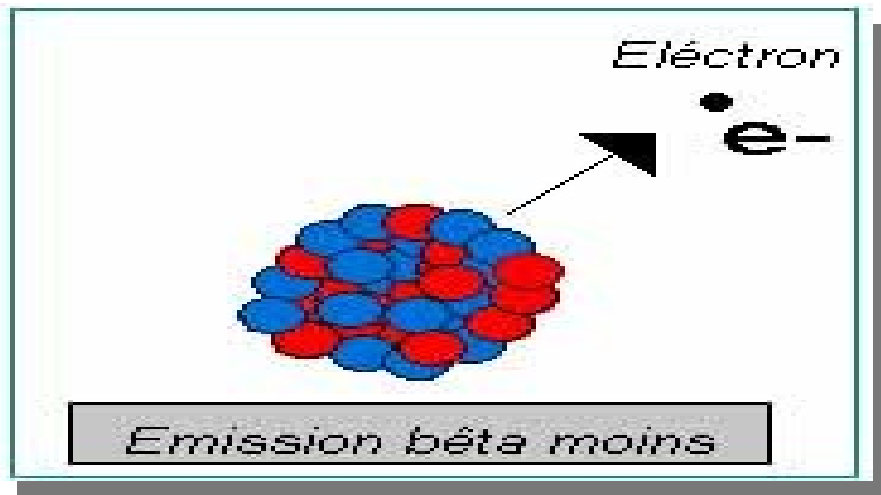
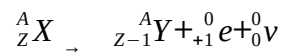


Figure 5: Emission beta moins.

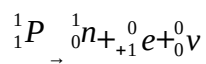
Désintégration β^{-} :

La désintégration β^{-} concerne les noyaux riches en protons.

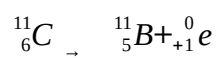
La réaction s'écrit :



Ce processus correspond à la transformation d'un proton (${}^1_1 P$) en neutron (${}^1_0 n$) avec émission d'un positron (${}^0_{+1} e$) et d'un neutrino (${}^0_0 \nu$) : [6]



Exemple : La désintégration du carbone 11 en bore 11.



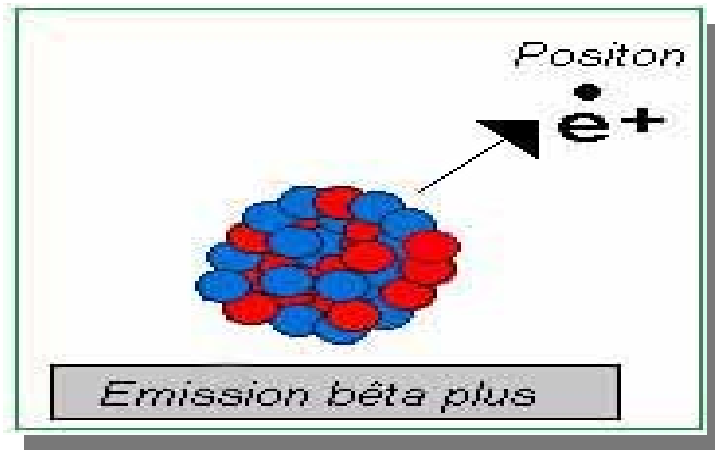


Figure 6 : Emission beta plus.

3.2.4.3 La radioactivité gamma :

Après émission de la particule alpha ou bêta, le noyau est encore excité car ses protons et ses neutrons n'ont pas trouvé leur équilibre. Il se libère alors rapidement d'un trop plein d'énergie par émission d'un rayonnement gamma. [7]

Exemple : le cobalt 60 se transforme par désintégration bêta en nickel 60 qui atteint un état stable en émettant un rayonnement gamma.

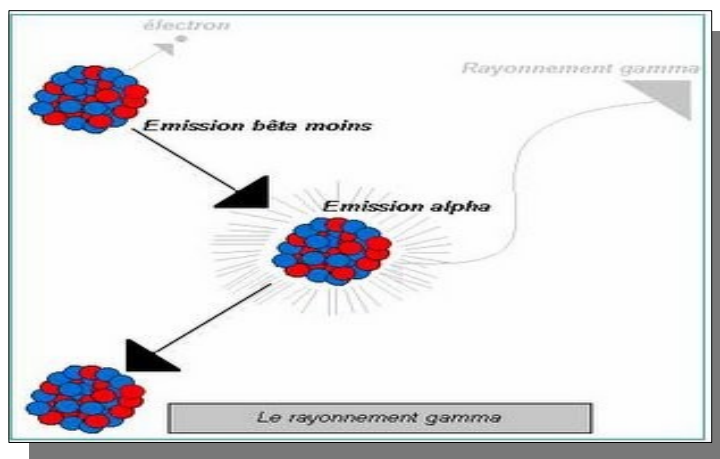
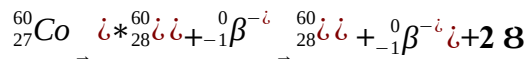


Figure 7: Radioactivité gamma.

3.2.5 Période radioactive (période physique) :

La période radioactive T_p correspond au temps au bout duquel le nombre de noyaux d'une population d'un radionucléide donné a diminué de moitié. [4]

Si au temps t_0 le nombre de noyaux radioactifs présent est égal à N_0 .au bout d'une période T il n'en restera plus que la moitié.

$$N_t = N_0 \cdot e^{-\lambda T}$$

$$\frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda T}$$

$$\text{D'où : } \lambda \cdot T = \ln 2 \text{ ou } \lambda \cdot T = 0,693 \quad = \quad T = \frac{0,693}{\lambda}$$

Dans le système international la période radioactive T est exprimée en seconde.

3.2.6 Période biologique :

La période biologique T_B correspond à la durée nécessaire pour que disparaisse d'un organisme donné la moitié de la masse d'un élément biogène constituant un être vivant, ou de tout autre élément présent dans sa biomasse. [8]

3.2.7 Période effective :

La période effective T_{eff} est le temps nécessaire pour que la radioactivité présente à un moment donné soit divisée par 2. [9]

$$\frac{1}{T_{eff}} = \frac{1}{T_P} + \frac{1}{T_B}$$

3.3 Les différentes interactions des rayonnements ionisants avec la matière :

Quand un rayonnement passe à travers la matière il peut y avoir les interactions suivantes :

3.3.1 Interactions des rayonnements électromagnétiques (les rayons X et les rayons gamma) avec la matière :

Les rayonnements électromagnétiques interagissent avec la matière par plusieurs processus :

- L'effet photoélectrique
- L'effet Compton
- La création de paire

3.3.1.1 Effet photoélectrique :

L'effet photoélectrique est prépondérant pour les énergies situées entre 0,01 et 0,1 MeV, lorsque le photon incident transmet toute son énergie à un électron très lié du milieu et l'éjecte tout en lui communiquant une certaine énergie cinétique [10]

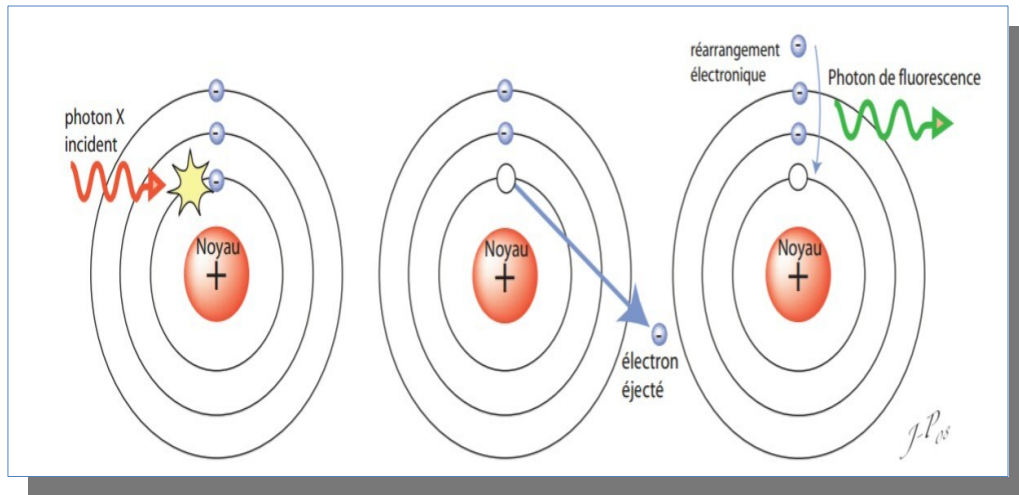


Figure 8: Effet photoélectrique.

3.3.1.2 Effet Compton :

L'effet Compton est prépondérant pour les énergies situées entre 0,1 et 10 MeV, quand l'énergie du photon incident est transmise d'une part à un électron peu lié du milieu qui est éjecté et d'autre part à un photon diffusé. [10]

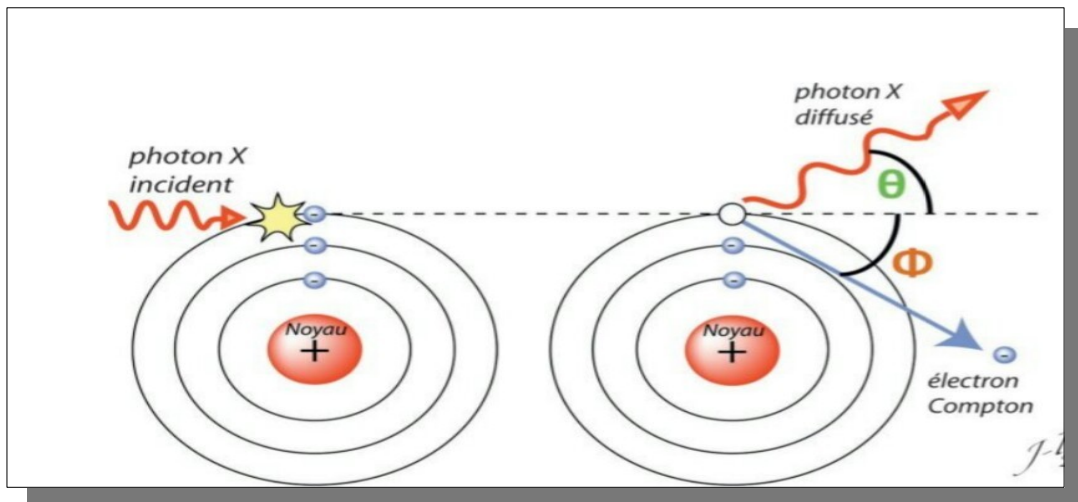


Figure 9 : Effet Compton.

3.3.1.3 Effet de matérialisation :

L'effet de matérialisation prépondérant aux énergies supérieures à 1,022 MeV, quand le photon incident perd son énergie, il pénètre dans le champ d'un noyau et aboutit à la naissance de deux particules matérielles de charges opposées (création de paire). Ce processus n'est possible que si l'énergie du photon incident est supérieure à deux fois la valeur de l'équivalent énergétique de l'électron ($E = 2 \times 0,511 \text{ MeV} = 1,022 \text{ MeV}$). [10]

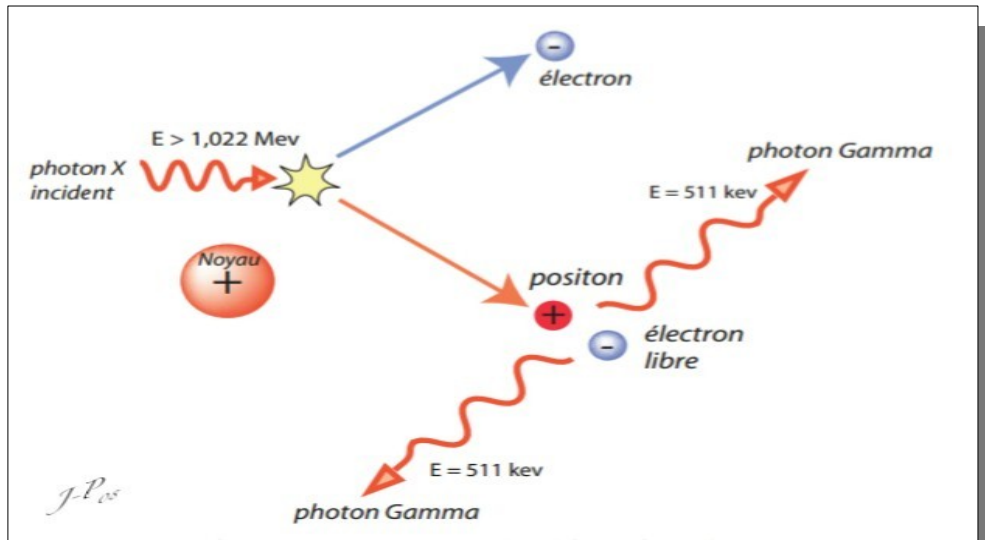


Figure 10: Effet de matérialisation.

III.3.1.4. Comparaison des 3 effets :

Par rapport au faisceau incident :

- Effet photoélectrique : absorption totale
- Effet Compton : absorption partielle et diffusion
- Effet de matérialisation : absorption totale

Par rapport à la cible :

- Effet photoélectrique = électrons K ou L
- Effet Compton = électrons périphériques
- Création de paires = noyau

3.3.1.4 Domaines de prédominance :

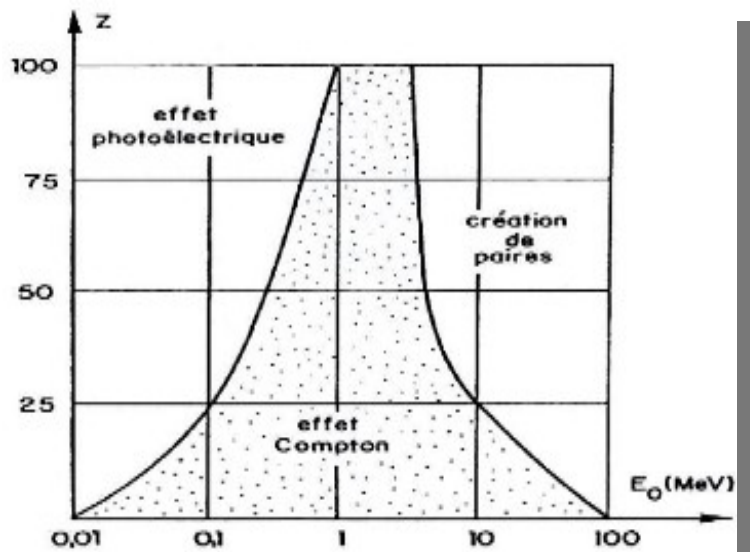


Figure 11: Importance relative des trois formes d'interaction des photons avec la matière.

D'après la figure :

Effet photoélectrique : énergie faible et haute Z.

Effet Compton : énergie moyenne et Z moyen.

Création de paires : énergie élevée et Z élevé

3.3.2 Interactions des particules chargées avec la matière :

Une particule chargée passant au voisinage d'un atome peut interagir avec l'un des électrons ou avec le noyau de l'atome cible.

3.3.2.1 Interaction avec un électron de l'atome cible :

L'énergie ΔE cédée par la particule incidente est transférée à l'électron de l'atome cible, il y a deux phénomènes peuvent se produire (**l'ionisation** et **l'excitation**) selon que ΔE est suffisante ou non pour éjecter l'électron de son orbite, notons W_l l'énergie de liaison de cet électron. [11]

- Quand $\Delta E \geq W_l$: L'électron est éjecté de son orbite avec une énergie cinétique $(W_l - \Delta E)$, il se produit une **ionisation** de l'atome cible. L'électron éjecté, dit électron secondaire peut à son tour créer d'autres ionisations si son énergie cinétique est suffisante. [11]

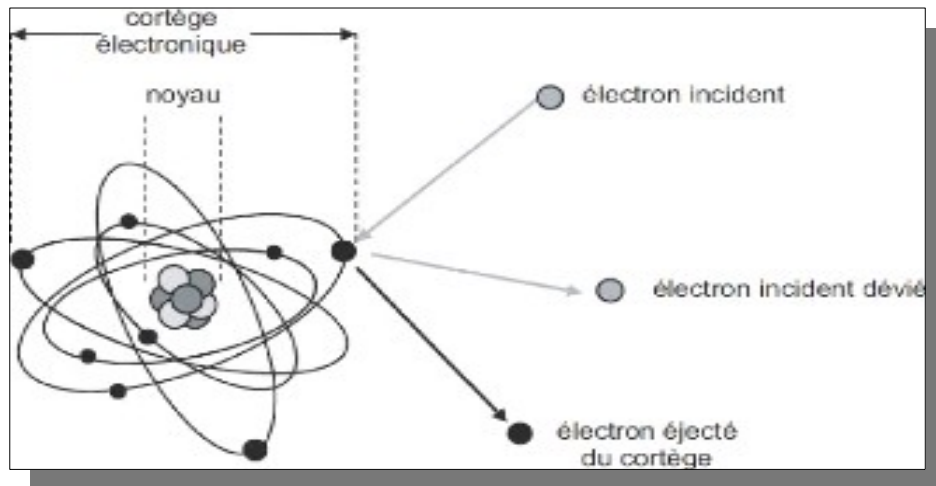


Figure 12: Phénomène d'ionisation.

- Lorsque $\Delta E < W_i$: Le transfert d'énergie ΔE ne peut produire aucune ionisation mais peut porter l'électron cible à un niveau énergétique supérieur avec **excitation** de l'atome cible. Quand ΔE est faible, cette excitation aboutit à une dissipation thermique, et quand ΔE est plus élevée, l'énergie transférée peut secondairement être dissipée sous forme d'une émission électromagnétique peu énergétique. [11]

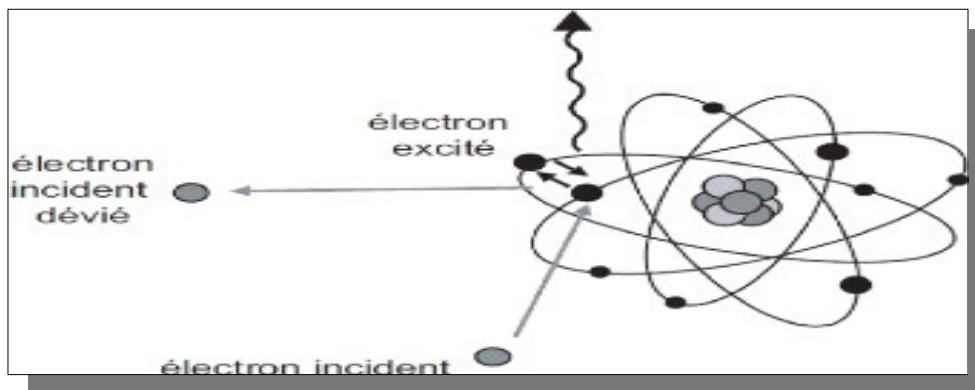


Figure 13: Phénomène d'excitation.

3.3.2.2 Interaction avec le noyau de l'atome cible :

Lorsque une particule chargée passe à proximité du noyau de l'atome cible, elle est repoussée ou attirée par le noyau selon la charge est négative ou positive. La trajectoire de la particule est déviée, ce qui entraîne une perte d'énergie cinétique, émise sous la forme d'un rayonnement électromagnétique (rayonnement de **freinage**). [11]

Lorsque la particule incidente passe près du noyau, elle est fortement freinée et déviée avec émission d'un photon très énergétique. et quand la particule passe loin du noyau, elle est peu déviée et freinée et le photon de freinage a une énergie faible. [11]

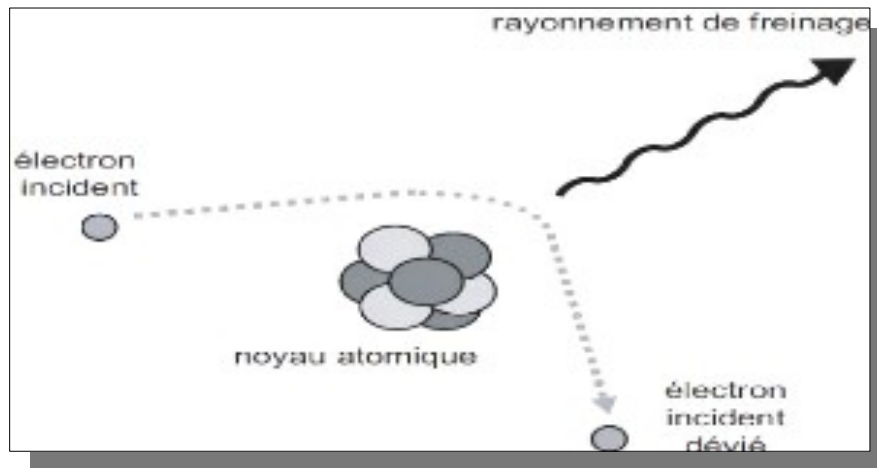


Figure 14: Phénomène de freinage.

3.3.3 Interaction des neutrons avec la matière :

Les neutrons sont des particules non chargées, ils ont une interaction négligeable avec les électrons de la matière. Ils perdent leur énergie cinétique par interaction avec les noyaux. Les interactions avec les noyaux :

3.3.3.1 La capture radiative pour les neutrons lents ($E < 1 \text{ KeV}$) :

Le neutron est absorbé par le noyau qui donne un nouveau noyau instable retournant à l'état fondamental par émission γ . La réaction s'écrit : [12]



3.3.3.2 La diffusion élastique pour les neutrons rapides ($E > 1 \text{ KeV}$) :

Le neutron rapide frappe un noyau auquel il cède une partie de son énergie cinétique. Le neutron frappé a un TLE élevé et les ionisations créées indirectement par les neutrons rapides sont localement très denses. La probabilité des chocs élastiques est très faible parce que le diamètre du noyau très faible par rapport le diamètre de l'atome. Il en résulte que les neutrons rapides sont très pénétrants. [12]

4 Les médicaments radio pharmaceutiques :

4.1 Définition :

Un produit radio pharmaceutique est un médicament employé à des fins diagnostiques ou thérapeutiques. Il est constitué par un isotope radioactif dénommé radionucléide ou

radioélément et le plus souvent combiné à un vecteur .il est fondé sur les propriétés de l'émission radioactive d'un radioélément. [10]

Isotope radioactif (radioélément) +Vecteur=radio pharmaceutique (traceur)

Il est choisi selon certains critères :

- Nature du rayonnement,
- Energie du rayonnement,
- Période physique,
- Filiation.

Les voies d'administration du traceur :

- Voie veineuse : la plus courante, le produit radio pharmaceutique va être transporté et suivra le métabolisme du vecteur.
- Voie orale : cette méthode concerne en particulières études de vidange gastrique ou de reflux gastro-œsophagien.
- Par inhalation : ceci concerne l'étude de la ventilation pulmonaire. [13]

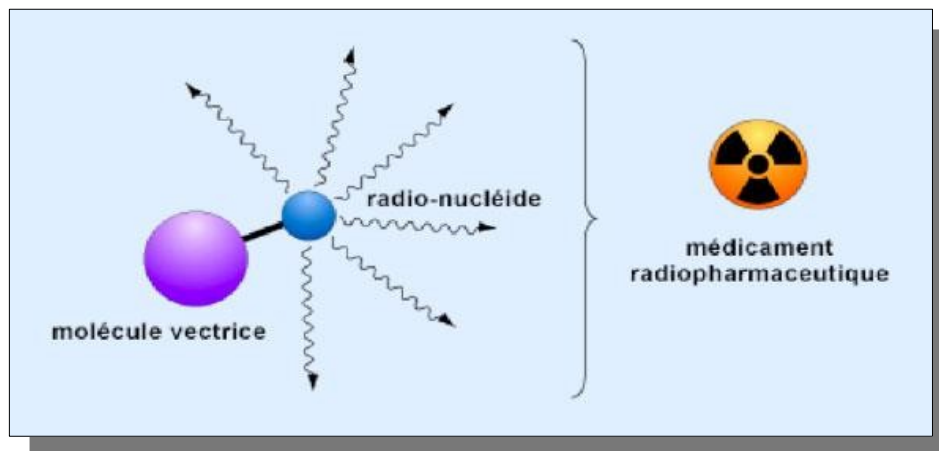


Figure 15: Principe d'un radio-pharmaceutique.

4.2 Les principaux radioéléments utilisés en médecine nucléaire :

Radioélément	Symbole	Période
Carbone-11	$^{11}_6\text{C}$	20, 3 minutes

Chrome-51	$^{51}_{24}\text{Cr}$	27,8 jours
Cobalt-57	$^{57}_{27}\text{Co}$	270 jours
Cobalt-60	$^{60}_{27}\text{Co}$	5,26 années
Fluor-18	$^{18}_9\text{F}$	109 minutes
Gallium-67	$^{67}_{31}\text{Ga}$	78 ,1 heures
Gallium-68	$^{68}_{31}\text{Ga}$	68, 3 minutes
Indium-111	$^{111}_{49}\text{In}$	2,8 jours
Indium-113m	$^{113m}_{49}\text{In}$	99minutes
Iode-123	$^{123}_{53}\text{I}$	13heures
Iode-131	$^{131}_{53}\text{I}$	8,06 jours
Fer-52	$^{52}_{28}\text{Fe}$	8,3 jours
Molybdène	$^{99}_{42}\text{Mo}$	66,7 heures
Azote-13	$^{13}_7\text{N}$	10 minutes
Oxygène-15	$^{15}_5\text{O}$	124 secondes
Phosphore-32	$^{32}_{15}\text{P}$	14,3 jours
Rubidium-82	$^{82}_{37}\text{Rb}$	1,3 minute
Technétium-99m	$^{99m}_{43}\text{Tc}$	6 ,03heures
Thallium-201	$^{201}_{81}\text{Tl}$	73 heures
Xénon-127	$^{127}_{54}\text{Xe}$	36,4 jours
Xénon-133	$^{133}_{54}\text{Xe}$	5,3 jours

Tableau 1:Radioéléments utilisées en médecine nucléaire.

5 Les activités des explorations :

5.1 Activités Diagnostic

La médecine nucléaire est une spécialité qui offre un outil de diagnostic non invasif qui est utilisé pour plusieurs pathologies et le diagnostique des affections touchant divers organes.

Organes	Isotopes utilisés	Maladie recherchée
Poumons	^{99m}Tc , ^{133}Xe , ^{81m}Kr	Embolies, affections respiratoires
Os	^{99m}Tc	Tumeurs, infections, fractures osseuses
Thyroïde	^{99m}Tc , ^{123}I , ^{131}I	Hyper/hypothyroïdie, tumeurs

Rein	^{99m}Tc , ^{131}I , ^{111}In	Fonctions rénales
Cerveau	^{99m}Tc , ^{123}I , ^{133}Xe	Embolies, débit sanguin, tumeurs, troubles neurologiques
Foie, pancréas	^{99m}Tc , ^{111}In	Tumeurs
Abdomen	^{99m}Tc , ^{67}Ga	Tumeurs
Sang	^{99m}Tc , ^{111}In	Infections, volume sanguin et circulation sanguine
Cœur	^{99m}Tc , ^{201}Tl , ^{82}Rb	Fonction et viabilité du myocarde
Tous les organes	^{99m}Tc , ^{111}In , ^{67}Ga , ^{201}Tl	Tumeurs

Tableau 2: Principaux isotopes utilisés pour l'imagerie gamma.

Actuellement deux techniques de scintigraphie sont utilisées :

- la tomographie par émission mono photonique (TEMP)
- la tomographie par émission de positons (TEP)

5.1.1 La scintigraphie :

La scintigraphie est une technique d'imagerie fonctionnelle plus qu'anatomique. Elle apporte des informations diagnostiques. Son principe est basé sur l'administration par voie orale, par inhalation ou par intraveineuse d'un produit radioactif. [14]

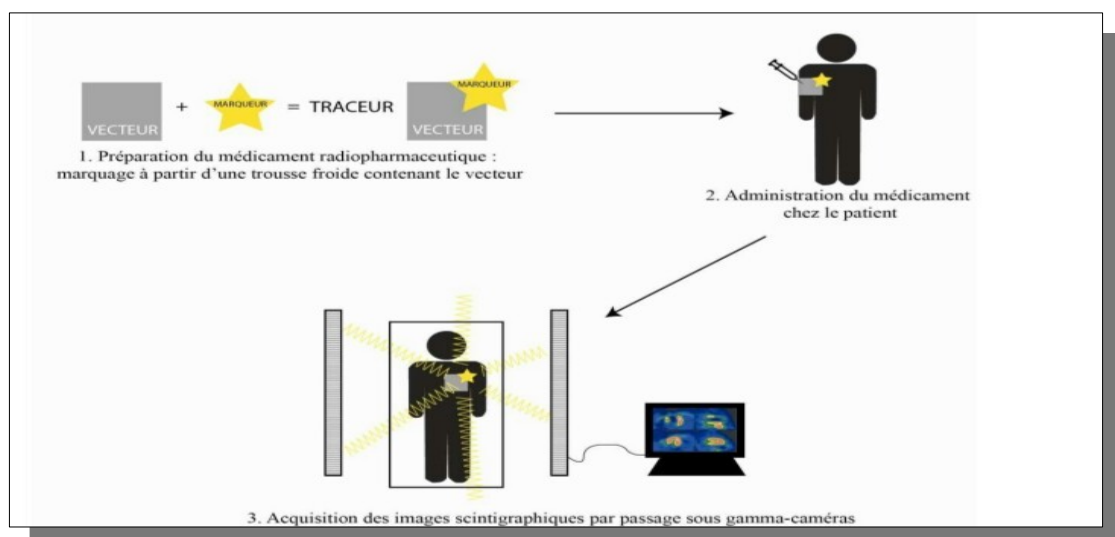


Figure 16: Le principe de la scintigraphie.

Il existe de nombreux types de scintigraphie :

✓ **La scintigraphie osseuse :**

La scintigraphie osseuse est un examen qui étudie la distribution d'un produit radioactif au niveau du squelette. Elle détecte toute augmentation du métabolisme osseux correspondant à une lésion. Elle permettant la détermination des zones métastasées sur le squelette. [15]

✓ **Scintigraphie pulmonaire de ventilation:**

Elle permet d'obtenir une image de l'ensemble des alvéoles des voies aériennes accessibles par l'utilisation de gaz radioactif inhalé.

✓ **Scintigraphie de perfusion myocardique :**

Pour démontrer un défaut de perfusion d'un territoire (suspicion de sténose ou d'occlusion coronaire). [14]

✓ **La scintigraphie thyroïdienne :**

Elle permet de dépister les anomalies de fonctionnement de la glande thyroïdienne (hyper-ou hypo- thyroïdie) ainsi que les tumeurs malignes de cette glande. [15]

✓ **La scintigraphie rénale :**

Permet de vérifier le fonctionnement des reins et l'élimination de l'urine par les voies urinaires.

✓ **La scintigraphie cérébrale :**

Permet d'observer un défaut de circulation au niveau du cerveau et de contrôler l'état des vaisseaux d'irrigation.

Gamma caméra :

➤ **Le principe :**

Le principe du gamma caméra est de transformer les photons gamma émis par le patient après l'administration d'un produit radio pharmaceutique, en une grandeur physique mesurable (un courant électrique). La localisation de ces photons aboutit à une image scintigraphique de la répartition du médicament. [10]

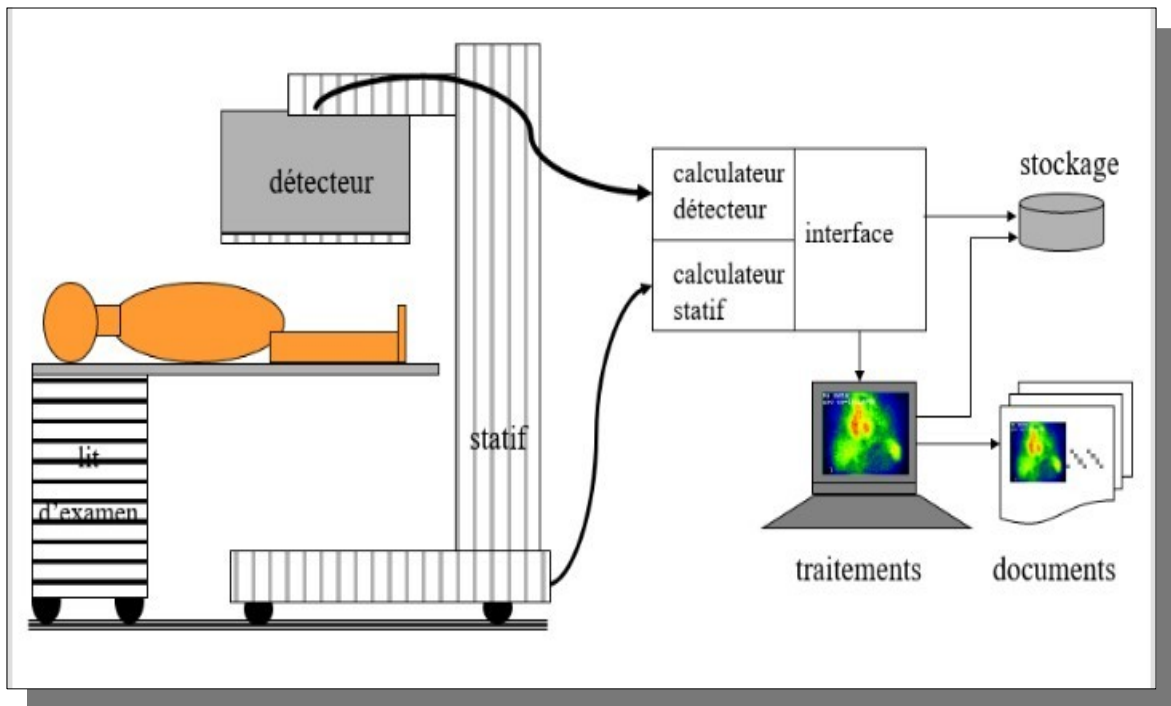


Figure 17 : Principe de gamma caméra.



Figure 18: Gamma –caméra.

➤ **Les composants du gamma caméra :**

Les principaux éléments de la caméra à scintillation sont :

➤ **La tête de détection :**

La tête de détection d'un gamma camera qui en mouvement comporte :

- Un collimateur
- Un cristal scintillateur
- Un guide de lumière
- Un arrangement de tubes photomultiplicateur
- Une électronique de détection et de positionnement

La tête de détection est protégée par un blindage en plomb.

5.1.2 Tomographie d'émission mono photonique TEMP :

Tomographie d'émission mono photonique est une technique d'imagerie fonctionnelle basée sur l'administration d'un produit radio pharmaceutique marqué à l'aide d'un radioélément émetteur de rayon gamma, où l'on recueille la radioactivité par détection externe grâce à un gamma caméra qui tourne autour du patient permet d'obtenir des images tomographiques. [16] à l'aide d'un algorithme de reconstruction, l'ordinateur reconstruit les images de la distribution des radionucléides dans l'organe à trois dimensions.

5.1.3 Tomographie d'émission de positons (TEP) :

La tomographie par émission de positons (TEP) est une technique d'imagerie isotopique basée sur l'utilisation des produits radio pharmaceutiques marqués avec des isotopes émetteurs de positons (β^+). Quand émis, le positon entre en collision avec un électron du cortège, ce qui aboutit à une réaction d'annihilation et à la production de deux photons de 511 keV, émis à 180° l'un de l'autre.

Ceux-ci sont détectés par coïncidence, à l'aide d'une caméra TEP. Les coïncidences sont converties en images tomographiques grâce à des techniques mathématiques de reconstruction qui sont corrigées pour l'atténuation des tissus et pour la demi-vie physique du produit radio pharmaceutique, pour l'obtention d'images en 3D. [17]

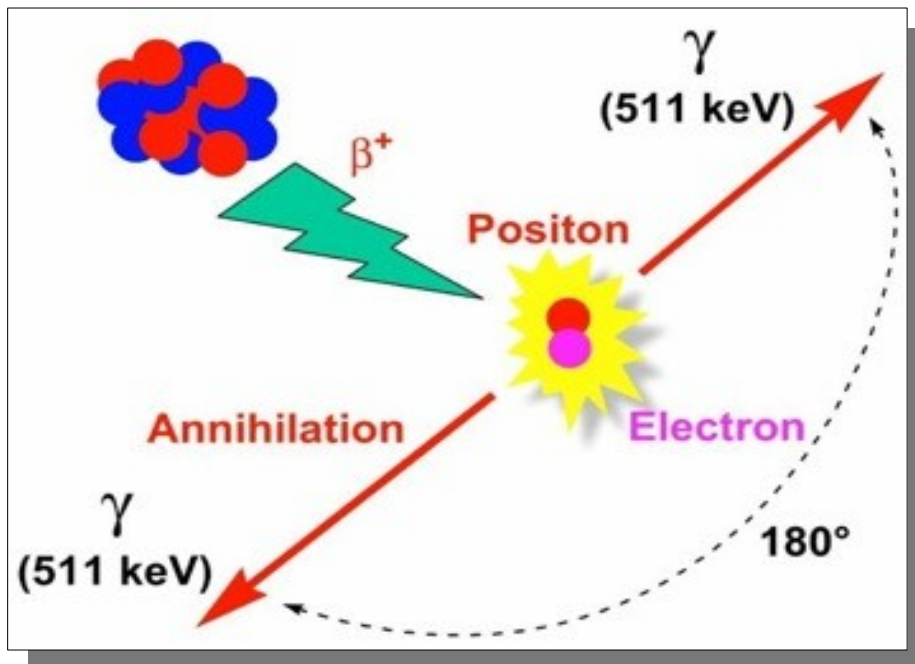


Figure 19: Emission et annihilation d'un positon.

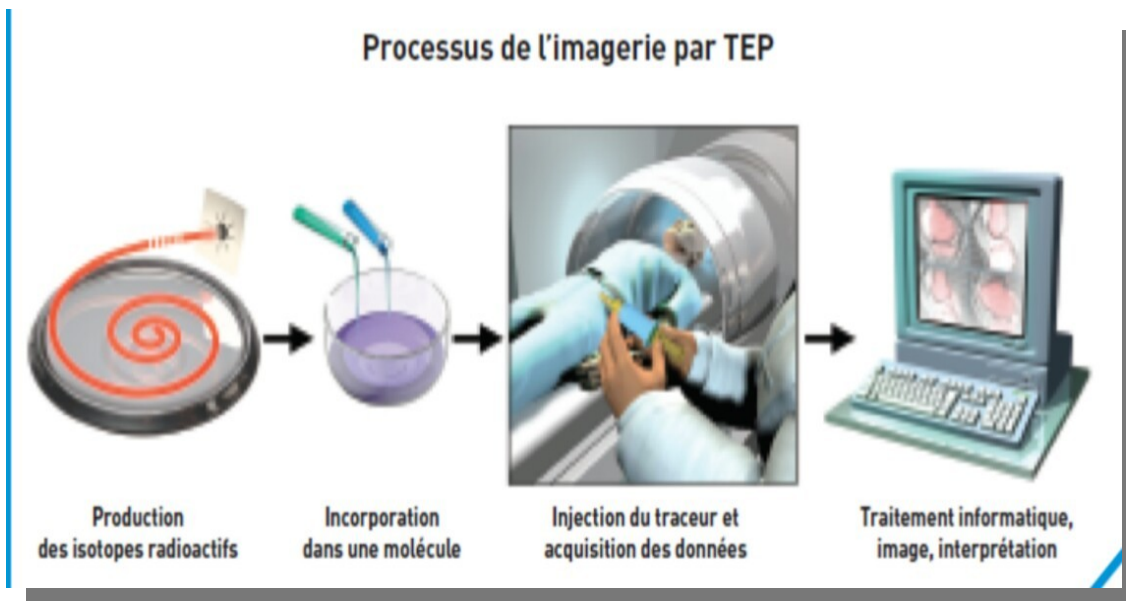


Figure 20: Processus de l'imagerie par TEP.

5.2 Activités thérapeutiques :

L'activité thérapeutique en médecine nucléaire est basée sur l'administration d'un traceur émetteur de rayons β (ou α) qui se fixe au niveau d'un tissu cible va délivrer une irradiation locale pour détruire les cellules cibles en épargnant les tissus sains environnants. Cette activité est appelée radiothérapie métabolique ou radiothérapie interne vectorisée. Par exemple, dans le service de médecine nucléaire l'utilisation de l'iode ^{131}I à petite dose permet de l'ablation postopératoire de tissu thyroïdien dans le traitement de l'hyperthyroïdie et à dose élevée au cours de l'hospitalisation de plusieurs jours dans le traitement de certains cancers thyroïdiens. [18]

6 Les différents profils de postes en médecine nucléaire :

Postes	Missions
Médecin nucléaire	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Justification et réalisation des actes diagnostiques et thérapeutiques comportant l'administration d'un produit radio pharmaceutique au patient. [19] ▪ la formation des médecins juniors et du personnel.
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Effectue les contrôles techniques de

Personne compétente en radioprotection (PCR)	<p>radioprotection</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Réalise un suivi des résultats des dosimétries actives ▪ ·Participe à la gestion des situations d'urgences. ▪ Participe à la formation des travailleurs. [20]
Physicien médicale	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Formation du personnel. ▪ Estimation des doses délivrées au patient. ▪ Assurance et contrôle qualité. [21]
Radio pharmacien	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gestion des médicaments radio pharmaceutiques. ▪ Réalisation et contrôle de qualité des préparations radio pharmaceutiques. ▪ Gère en collaboration avec la personne compétente en radioprotection les déchets radioactifs
Secrétaires	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Assurer l'accueil physique et téléphonique au poste d'accueil. ▪ Préparer les dossiers nécessaires à la prise en charge du patient. ▪ Planification des activités, saisie et archivage des comptes rendus
Manipulateur	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Information au patient sur le déroulement de sa prise en charge ▪ Installation du patient sur la table de l'examen ▪ Application des protocoles techniques d'examens, réglage et déclenchement des appareils.
Infirmier	<ul style="list-style-type: none"> ▪ L'injection du produit pharmaceutique aux patients

Chapitre

2 :

La

radioprotection.

1 Définition de la radioprotection :

La radioprotection est la protection contre les rayonnements ionisants c'est –à-dire l'ensemble des règles, des procédures et des moyens de prévention et de surveillance destinés à prévenir ou à minimiser les effets indésirables des rayonnements ionisants produits sur les personnes, directement ou indirectement, y compris par les atteintes portées à l'environnement.[22]

7 L'objectif de la radioprotection :

Le but principal de la radioprotection est d'identifier, de prévenir et de limiter les risques sanitaires et environnementaux résultant des rayonnements ionisants quelles que soient leurs origines. [23]

8 Effets du rayonnement ionisant (La radiobiologie):

8.1 Effets moléculaires :

➤ Effets directs :

Au niveau moléculaire, il y a différentes lésions résultant d'un dépôt d'énergie très localisé au niveau de l'ADN des ruptures simples ou doubles de brins, des modifications chimiques des bases ou des sucres, des pontages intramoléculaires ou intermoléculaires .[10]

La molécule d'ADN est constituée de deux chaînes de nucléotides (brins) organisés en double, chacun des brins est composé d'un enchaînement de bases : adénine (A), thymine (T), cytosine (C), guanine (G), reliées entre elles par des sucres (désoxyriboses) et des acides phosphoriques. [10]

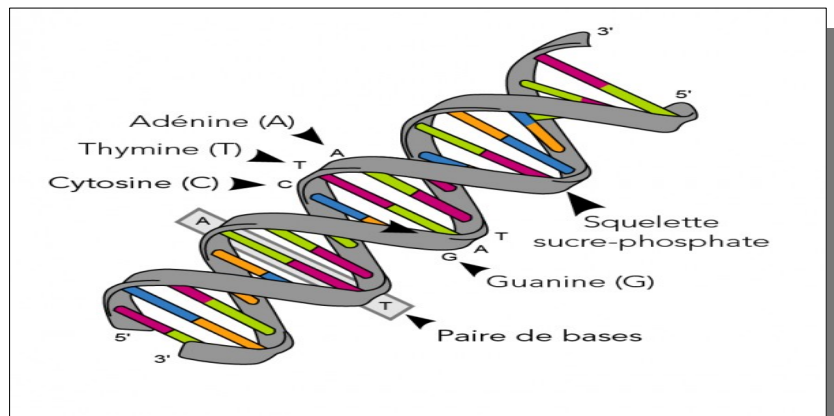


Figure 21 : La structure de la molécule d'ADN.

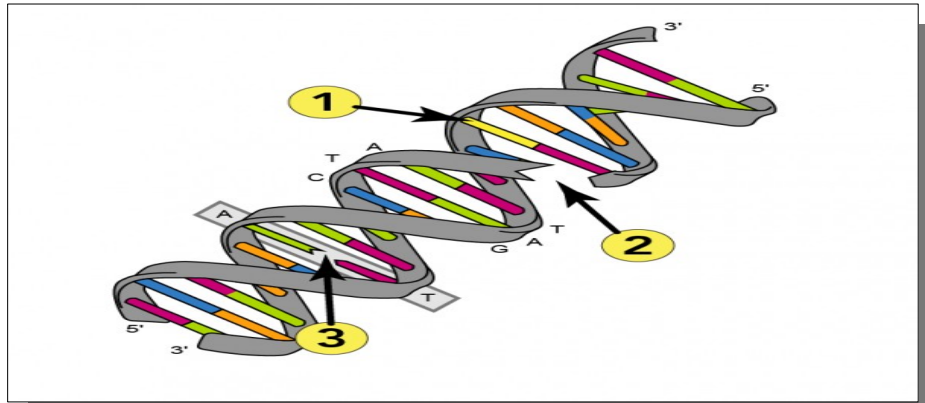


Figure 22: Les lésions au niveau de l'ADN.

- Changement dans structure chimique d'un nucléotide.
- Un bris du squelette sucre-phosphate.
- Rupture des liaisons hydrogène entre les bases.

➤ Effets indirects

À l'échelle de la molécule d'ADN les lésions sont provoquées par les produits issus de la radiolyse de l'eau. Contraire l'électrolyse qui produit des ions, l'irradiation de l'eau produit des radicaux libres. Le radical libre est un atome ou une molécule qui a un électron non apparié. [10]

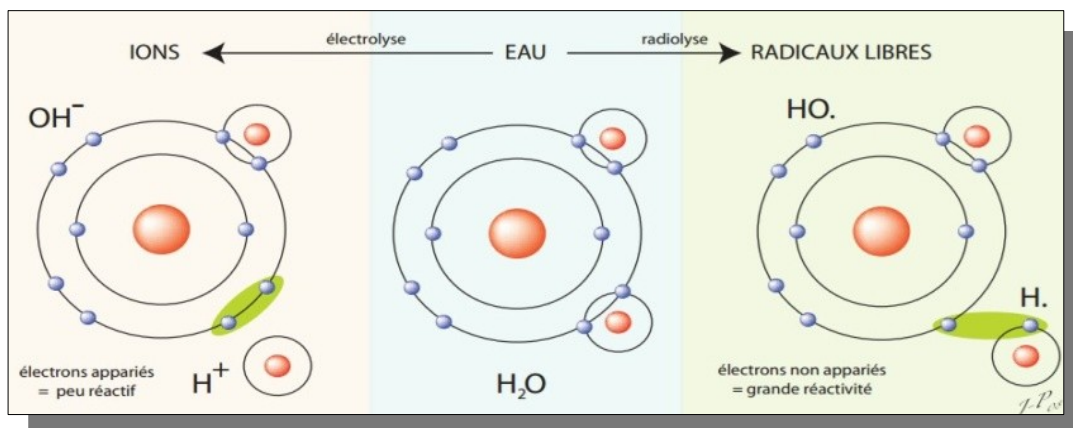


Figure 23 : Schéma représentatif la différence entre électrolyse et radiolyse.

8.2 Effets cellulaires :

8.2.1 La mort cellulaire immédiate :

Elle se produit lors de l'irradiation des membranes et des organismes cellulaires, à des doses plus élevées (plus de 100 Sv). [24]

8.2.2 **La mort différée :**

La mort différée caractérisé par la perte de la capacité de reproduction .pour des doses environ de 1 Gy, une cellule peut éventuellement se diviser après un retard de mitose puis meurt lors de la mitose suivante .cette mort différée est due à des aberrations chromosomiques induites. [12]

8.2.3 **Mutations cellulaires et cancérisation :**

Lorsque les anomalies de la molécule d'ADN ont été mal réparées, il y a eu modification du génome, et quand la cellule n'est pas éliminée par un phénomène d'apoptose, alors on aura une cellule mutante viable. Si cette cellule a la capacité de se diviser sans contrôle, elle peut proliférer. Finalement si le système immunitaire ne reconnaît pas cette cellule comme une cellule anormale de l'organisme qu'il doit éliminer, alors cette prolifération provoque le cancer. [24]

8.2.4 **Facteurs de sensibilité cellulaire :**

La sensibilité cellulaire aux rayonnements ionisants dépend de plusieurs facteurs : le type de rayonnement, le débit de dose, le type de cellules intervient, le cycle cellulaire.

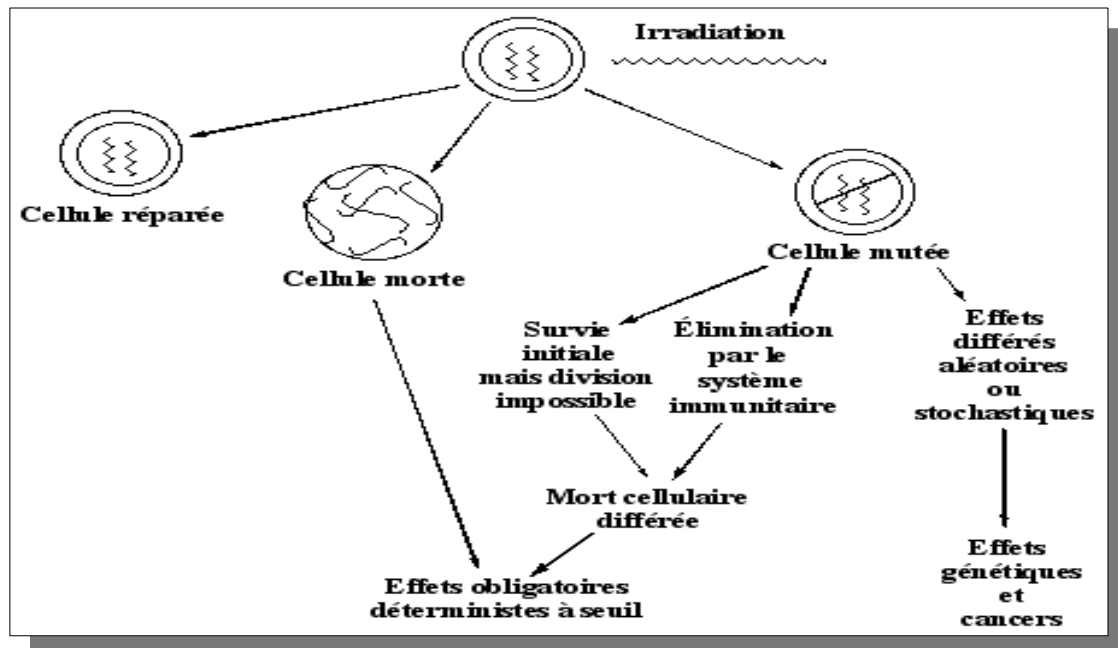


Figure 24: Schéma globale d'irradiation cellulaire.

8.3 Effet tissulaires

Les tissus sont composés d'une multitude de cellules et par conséquent, les effets ne seront visibles qu'à partir du moment où de très nombreuses cellules seront atteintes. Les tissus à renouvellement rapide plus sensibles que les tissus à renouvellement lent.

- **Tissus les plus radiosensibles :**
 - Les tissus embryonnaires.
 - Les organes hématopoïétiques.
 - La muqueuse intestinale.
- **Tissus les plus résistants :**
 - Le tissu conjonctif.
 - Le tissu musculaire.
 - Le tissu nerveux adulte [4].

8.4 Les effets pathologiques des rayonnements ionisants chez l'homme :

8.4.1 Effets déterministes (obligatoires):

Les effets déterministes se produisent, quand la dose reçue atteint une valeur seuil, ils ne s'apparaissent jamais au dessous de ce seuil.

- Cause : destruction massive des cellules
 - Obligatoire
 - Présence de seuil
 - Proportionnels à la dose
 - Généralement réversible
 - Précoce ou moyen terme
 - Pathologies diverses

8.4.2 Effets stochastiques (aléatoires) :

- Cause : lésion non réparées de l'ADN
 - Aléatoires
 - Pas de seuil
 - Gravité non liée à la dose
 - Généralement irréversible
 - Tardifs
 - Cancers et effets génétiques

9 Organisation de la radioprotection :

9.1 Les organismes internationaux :

9.1.1 Commission Internationale des Unités et de Mesures Radiologiques (ICRU):

Crée en 1925

▪ Missions :

Développer et mettre en œuvre un système de grandeurs et unités de mesures de rayonnements ionisants.

9.1.2 Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) :

Depuis 1928, la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) collecte des médecins, physiciens, biologistes... de tous pays. Cette autorité scientifique indépendante émet des avis précieux en matière de radioprotection, pour les réglementations propres à chaque État. [7]

La C.I.P.R est un organisme international non gouvernemental affilié à l'Organisation Mondiale de Santé (O.M.S). La C.I.P.R.émet des recommandations sous forme de publications.

9.1.3 L'UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation):

Créé en 1955 au sein de l'ONU pour rassembler le maximum des données sur les niveaux d'exposition dus aux diverses sources de rayonnements ionisants et leurs conséquences biologiques, sanitaires et environnementales. [7]

9.1.4 Agence International de l'Energie Atomique (AIEA) :

Créée en 1956 par les Nations Unies, est une organisation autonome intergouvernementale. Elle a pour mission :

- Encourager la recherche sur l'énergie atomique.
- Favoriser l'échange de résultats scientifiques et de technologies dans ce domaine.
- Promouvoir la sûreté des installations nucléaires.

9.1.5 Communauté Européenne de l'Energie Atomique (Euratom) :

Créée en 1957 par le traité de Rome afin de créer les conditions nécessaires au développement de l'industrie nucléaire, le traité de Rome imposait à tous les pays membre de la Communauté Européenne d'avoir le même niveau de sécurité radiologique.

9.1.6 AFRA :

C'est un accord intergouvernemental créé en 1988 par des Etats membres africains entré en vigueur en 1990, en 2013 l'adhésion à l'AFRA comprend 39 pays africains, à savoir l'Algérie.

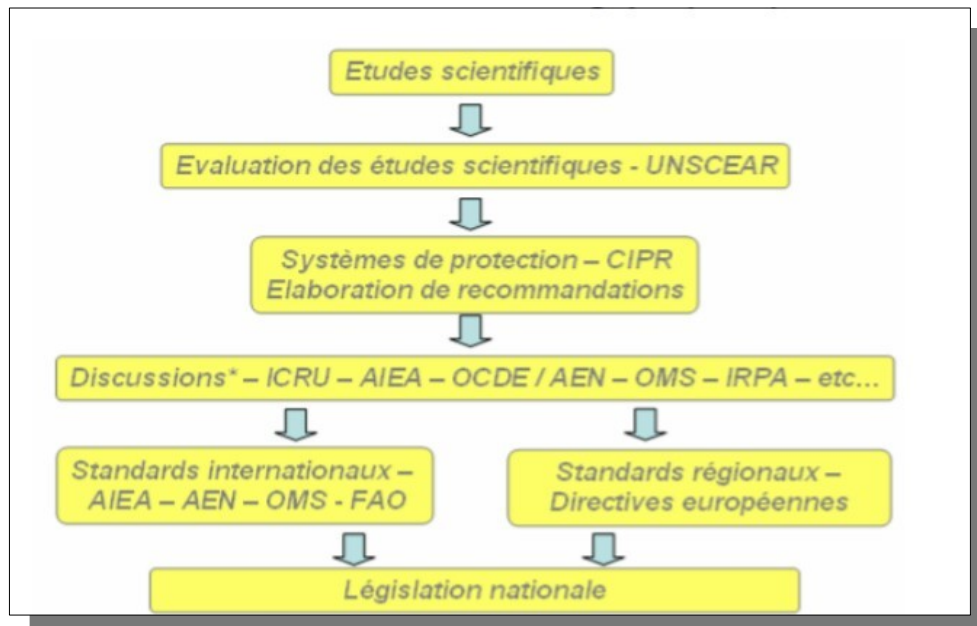


Figure 25: Les liens entre les organismes internationaux.

- **ICRU** : Commission Internationale des Unités et des Mesures Radiologiques
- **AIEA** : Agence Internationale de l'Energie Atomique
- **OCDE/AEN**: Organisation de coopération et de développement économiques / Agence pour l'énergie nucléaire
- **OMS** : Organisation mondiale de la Santé
- **IRPA**: International Radiation Protection Association
- **FAO**: Food and Agriculture Organization

9.2 Les organismes nationaux :

9.2.1 Commissariat à l'Energie Atomique (COMENA) :

Créé en 1996

Siège: Alger

➤ Activités:

Développer les applications de l'énergie nucléaire dans les domaines scientifique, industriel et de la défense.

10 Principes fondamentaux de la radioprotection :

10.1 La justification :

Les avantages d'une exposition aux rayonnements ionisants doivent être supérieurs à ses risques. [25] pour l'individu, la population et l'environnement. Tout acte médical utilisant ces rayonnements doit être explicité et justifié par le rapport bénéfice/risque pour le patient. [23]

10.2 L'optimisation :

L'exposition doit être maintenue au niveau le plus faible qu'il soit logiquement possible d'atteindre, compte tenu des facteurs économiques et sociaux. La quantité de rayonnement utilisé ne doit donc jamais dépasser la quantité nécessaire pour produire l'impact désiré, et les effets dus à son utilisation doivent être réduits autant que possible. L'optimisation est également présentée sous le concept ALARA. [26]

➤ **Principe ALARA:** « As Low As Reasonably Achievable »

le principe ALARA a pour but de maintenir les doses de rayonnement reçues par les personnes « au niveau le plus bas qu'il soit logiquement possible d'atteindre » compte tenu des facteurs économiques et sociaux.[27]

10.3 Les limites de dose :

Les doses reçues par les personnes exposées à substances radioactives ne doivent pas dépasser les limites de dose réglementaires mentionnées par la CCSN. [26] Ces limites ont pour but de ne pas entraîner d'effet déterministe au-dessous des seuils retenus et de limiter au mieux les effets stochastiques.

11 Les règles de radioprotection :

11.1 Le temps :

Il faut réduire au maximum le temps d'exposition aux rayonnements ionisants, Le fait de réduire le temps d'exposition entraîne directement une réduction de la dose de rayonnement reçue. [27]

$$\text{Dose} = \text{débit de dose } (\mu\text{Sv /h}) \times \text{durée (h)}$$

11.2 La distance :

Généralement l'intensité des rayonnements diminue en fonction du carré de la distance (selon une loi physique en $1/d^2$). Pour visualiser l'impact de la distance, il faut juste de mesurer le débit de dose à partir d'une source fixe à différentes distances de celle-ci. [27]

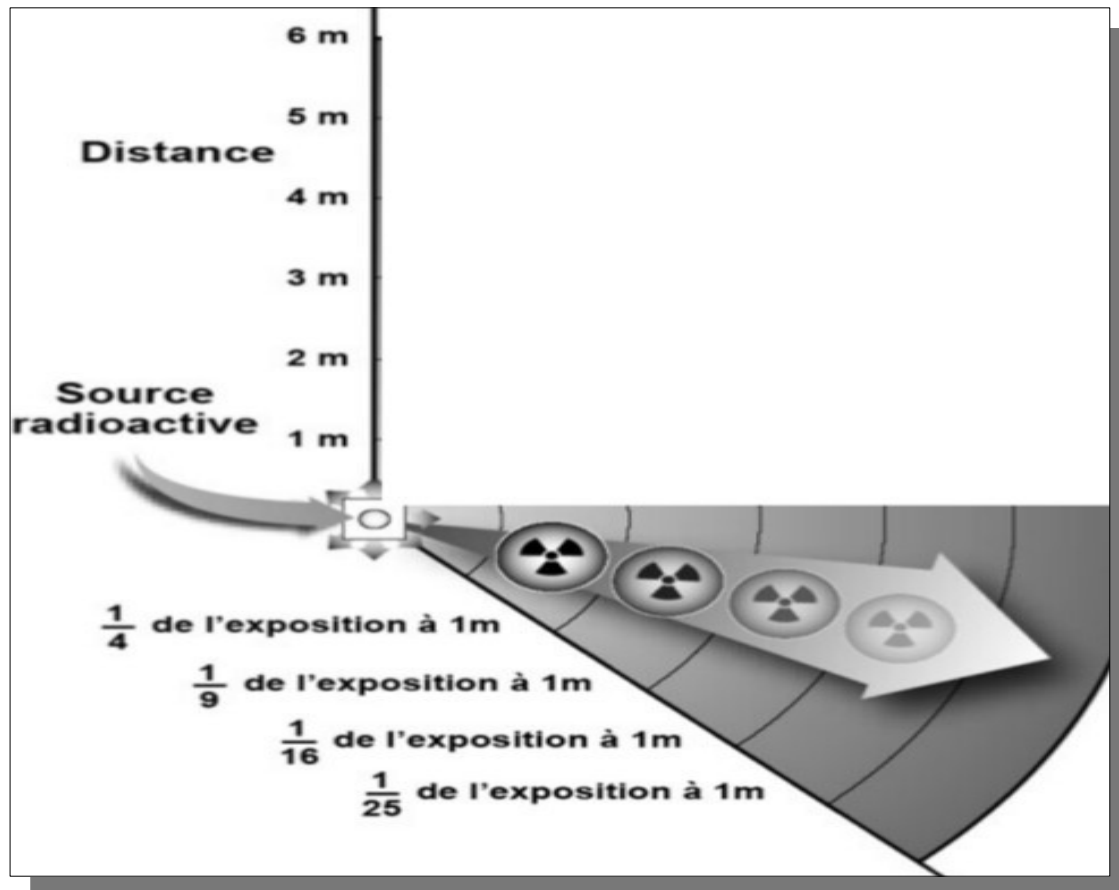


Figure 26: Diminution du débit de dose en fonction de la distance.

11.3 L'écran :

Pour réduire l'exposition, Il est essentiel d'élaborer un écran dont la nature et l'épaisseur sont adaptées aux caractéristiques des rayonnements émis par la source et à l'activité (Panneau de plomb, paroi en béton, flacon en verre au plomb). [28]

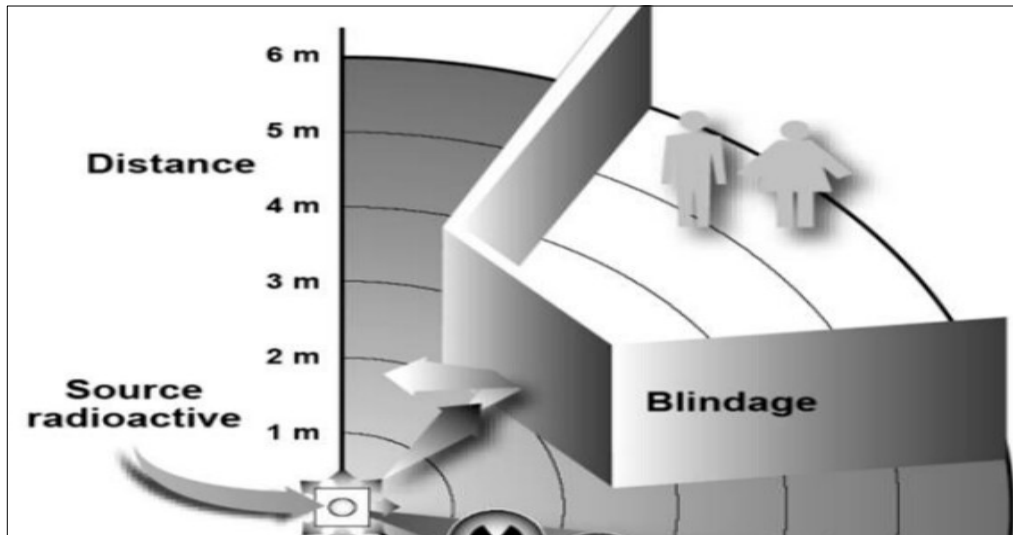


Figure 27: Effet d'un blindage sur l'irradiation externe.

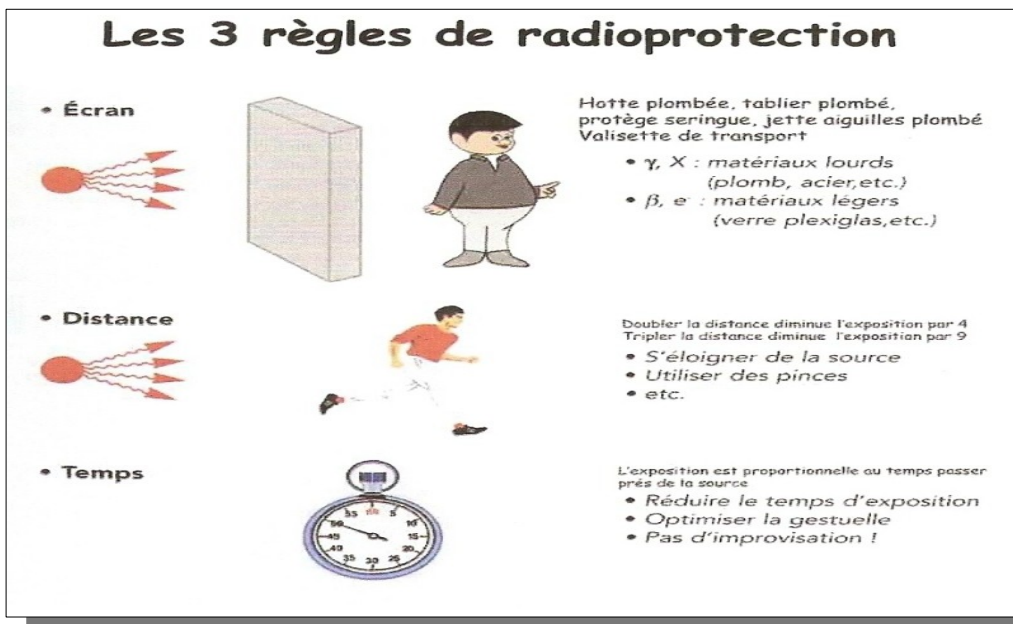


Figure 28: Les règles de radioprotection.

12 Les grandeurs et les unités utilisées en radioprotection :

12.1 Les grandeurs dosimétriques :

12.1.1 La dose absorbée (D) :

C'est l'énergie reçue par unité de masse, la dose absorbée D est le rapport :

$$D = \frac{\text{énergie absorbée par la matière } \mathcal{R} \text{ (joule)}}{\text{masse de matière irradiée } \mathcal{R} \text{ (kg)}}$$

- L'unité internationale de la dose absorbée est le Gray (Gy) ou joule par kilogramme (J /Kg). 1 Gy =1 J.kg-1 [4]

12.1.2 Le débit de dose :

C'est la dose absorbée par unité de temps.

- L'unité internationale de débit de dose (en Gy / h, mGy / h) [9]

12.2 Les grandeurs de radioprotection :

12.2.1 La dose équivalente (H) :

La dose équivalente n'est pas une quantité physique mesurable directement. On l'obtient par le calcul, en multipliant la dose absorbée par un facteur de pondération(Wr) pour les rayonnements. [28]

$$H = D \times W_r$$

- H : la dose équivalente.
- D : la dose absorbée.
- Wr : un facteur de pondération.
- Wr varie de 1 à 20 pour différents types de rayonnements.

Types de rayonnement	Wr
Rayons X et γ	1
Particules β	1
Particules α	20
Neutrons (selon l'énergie)	5 à 20

Tableau 3 : Facteurs de pondération pour les rayonnements (Wr).

- L'unité internationale de la dose équivalente est le sievert (Sv).

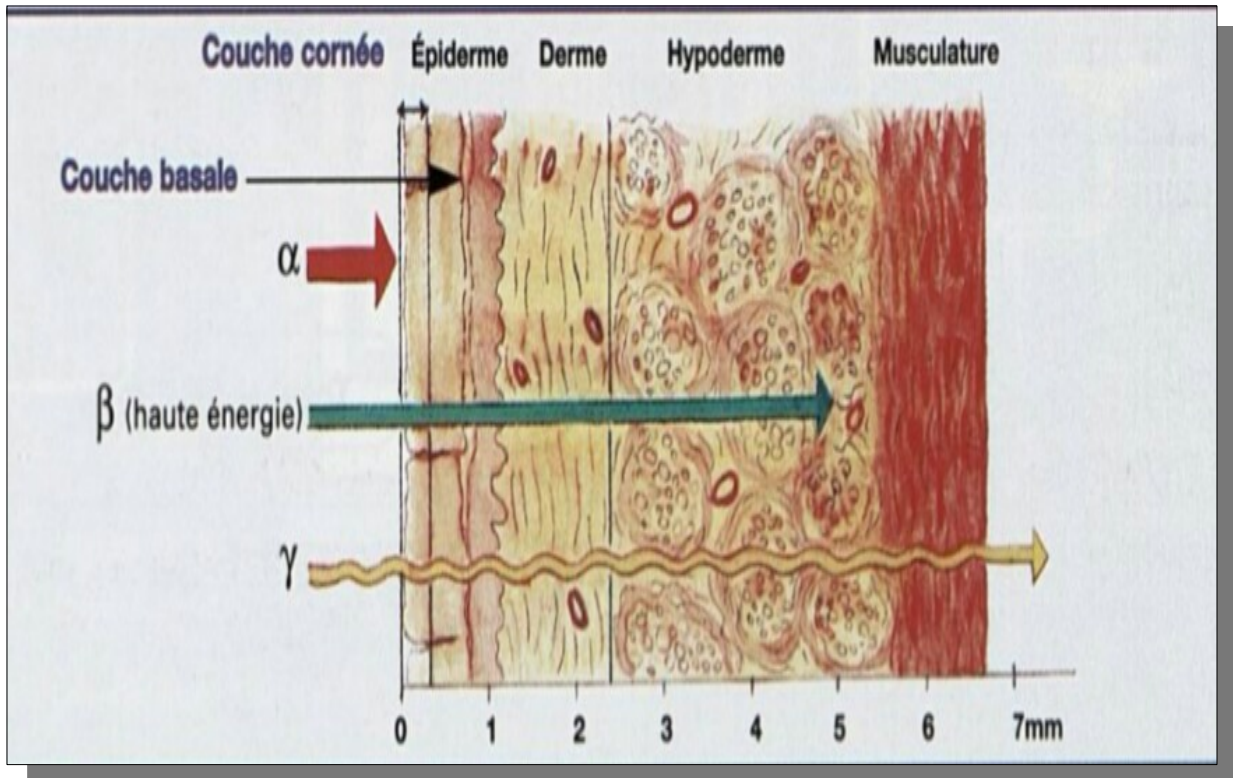


Figure 29: Pénétration des différents types de rayonnements ionisants dans le corps humain.

12.2.2 Dose efficace(E) :

La dose efficace est la somme des doses équivalentes pondérées dans tous les tissus et les organes du corps par un facteur de pondération W_t . [28]

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

- E : la dose efficace.
- H : la dose équivalente.
- W_t : le facteur de pondération pour les tissus.
- L'unité internationale de la dose efficace est le sievert (Sv).



Figure 30: Les différentes grandeurs utilisées en radioprotection.

13 L'exposition et la contamination :

Toute personne soumise à l'action des rayonnements ionisants subit une exposition (irradiation). Cette exposition peut être **externe** ou **interne** (contamination). [4]

13.1 Types d'exposition :

13.1.1 Exposition externe sans contact cutané (irradiation) :

Provoquée par une source radioactive située à distance de l'organisme. Cette source peut émettre des rayonnements qui interagissent avec le corps humain en créant des ionisations. [29] Si l'ensemble de l'organisme est atteint, il y a exposition globale, si seule une partie est atteinte, on parle d'exposition partielle. [22]

13.1.2 Exposition externe par contact cutané (contamination externe) :

Il y a dépôt de produits radioactifs sur la peau, le contact cutané avec un produit radioactif peut induire une exposition interne par pénétration de ce produit à travers la peau. [3]

13.1.3 L'exposition interne (contamination interne) :

Se produit lors de la pénétration des substances radioactives dans l'organisme par inhalation, ingestion ou par voie cutanée (plaie) [29]. Lorsque le produit radioactif n'a pas été éliminé par l'organisme et que celui-ci continue d'émettre des particules ionisantes, donc l'exposition interne est poursuivie. [30]

13.2 Contamination :

La contamination se produit lors de la présence indésirable de substances radioactives sur :

- Les surfaces des locaux (murs, plafonds, sols),
- Les surfaces de travail,
- Les vêtements de protection et de travail,
- Le corps humain.

Elle est souvent le résultat :

- D'une manipulation sans précaution de sources non scellées,
- D'une mauvaise pratique,
- D'un incident sur la source, scellée ou non.

Il existe plusieurs types de contamination : surfacique, atmosphérique ou volumique et corporelle. [29]

13.2.1 La contamination surfacique :

- **Contamination fixée** : qui est difficile à éliminer sans une action mécanique énergique. Elle ne peut se disséminer mais peut engendrer une exposition externe. [29]
- **Contamination non fixée** : qui est facilement transférable par contact, par remise en suspension ou par production d'aérosols. [29]

13.2.2 La contamination atmosphérique (ou volumique) :

Elle conduit inévitablement à une exposition interne de l'organisme par inhalation. Elle est souvent la conséquence d'une contamination labile. Sa concentration dans l'air doit être mesurée ou estimée en Bq/m³. [29]

13.2.3 La contamination corporelle

- **Une contamination externe** : provoquée lorsque la substance radioactive est déposée sur la peau, les cheveux, les vêtements. [4]
- **Une contamination interne** se produit lorsque la substance radioactive est inhalée, ingérée ou si elle migre à travers la peau. [4]

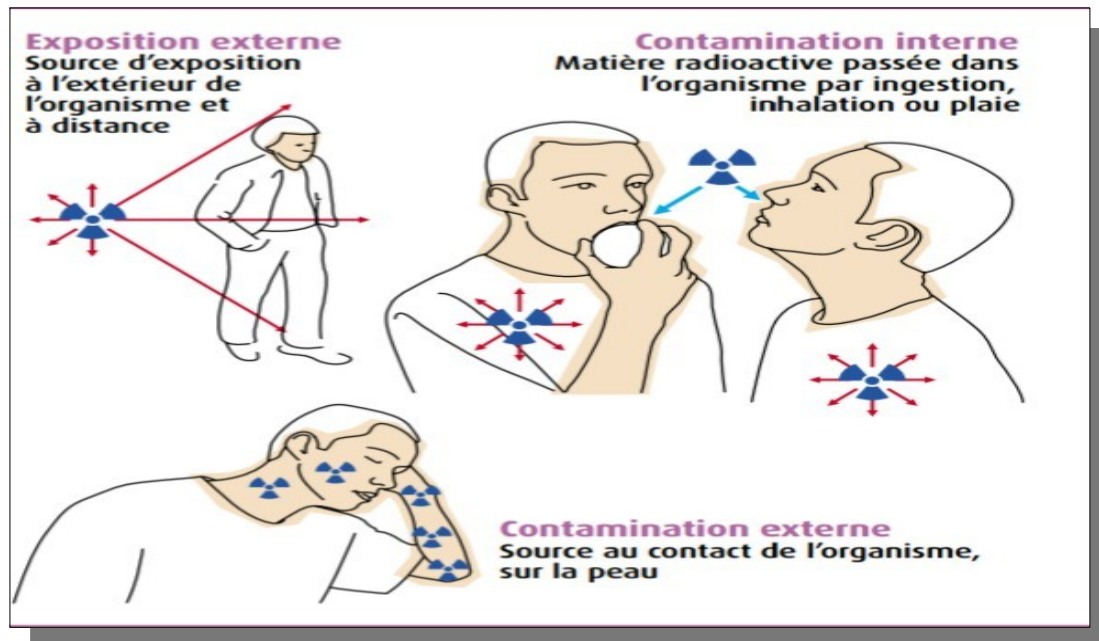


Figure 31: Types d'exposition et contamination.

14 Classification des travailleurs :

14.1 Catégorie A :

Les D.A.T.R. travailleurs Directement Affectés à des Travaux sous Rayonnements, On parle de zone contrôlée avec un seuil inférieur au 20mSv/an et supérieure a 06mSv/an (06mSv/an < dose < 20mSv/an). [12]

14.2 Catégorie B :

Les N.D.A.T.R. travailleurs Non Directement Affectés à des Travaux sous Rayonnements, dans ce cas on parle de zone surveillée avec un seuil inférieur au 06mSv/an et supérieure a 01mSv/an (01mSv/an < dose < 06mSv/an) [12]

Il y a des dispositions spécifiques à certaines catégories de travailleurs :

- Ne peuvent être affectées les femmes enceintes à un poste de travail dans la catégorie A. L'exposition du fœtus entre la déclaration de grossesse et l'accouchement doit être inférieure à 1 mSv. [29]
- Ne peuvent être affectées les femmes allaitantes à un poste de travail comportant un risque d'exposition interne à des rayonnements ionisants.
- Pour le public, les expositions doivent rester inférieures à 1 mSv en dose efficace.

Limites d'exposition aux rayonnements ionisants en mSv /an	Public	Travailleurs exposés aux rayonnements ionisants
---	---------------	---

		Catégorie A	Catégorie B
Limites de dose efficace	1	20	6
Limites d'équivalent de dose avec extrémités	-	500	150
Limites d'équivalent de dose au cristallin	15	150	45
Limites d'équivalent de dose à la peau	50	500	150
Femme enceinte	1mSv pour la durée de grossesse		
Femme allaitant	Exclue des travaux à risque de contamination		

Tableau 4 : Valeurs limites d'exposition.

15 Classification des zones :

15.1 Zone public (ZP):

C'est une zone dans laquelle l'exposition aux rayonnements ionisants ne doit pas entraîner une dose efficace sur 12mois supérieur à 1mSv.

15.2 Zone surveillée (ZS) :

C'est une zone dans laquelle les travailleurs sont susceptibles de recevoir dans les conditions normales de travail :

- une dose efficace comprise entre 1et 6 mSv par an pour l'organisme entier.
- une dose équivalente comprise entre 1/10 et 3/10 de l'une des limites fixées pour la peau, les mains, les avant-bras, les pieds et les chevilles (soit 50 mSv), ou le cristallin (soit 15 mSv). [31]

15.3 Une zone contrôlée (ZC) :

C'est une zone dans laquelle les travailleurs sont susceptibles de recevoir dans les conditions normales de travail :

- une dose efficace supérieur à 6 mSv / an, dans les conditions normales de travail,
- une dose équivalente dépassant les 3/10de l'une des limites fixées pour la peau, les mains, les avant-bras, les pieds et les chevilles (soit 150 mSv) ou le cristallin (soit 45 mSv). [31]

La zone contrôlée est découpée en 4 zones : zone verte, zone jaune, zone orange, zone rouge (interdite).

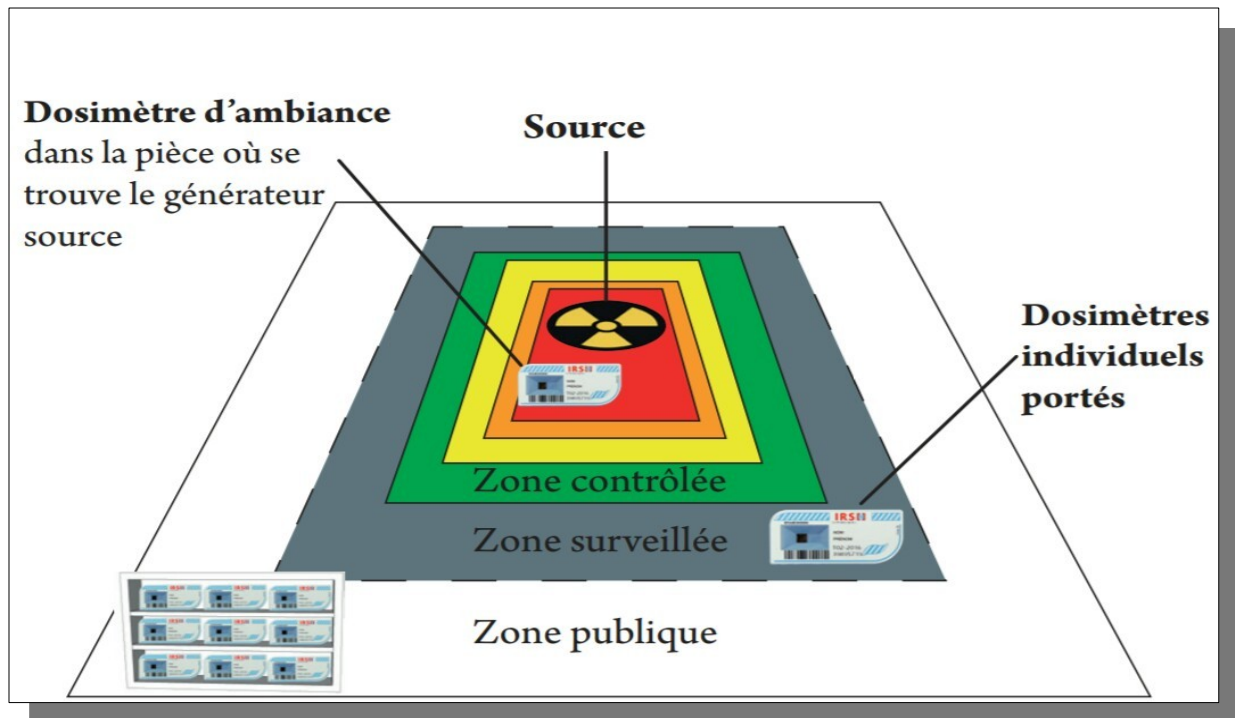


Figure 32: Les classifications des zones de travail.

11 Intérêt de la surveillance :

Un système de surveillance est évalué pour vérifier si les objectifs sont atteints, si le phénomène sous surveillance a toujours une importance pour la santé publique et si la surveillance est toujours efficace.

12 Les moyens de surveillance :

15.4 Dosimétrie passive (dosimétrie de référence) :

La dosimétrie passive est obligatoire pour tous les travailleurs exposés, quel que soit leur classement A et B. [4]

➤ Caractéristiques de la dosimétrie passive :

- La durée du port du dosimètre passif est le mois civil pour le personnel de catégorie A ou le trimestre pour le personnel de catégorie B.
- Pour l'ensemble des rayonnements susceptibles d'être mesurés, le seuil de mesure d'une dosimétrie passive doit être au plus de 0.2 msv et l'étendue minimale de la gamme couverte de 500msv. [4]



Figure 33: Dosimètre passive.

15.5 Dosimétrie opérationnelle (active)

La dosimétrie opérationnelle est une dosimétrie individuelle et obligatoire pour le personnel travaillant en zone contrôlée .Elle mesure et analyse les doses effectivement reçues lors des expositions avec un enregistrement continu et une lecture immédiate. [4]

➤ Caractéristiques de la dosimétrie opérationnelle :

- La dosimétrie opérationnelle doit afficher la dose reçue et le débit de dose en temps réel.
- Le seuil de débit de dose doit être inférieur ou égal à $0.5 \mu\text{Sv/h}$. [4]



Figure 34: Dosimétrie actif.

16 Les moyens de protection :

16.1 Les moyens de protection collective :

- Des enceintes pour les manipulations de sources radioactives non scellé.

- Des pinces de manutention.

- Prot

- Pou

- Util

- Cha



ret et la source.



Figure 35: Enceinte blindée.

Figure 36: Poubelle plombée

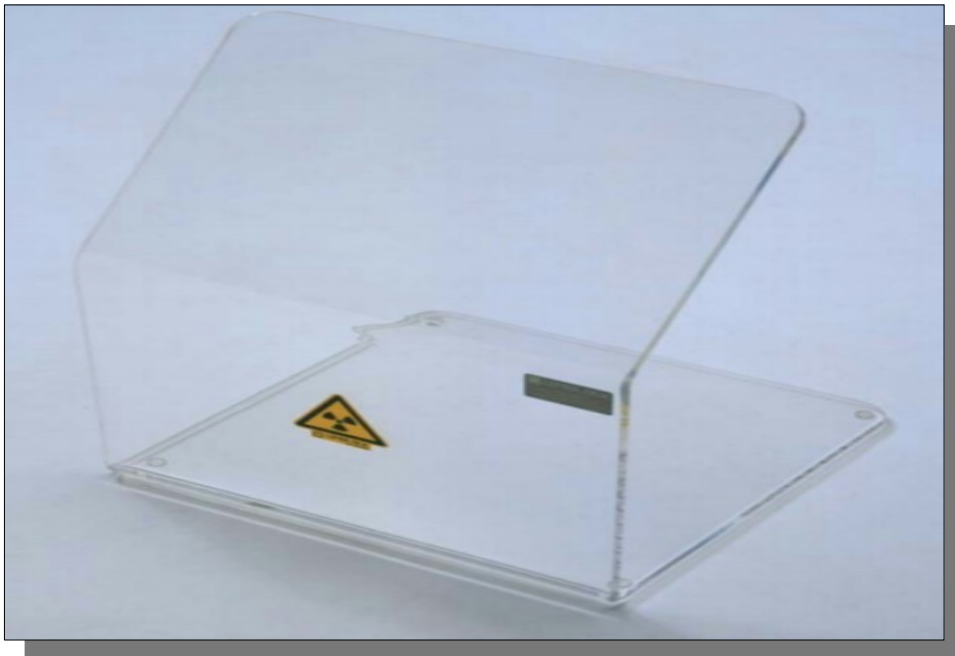


Figure 37: Ecran de protection.



Figure 38: Pince de manipulation à distance.



Figure 39: Protège -seringues et protège –flacons.



Figure 40: Chariot de transport.

➤ **Les moyens de protection individuelle :**

- Tablier plombé.
- Casque de protection.
- Les gants de protection.
- Lunettes de protection.
- Masque anti-poussière.
- Chaussures de sécurité.



Figure 41: Tablier plombé.



Figure 42: Les gants de protection.



Figure 43: Les lunettes de protection.



Figure 44: masque de protection anti - poussière FFP3 jetable.



Figure 45: Protège thyroïde.

Chapitre 3 :

*Étude pratique
aux niveaux de
service médecine
nucléaire CHU -
TLEMCEM.*

1 Introduction :

La dosimétrie est la mesure des rayonnements ionisants, en un lieu donné ou sur une personne, elle a pour but de fournir une estimation de grandeurs telles que la dose équivalente ou la dose efficace résultant de l'exposition.

Tous les personnels professionnellement exposés aux rayonnements ionisants doivent bénéficier d'une surveillance dosimétrique, pour prévenir les dépassements de dose pouvant engendrer des effets néfastes à la santé. Les moyens utilisés pour la surveillance dosimétrique dans le service de médecine nucléaire est le dosimètre opérationnel et le débitmètre.

- L'objectif de notre travail est :
 - Étudier le profil dosimétrique du personnel du service de médecine nucléaire CHU-TLEMCEN.
 - Mesurer les débits de dose dans les locaux du service et vérifier leurs conformités aux normes de radioprotection.

2 Matériel et méthode :

L'étude est faite au service de médecine nucléaire CHU –TLEMCEN. Elle a concerné :

- Les travailleurs exposés aux rayonnements ionisants. Une étude de profils dosimétrique de poste de travail a été faite. Cinq postes de travailleurs ont été choisis. Nous avons également exploité les données des dosimètres opérationnels portés par les travailleurs.

L'étude a touché :

- Infirmier,
- Physicien médical,
- Manipulateur,
- Radio pharmacie,
- Médecin.

- les locaux qui sont trouvés au niveau de service. Nous avons mesuré les débits de dose à 1 mètre devant les locaux.

L'étude a touché :

- Salle d'injection,
 - Labo chaude,
 - Porte hospitalisation,
 - Salle d'attente,
 - Salle du gamma caméra,
 - Salle de la consultation,
- des patients hospitalisés pour IRAtérapie. Nous avons mesuré les débits de dose à 1 mètre devant la thyroïde et l'abdomen des patients. Nous avons défini 5 hospitalisations pour IRA thérapie pour cette étude.

Les groupes	Le nombre des patients	Hospitalisation
A	5	Du 25/10/20 Au 27/10/20
B	5	Du 27/10/20 Au 29/10/20
C	5	Du 02/11/20 Au 05/11/20
D	4	Du 05/11/20 Au 08/11/20
E	4	Du 08/11/20 Au 10/11/20

Tableau 5: La répartition des patients en nombre selon la période d'hospitalisation.

Au cours de notre stage pratique au service de médecine nucléaire la surveillance était faite sur une période d'un mois. Les moyens utilisés pour la surveillance du personnel sont le dosimètre opérationnel et le débitmètre avec une lecture faite sur station informatique avec le logiciel Thermo.

- **Matériels utilisés:**



Figure 46: Dosimètre opérationnel et débitmètre

3 Résultats :

- **Les résultats dosimétriques du personnel :**

Les résultats de notre étude ont montré une différence de débits de dose entre les différents postes. La dose varie de $6\mu\text{Sv}$ à $10\mu\text{Sv}$ et la dose le plus élevé reçu est pour l'infirmier et le manipulateur.

Poste	Hp10μSv	Hp07μSv
Infirmier	8	10
Physicien médical	7	7
Manipulateur	7	8
Radio pharmacie	7	6
Médecin	7	6

Tableau 6: Les mesures des débits de dose personnelles.

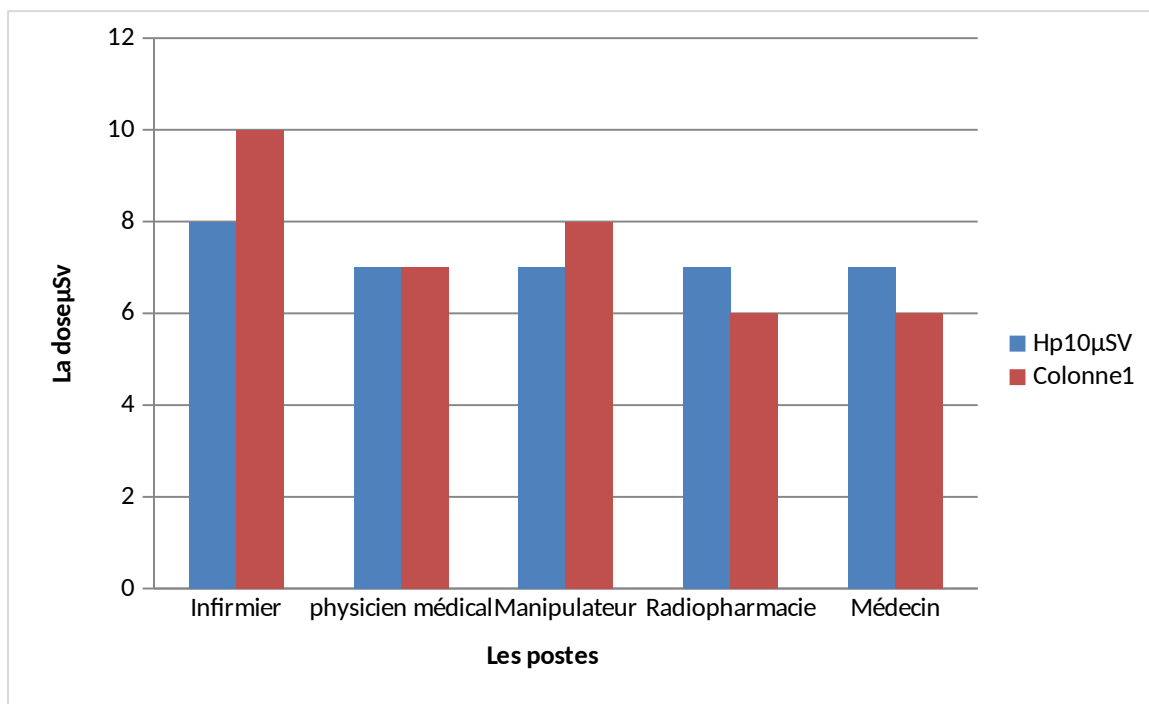


Figure 47: Représentation à l'aide d'un histogramme des débits de dose par différents acteurs.

- **Les résultats dosimétriques du personnel avec et sans blouse plombée :**

Les résultats ont montré que la dose reçue sans blouse plombée est plus élevée par rapport à la dose reçue avec la blouse plombée et la dose la plus élevée reçue est pour le radio pharmacie.

Poste	Hp10μSv	Hp07μSv
Radio pharmacie sans blouse plombée	34	43
Radio pharmacie avec la blouse plombée	13	13
Manipulateur sans blouse plombée	27	28
Manipulateur avec la blouse plombée	12	12

Tableau 7: Les mesures des débits de dose personnelles avec et sans blouse plombée.

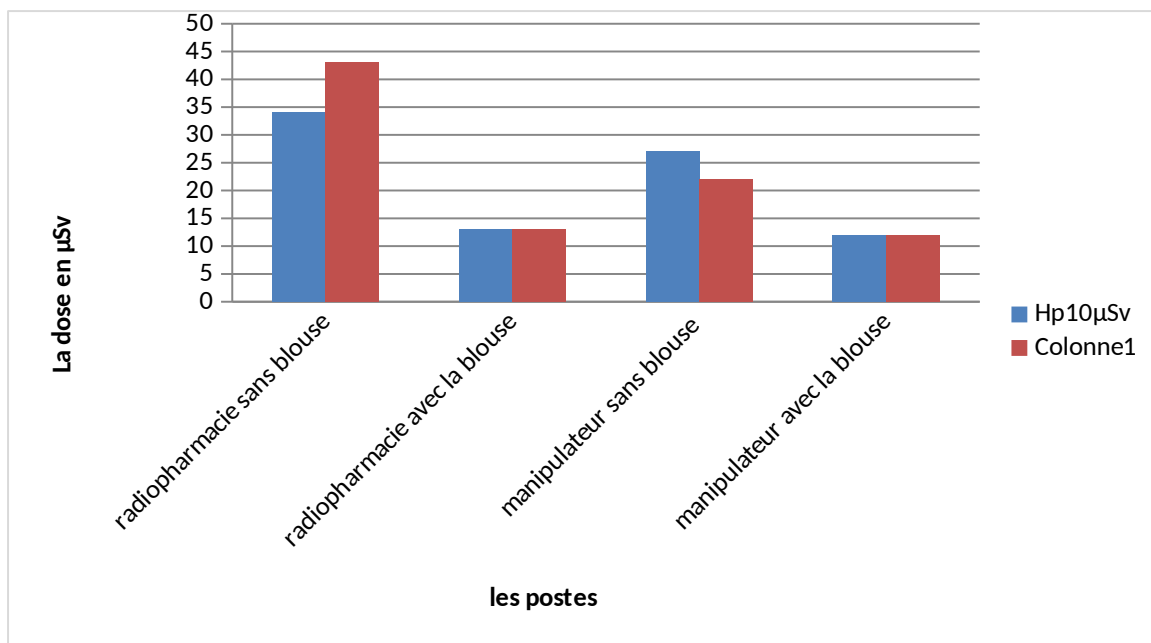


Figure 48: Représentation à l'aide d'un histogramme des débits de dose avec et sans blouse plombée.

- **Les résultats des débits de dose au niveau des locaux de service de médecine nucléaire :**

Selon nos résultats :

A 8H l'activité ne pas encore commence.

Les valeurs des débits de dose mesurées changent aux changements de temps de mesure.

La dose est plus élevée dans le labo chaud et nous remarquons que le débit de dose est plus élevé à l'intérieur mais derrière la porte plombe est diminué.

- La surveillance a été faite en 22/10/2020 à des heures différentes. (Scintigraphie osseuse)

HEURE	SALLE INJECTION		LABO CHAUD		PORTE HOSPITALISATION	SALLE D'ATTENTE	GAMMA		CONSULTATION
	1M	PORTE	1M	PORTE			1M	PORTE	
8H	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9H									

	2.60 μSv	0.60 μSv	3.23 μSv	0.73 μSv	0.77 μSv	0.99 μSv	0.20 μSv	0.28 μSv	0.57 μSv
10H	0.38 μSv	0.38 μSv	8.40μS v	0.83 μSv	0.42 μSv	2.16 μSv	0.84 μSv	1.83 μSv	0.16 μSv
11H	0.32 μSv	0.31 μSv	6.8 μSv	0.57 μSv	0.56 μSv	0.33 μSv	0.83 μSv	0.47 μSv	0.12 μSv
12H	0.57 μSv	0.34 μSv	10.7μS v	2.18 μSv	0.34 μSv	0.68 μSv	0.37 μSv	0.49 μSv	0.16 μSv

Tableau 8: Les mesures des débits de dose devant les locaux.

- La surveillance a été faite en 28/10/2020 à des heures différentes. (Scintigraphie Rénale)

HEURE	SALLE INJECTION		LABO CHAUD		PORTE HOSPITALISATION	SALLE D'ATTENTE	GAMMA		CONSULTATION
	1M	PORTE	1M	PORTE			1M	PORTE	
8H	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9H	1.07 μSv	0.54 μSv	1.45 μSv	0.22 μSv	0.46 μSv	0.09 μSv	0.99 μSv	0.15 μSv	0.11 μSv

10H	1.24 μSv	0.46 μSv	1.39 μSv	0.11 μSv	0.39 μSv	5.21 μSv	0.21 μSv	0.18 μSv	0.08 μSv
11H	0.78 μSv	0.34 μSv	1.30 μSv	0.10 μSv	0.36 μSv	3.38 μSv	0.15 μSv	0.12 μSv	0.10 μSv
12H	0.31 μSv	0.11 μSv	1.20 μSv	0.10 μSv	0.49 μSv	2.24 μSv	0.64 μSv	0.19 μSv	0.16 μSv

Tableau 9: Les mesures des débits de dose devant les locaux.

- La surveillance a été faite en 17/11/2020 à des heures différentes.
(Scintigraphie osseuse)

HEURE	SALLE INJECTION		LABO CHAUD		PORTE HOSPITALISATION	SALLE D'ATTENTE	GAMMA		CONSULTATION
	1M	PORTE Ouverte	1M	PORTE			1M	PORTE	
8H	-	-	-	-	-	-	-	-	-

9H	6.84 μSv	10.2 μSv	12.3 μSv	0.86 μSv	0.37 μSv	1.75 μSv	0.20 μSv	0.17 μSv	0.80 μSv
10H	1.40 μSv	4.22 μSv	33.25 μSv	1.16 μSv	1.43 μSv	3.95 μSv	2.15 μSv	0.40 μSv	0.22 μSv
11H	2.23 μSv	0.40 μSv	9.47 μSv	1.85 μSv	1.60 μSv	6.91 μSv	2.95 μSv	0.60 μSv	0.71 μSv
12H	0.80 μSv	0.52 μSv	10.5 μSv	1.45 μSv	2.01 μSv	2.65 μSv	0.67 μSv	0.80 μSv	0.31μSv

Tableau 10: Les mesures des débits de dose devant les locaux.

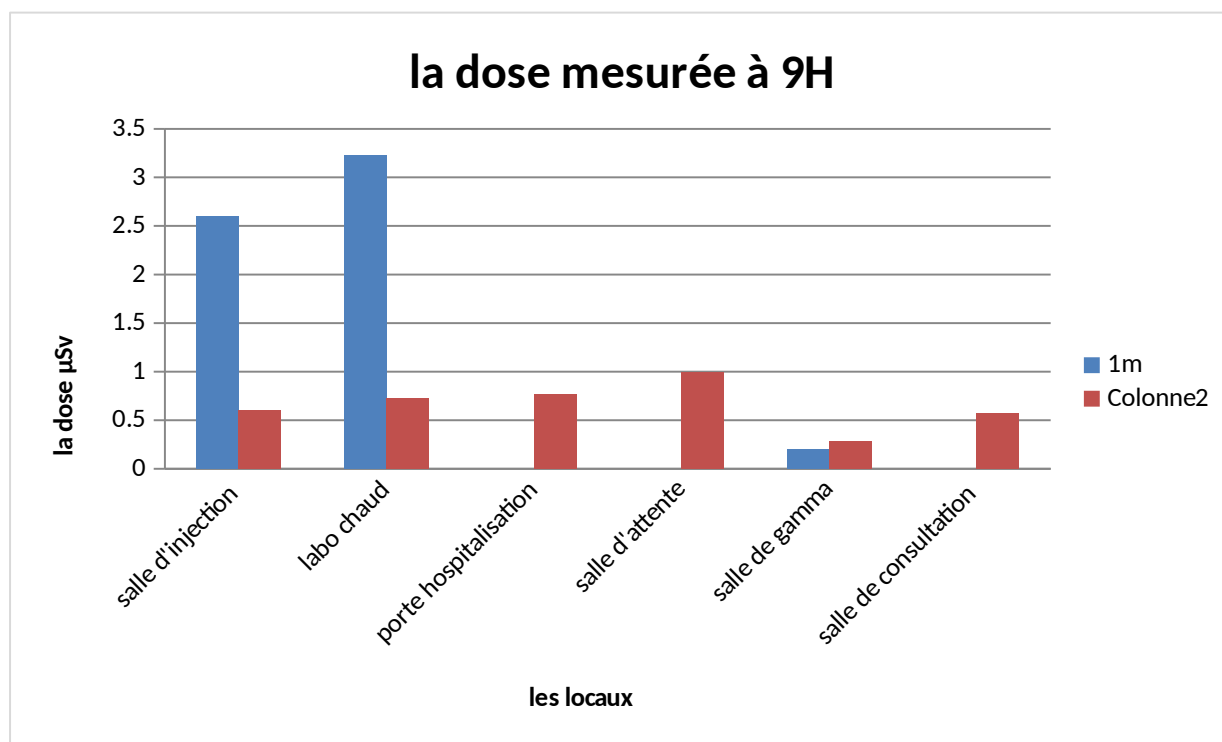


Figure 49: Représentation à l'aide d'un histogramme la dose à 9H par les différents locaux.

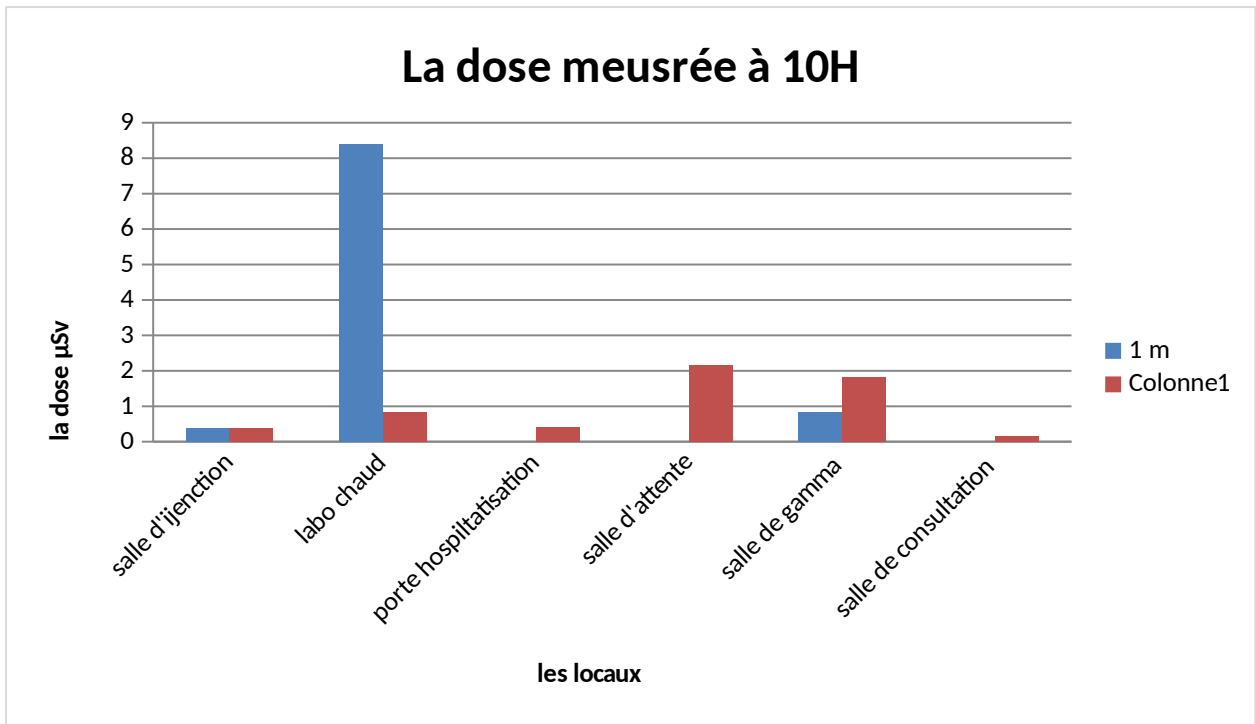


Figure 50: Représentation à l'aide d'un histogramme la dose à 10H par les différents locaux.

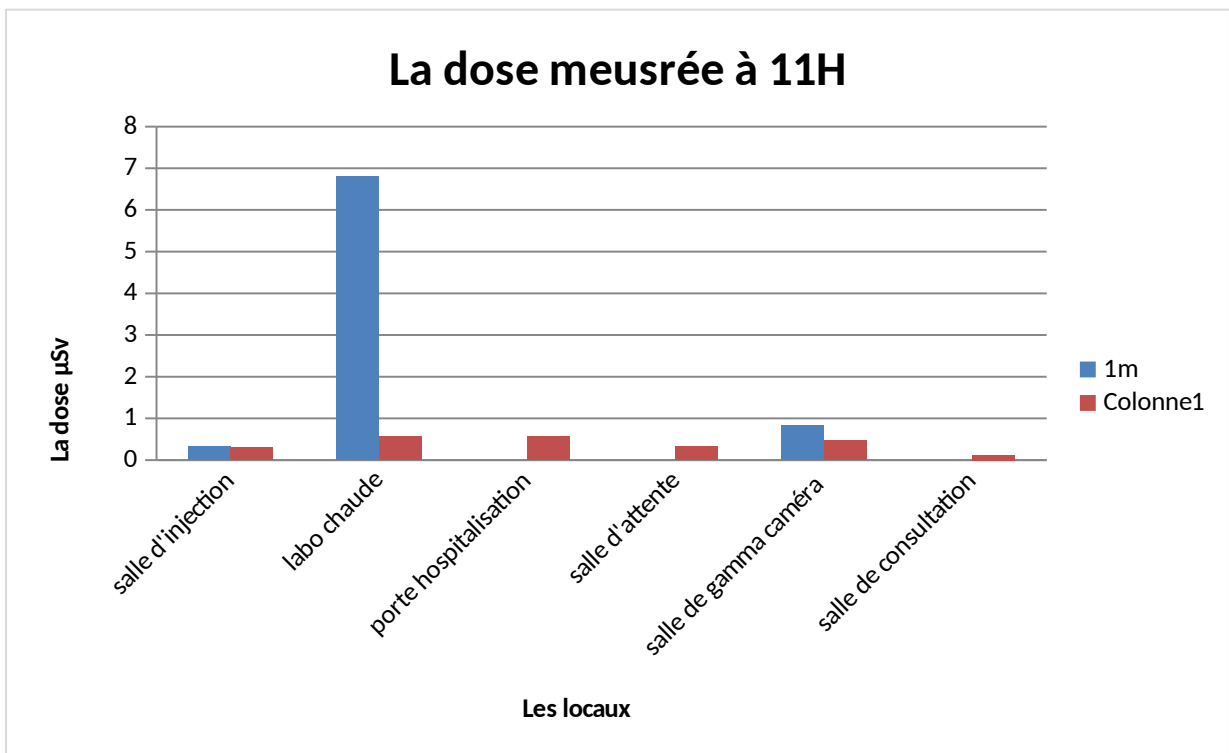


Figure 51: Représentation à l'aide d'un histogramme la dose à 11H par les différents locaux.

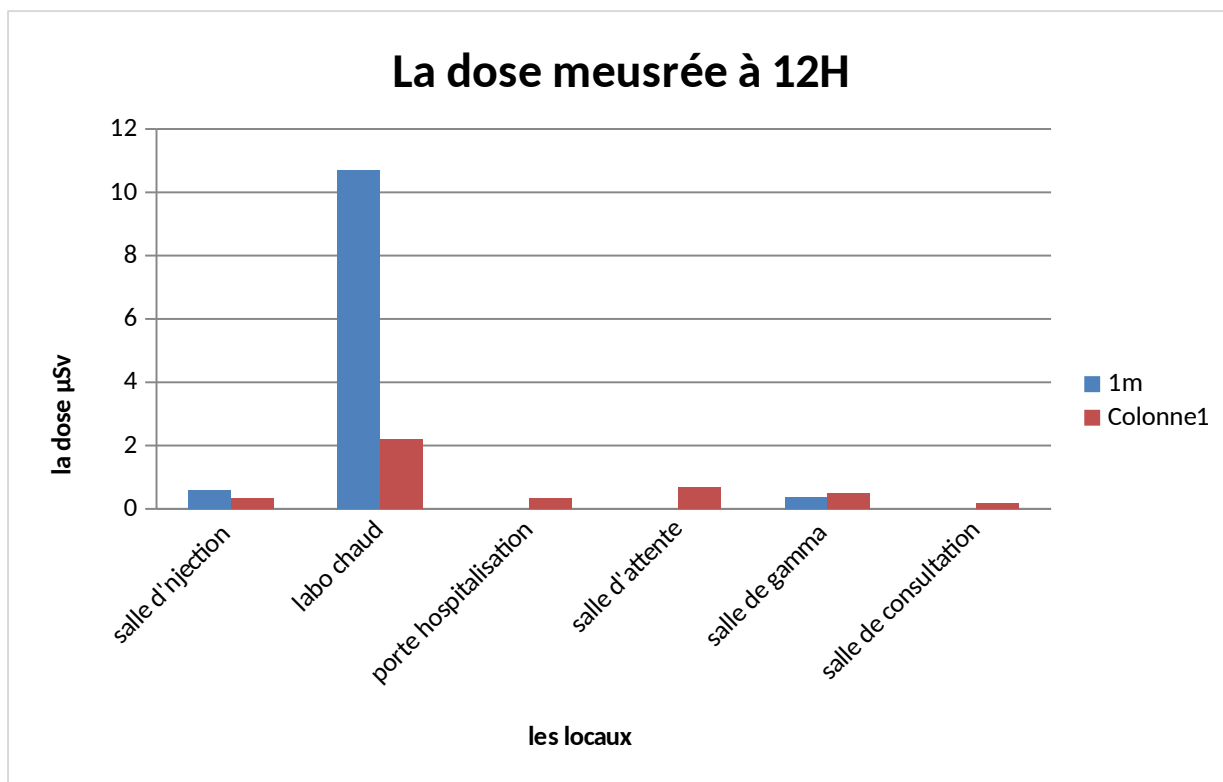


Figure 52: Représentation à l'aide d'un histogramme la dose à 12H par les différents locaux.

- **Les résultats des débits de dose pour les patients :**

Selon l'âge :

L'âge de nos patients varie de 8 ans à 80 ans .La classe de 60-70 ans est la plus représentée.

L'âge	[80-70[	[70-60[	[60-50[	[50-40[	[40-30[	[30-20[	[20-10[	<10
Patient	2	6	2	4	4	2	2	1

Tableau 11:La répartition des patients en nombre selon l'âge.

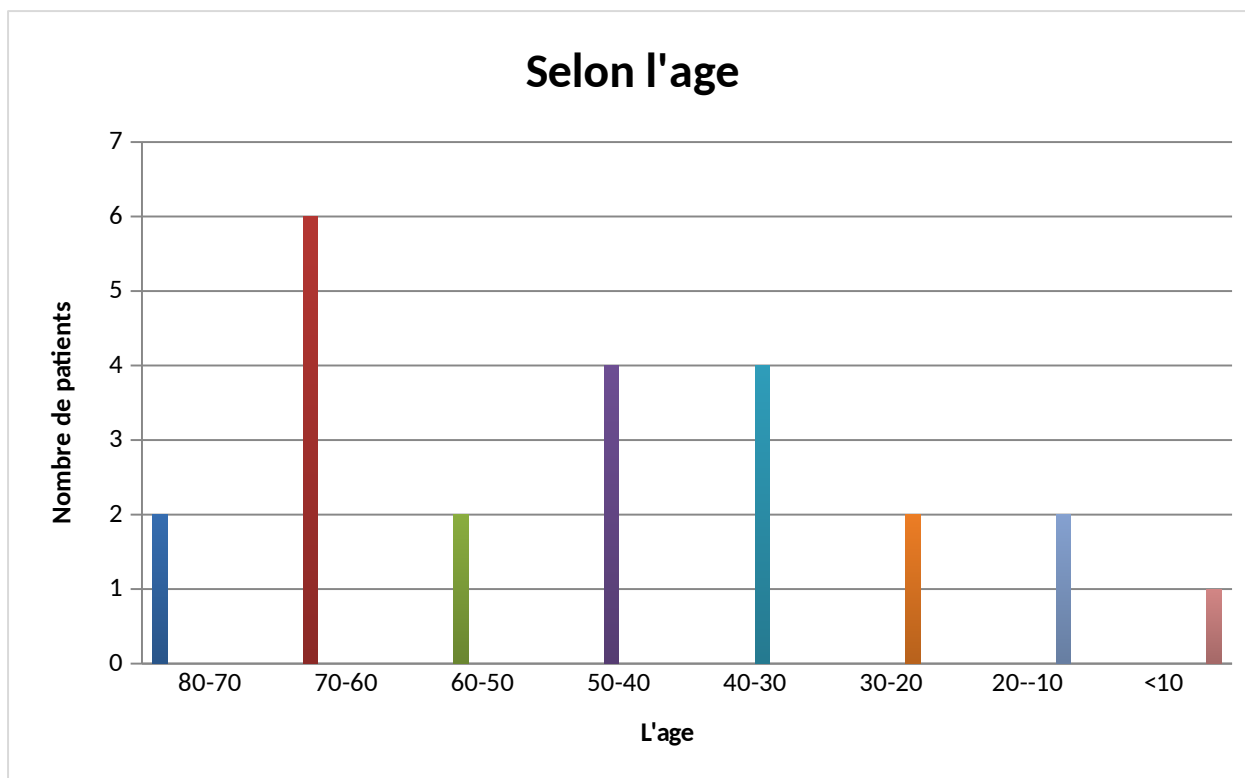


Figure 53: La répartition des patients en nombre selon l'âge.

➤ **Selon le sexe :**

L'analyse de notre mesure montre une prédominance féminine : 19 femmes (soit : 83%) et 4 hommes (soit : 17%)

	Femme	Homme
Nombre de patient	19	4
Pourcentage	83%	17%

Tableau 12: La répartition des patients en nombre selon le sexe.

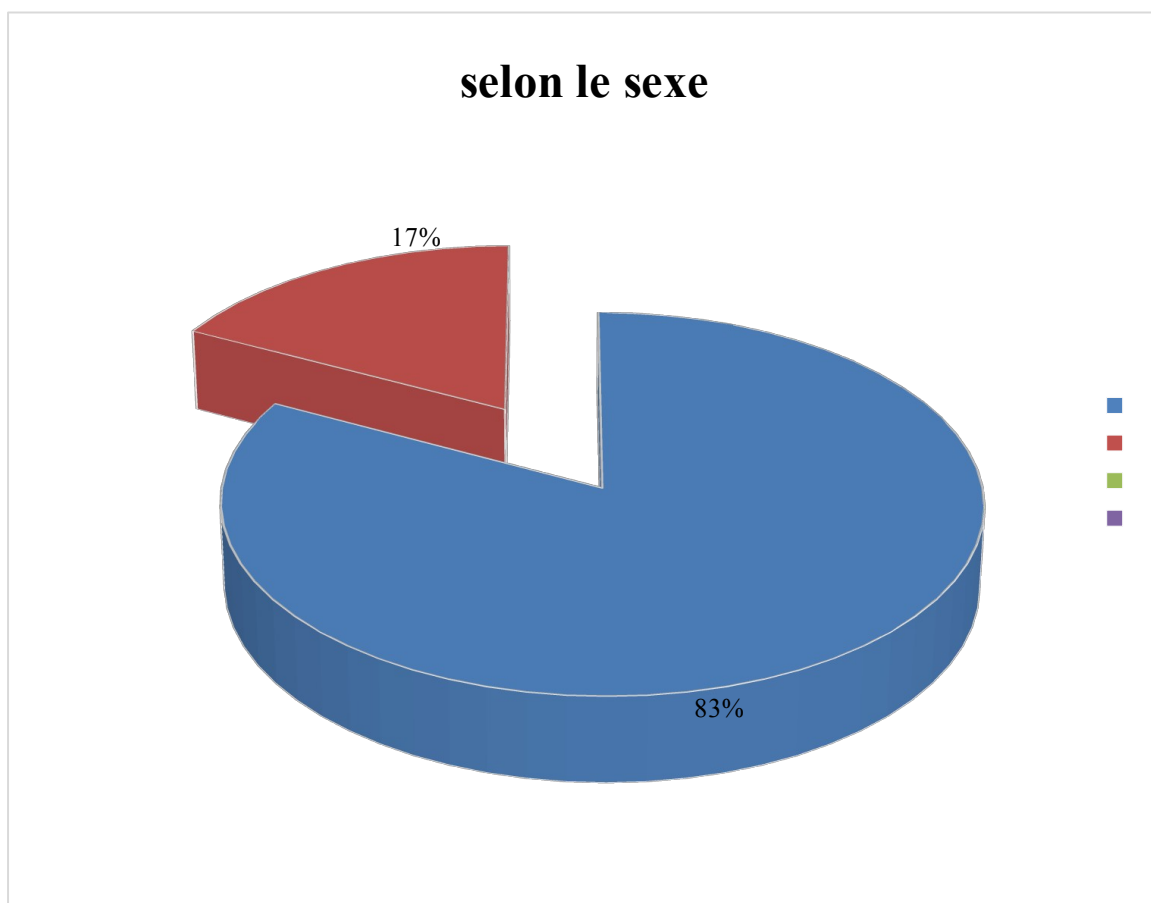


Figure 54: Pourcentage des patients traités par ira thérapie selon le sexe.

➤ **Selon le débit de dose :**

Les résultats ont montré une différence significative du débit de dose entre les patients. La plupart des patients ont un débit dose inférieure à 20 μSv et il ya 3 des patients qui ont un débit de dose dépasse le 20 μSv .

Les patients	Débit de dose (μSv)	[0 - 5[	[5 - 10[	[10 - 15 [	[15 - 20[	> 20
	Thyroïde	1	13	6	0	3
Abdomen	0	13	7	0	3	

Tableau 13: Répartition des patients en nombre selon le débit de dose.

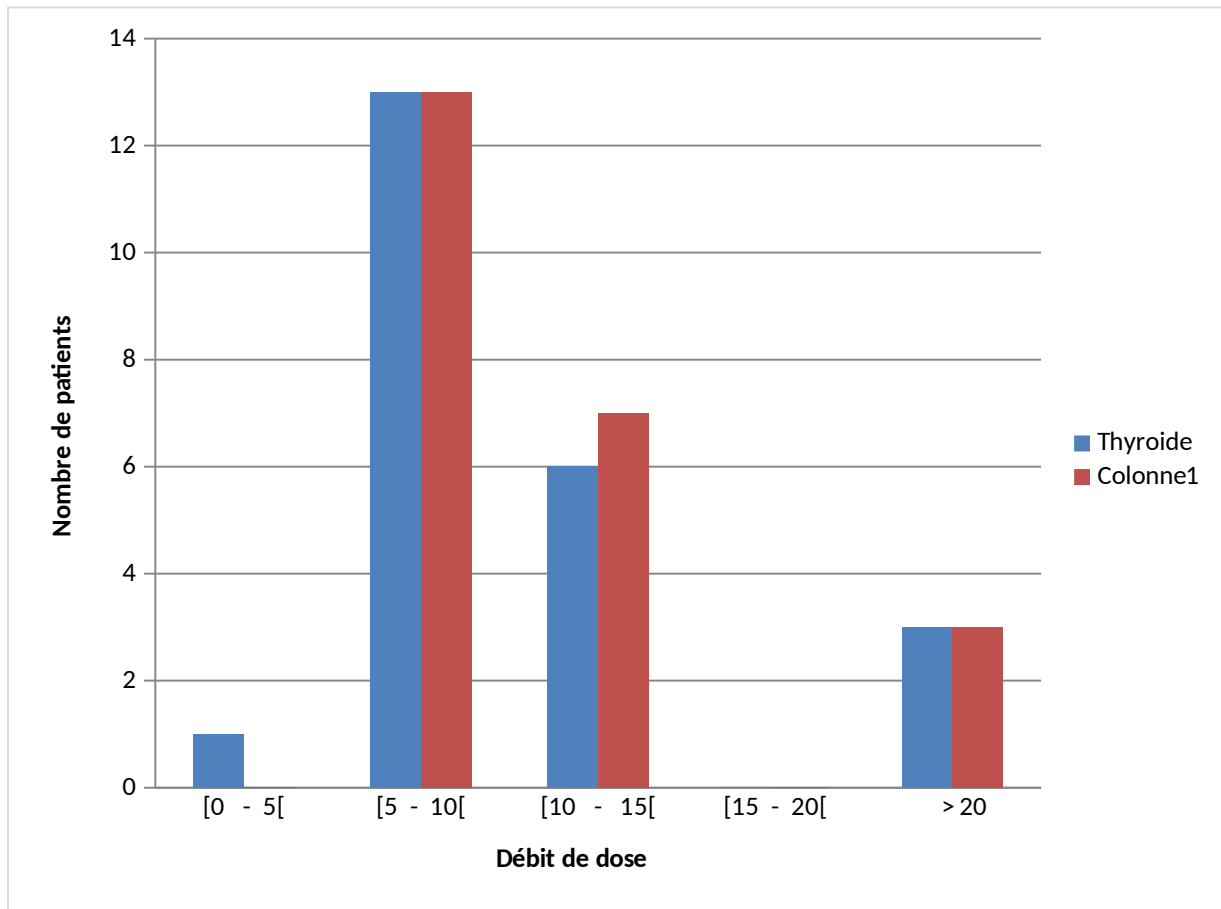


Figure 55: La répartition des patients en nombre selon le débit de dose.

4 Discussion:

En comparons notre étude à celle réalisée sur des travailleurs au service de médecine nucléaire de l'Hôpital d'instruction des armées du Val-de Grâce.

➤ Les personnels les plus exposés :

D'après notre étude l'infirmier ($0.25\mu\text{Sv/h}$) et le manipulateur ($0.20\mu\text{Sv/h}$) sont les plus exposés. Ces résultats sont retrouvée aussi dans l'étude qui faite au service de médecine nucléaire de l'Hôpital d'instruction des armées du Val-de Grâce l'infirmier ($0.56\mu\text{Sv/h}$) et le manipulateurs ($1.2\mu\text{Sv/h}$).

➤ **L'exposition des autres catégories professionnelles est :**

Dans notre étude le débit de dose du médecin nucléaire (0.15 $\mu\text{Sv/h}$) , le physicien médical (0.175 $\mu\text{Sv/h}$) et le radio pharmacie (0.15 $\mu\text{Sv/h}$) sont moins exposée , ces résultats sont similaire a ceux de l'Hôpital d'instruction des armées du Val-de Grâce le médecin nucléaire (0.21 $\mu\text{Sv/h}$.) et secrétaire (0.035 $\mu\text{Sv/h}$).

• **Pour les mesures dosimétriques du personnel :**

Dans une zone contrôlée avec un seuil inférieure au 20mSv/an, le calculer la dose reçue pendant une heure avec la formule : $20\text{mSv}/2000\text{h} = 0.01\text{mSv/h} = 10\mu\text{Sv/h}$

➤ Selon nos résultats :

La dose reçue pendant une semaine est égal 10 μSv pour le poste de l'infirmier, la dose reçue au bout d'une heure est :

$$10\mu\text{Sv}/40\text{h} = 0.25 \mu\text{Sv/h}$$

➤ Donc : $0.25\mu\text{Sv/h} \ll 10\mu\text{Sv/h}$

Concernant les patients, qui ils ont fait l'ira thérapie :

Quelques patients ont un débit de dose dépasse le 20 μSv qui nécessite des mesures supplémentaires dans la gestion pendant leurs balayage ou leurs sortie qui peuvent entrainer l'exposition du personnel.

Conclusion générale :

Dans notre travail consacré au profil dosimétrique et le respect des règles de radioprotection au service médecine nucléaire.

Les résultats dosimétriques du personnel au niveau du service de médecine nucléaire CHU _ TLEMEN sont conformes aux textes réglementaires, les doses reçues par le personnel restent en dessous des seuils annuels de surveillance médicale.

Le profil de poste d'infirmiers et les manipulateurs sont les plus exposées.

Pour les mesures des débits de dose pour les patients :

IRA thérapie utilise des fortes activités dans le cadre de traitement, le débit dose peut être élevé et entraîner l'exposition du personnel au niveau du service de médecine nucléaire qui nécessite des mesure particulière notamment à la sortie des patients.

Le respect des règles de radioprotection (distance, temps et écran) le port de la blouse plombée et le dosimètre opérationnel au sein du service contribuera à l'amélioration de la maîtrise des actes diagnostiques et thérapeutiques toute en protégeant le personnel.

Les références :

[1] Jean-Yves Devaux, Les maladies et la médecine : N°10 de université de tous les savoirs, La médecine nucléaire, 2012 ODILE JACOB, AVRIL. ISBN : 978-2-7381-6950-1.

[2] R. de Swiniarski, La Medecine Nucleaire - Etat Actuel-Situation en France, Novembre 2002.

- [3] Physique Chimie 1^{re} et Terminal BAC technologique STAV : Première partie Alain Kowalski et Arnaud Le Toux Educagri éditions, Dijon, 2013. ISBN : 978-2-84444-918-4.
- [4] Gérard GALY - Marc FRAYSSE, Radiopharmacie et médicaments radiopharmaceutiques, Lavoisier ,2012. ISBN : 978-2-7430-1443-8.
- [5] Alain SERET & Maryse HOEBEKE, Imagerie médicale, Bases physiques, D/2006/8886/10. ISBN : 978-2-7430-1443-8.
- [6] Claude Le Sech Christian Ngô, Dunod, Physique Nucléaire Des quarks aux applications, Paris ,2010. ISBN : 978-2-10-055331-0.
- [7] L’homme et les rayonnements, Commissariat à l’Énergie Atomique, 2002 .ISSN 1637-5408.
- [8] François Ramade, Introduction à l’écotoxicologie Les substances chimiques de l’écosphère à l’homme, LAVOISIER, 2011. ISBN : 978-2-7430-1316-8.
- [9] Yves Buisson, Jean-Didier Cavallo, Jean-Jacques Kowalski ,Xavier Montauban SA , Les risques NRBC, savoir pour agir ,2004. ISBN : 2-914990-00-4.
- [10] Jean-Philippe Dillenseger, Elisabeth Moerschel, Claudine Zorn, GUIDE des technologies de l’imagerie médicale et de la radiothérapie Quand la théorie éclaire la pratique ,2016 Elsevier Masson SAS. ISBN : 978-2-294-75201-8. E-ISBN : 978-2-294-75258-
- [11] François Grémy, Biophysique De la PACES à l’ECN 4^e édition, Lavoisier SAS, Paris, 2013. ISBN : 978-2-257-20564-3.
- [12] Yves Bresson, Médecine Nucléaire Et Radiologie préface du professeur G. Meyniel ,1990, Hermann, éditeurs des sciences et des arts. ISBN : 2 7056 6142 7.
- [13] Radio physique Vol. VI - Médecine nucléaire - Institut de radio physique (IRA) / Haute école de santé Vaud (HESAV) / Filière Technique en radiologie médicale (TRM) – Décembre 2008.
- [14] Jean –Paul Belon, Sébastien Faure, François Pillon, Pathologies et thérapeutiques commentées, Enseignements spécifiques, intégrés et formation d’application, 2013 Elsevier Masson SAS. ISBN : 978-2-294-71956-1.

- [15] Richard Zimmermann, La médecine nucléaire. La radioactivité au service du diagnostic et de la thérapie, EDA 2006. ISBN : 2-86883-865-0.
- [16] C.Chiron, Les épilepsies de l'enfant, Place des nouvelles techniques d'imagerie,1997John LibbeyEurotext. ISBN : 2-7420-0160-3.
- [17] M.-O.Habert, N.Yeni, A.Kas, Démences, Imagerie isotopique dans les démences, 2015John LibbeyEurotext, Paris. ISBN: 978-2-7040-1429-3. ISSN:1296-4409.
- [18] Dr Adeline GEORGE, Dr Serban GHITA, Karine ETIENNE, MEDECINE NUCLEAIRE, Guide de prescription.
- [19] HAS - Démarche qualité en médecine nucléaire in vivo, Certification V2010 Guide méthodologique, janvier 2013 (www.has-sante.fr)
- [20] Institut De Formation En Soins Infirmiers Nancy –Brabois , L'infirmier Et La Radioprotection ,Primarad Sandrine ,2011-2014
- [21] C. Badajoz, C.Bataille, F.Drouet, C.Schieber, organisation de la physique medicale et de la radioprotection : retour d'experience de quelques etablissements de sante franÇais et Etrangers, Avril 2009
- [22]Dominique Minière Philippe Sasseigne, Mémento De La Radioprotection En Exploitation, Édition | 2014.
- [23] D:\FICHIERS\Word\Cgr-2005\Nantes, 14-16 juin 05\Cd-Rom\Communications Orales\ Session 4\Nantes-Drt-Boisnel-Lahaye-2005.Doc, Reglementation Relative A La Radioprotection Des Travailleurs, Marc Bo Isnel .
- [24] Professeur Michel Rossi, Cours de radiobiologie et de Radiopathologie Pour Le Paces, Biophysique et Médecine Nucléaire.
- [25] Y-S. Cordoliani, H.Foehrenbach, Radioprotection en milieu médical, Principes et mise en pratique ,2^eédition ,2008Elsevier Masson S.A .S. ISBN : 978-2-294-70315-7.
- [26]Manuel de radioprotection, Comité de radioprotection, Université Laval, Janvier 2019.
- [27] Colette Tremblay, Formation en radioprotection Notes de cours, À l'intention des utilisateurs de matières radioactives, Mai 2015.

[28] Raymond DOLLO, Le Manipulateur d'imagerie médicale et de radiothérapie .rayonnements ionisants et radioprotection, Septembre 1999.

[29] Céline Bataillon, Aymeric Chabardes, Cyrille Thieffry, Janine Wybier, Les cahiers de prévention, Risques radioactifs et radioprotection, 2e édition, janvier 2018.

[30] Médecine légale –Médecine du travail ,1^{er} édition, par la Société française de Médecine Légale et le collège des Enseignants Hospitalo- Universitaires de Médecine et santé au Travail, 2019 Elsevier Masson SAS. ISBN: 978-2-294-76482-0. e-ISBN :978-2-294-76584-

[31] Les cahiers de prévention, Guide de Radioprotection, 1ère édition, septembre 2007.