

Département des Sciences de la Terre
Licence Sciences et Techniques Eau & Environnement

Gestion et traitement des déchets médicaux et leur impact sur l'environnement : cas du Centre Hospitalier Mohammed VI de Marrakech-Maroc

Réalisé par : BANINI Chaymaa

SAALAOUI Wiame

Devant le jury :

PR. BOURGEOINI Yamina, Faculté des sciences et techniques de Marrakech

PR. EL AMARI Khalid, Faculté des sciences et techniques de Marrakech

On dédie ce mémoire :

A nos parents

A notre famille

A tous nos amis

REMERCIEMENTS

Après avoir rendu grâce à Allah le tout puissant et le miséricordieux, nous tenons à exprimer notre appréciation à toute personne ayant contribué de près ou de loin à l'avancement de ce projet.

On adresse nos vifs remerciements a :

AMadame **BOURGEOINI YAMINA**, Enseignante à la faculté des sciences et techniques et responsable de la LST de EAU ET ENVIRONNEMENT. OPTION EXPLORATION ET EXPLOITATION DES RESSOURCES EN EAU.

Et avec un grand plaisir et un grand respect, nous nous permettons d'exprimer une immense gratitude à notre encadrant monsieur EL **AMARIKhalid**, Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques de Marrakech, pour ses conseils sur la rédaction du rapport, sa disponibilité, son apport scientifique et ses encouragements qui nous ont permis de réaliser ce travail dans les meilleures conditions.

Ensuite nos remerciements les plus chaleureux vont à notre encadrant de stage monsieur **BELKOURIMorad**, responsable qualité au CHU Mohammed VI, qui nous a fourni les outils nécessaires au bon déroulement de notre stage. Ainsi, on le remercie pour son encadrement, sa bienveillance pour notre intégration dans le service qualité et de la gestion de la direction générale, sa gentillesse et surtout pour nous avoir accordé ce sujet.

TABLE DES MATIÈRES

➤ Résumé	7
➤ Introduction générale	8
➤ Chapitre I : Généralités sur les déchets médicaux	9
1. Introduction	9
2. La classification des déchets hospitaliers	9
3. Gestion des déchets hospitaliers	12
3.a. Tri des DMP :.....	13
3.a.1. Tri selon la dangerosité des déchets	13
3.a.2. Conditionnement	15
3.a.3. Ramassage et entreposage des DMP	16
3.a.4. traitement	17
➤ Chapitre 2 : L'impact des déchets médicaux sur l'environnement	18
1. L'impact des effluents radioactifs sur l'environnement	18
2. L'impact des DASRI sur l'environnement	19
➤ Chapitre 3 : Gestion et traitement des déchets au CHU de Marrakech	22
1. Introduction	22
2. Présentation du CHU	22
3. La gestion et le traitement des déchets solides au CHU	23
3.a. le tri	23
3.b. unité de stockage	24
3.c. Le traitement des DASRI	26
4. Les effluents radioactifs :.....	28
4.a. Types de radionucléides	31
4.b. Gestion des effluents radioactifs	34
4.c. Législation	35
➤ Conclusion générale	37

LISTE DES FIGURES :

Figure 1 : les principales étapes de la gestion des déchets médicaux, art. L. 574-2 du Code de l'environnement.

Figure 2 : schéma récapitulatif des critères de tri fiable et durable des DMP (Taïb AJZOU, 2011),

Figure 3 : schéma de la composition du CHU de Marrakech

Figure 4 : types de radiation

Figure 5 : période de radioactivité du Technétium

Figure 6 : période de radioactivité de l'iode 131

Figure 7 : fosse septique

LISTE DES PHOTO :

Photo 1 : Les emballages utilisés dans la majorité des services.

Photo 2 : Les conteneurs à aiguilles

Photo 3 : Salle de stockage intermédiaire au niveau des services de soins

Photo 4 : Salle de stockage des déchets médicaux du HIT

Photo 5 : Appareil de banalisation : SterilWave 440L

Photo 6 : Produit final après banalisation des DMP.

Photo 7 : enceinte de préparation des éléments radioactifs

Photo 8 : Machine de radiothérapie.

Photo 9 : Enceinte de préparation d'iode 131

Photo 10 : Enceinte de préparation d'iode 131

Photo 11 : guichet blindé transmurale.

Photo 12 : cuve de décroissance

LISTE DES TABLEAUX :

Tableau 1 : recommandation pour le codage (OMS-PNUE /SCB2005)

Tableau 2 : modalités de conditionnement des DMP (Taïb AJZOUL 2011).

Tableau3 : Quantité des déchets produits et la durée maximale entre chaque collecte.

Tableau 4 : profil de migration de l'iode dans les sols. Données mesurées.

LISTE DES ABREVIATIONS :

ONU : Organisation des Nations unies

OMS :Organisation mondiale de la santé

DASRI :Déchets d'activités de soins à risques infectieux et assimilés

DAS : Déchets d'activités de soins

DRTC : déchets à risques toxiques et chimiques.

DADM : Déchets assimilables aux déchets ménagers

DMP :déchets médicaux et pharmaceutique

PNUE :Programme des Nations unies pour l'environnement

CHU : centre hospitalier universitaire

HIT : hôpital Ibn Tofail

HIN : hôpital Ibn Nefiss

HME : hôpital mère-enfant

HAR :hôpital Ar Arazi

COH : centre oncologie hématologie

CIPR :Commission internationale de protection radiologique

AMSSNuR : Agence Marocaine de Sûreté et de Sécurité Nucléaires et Radiologiques

PCB :polychlorobiphényles

SARM :Staphylococcus aureus résistant à la méticilline

CNRP :Centre Nationale de Radioprotection

Résumé

Les déchets médicaux et pharmaceutiques représentent un réel risque pour la santé publique, tant du côté sanitaire qu'environnemental.

Ce mémoire est une étude observationnelle et descriptive qui se focalise sur la gestion et le traitement des déchets médicaux plus spécifiquement les déchets d'activité de soins à risques infectieux (DASRI) en mettant le point sur leurs étapes de gestion : tri, stockage et traitement. Ainsi que les effluents radioactifs en précisant les types des radionucléides utilisés, la gestion de ces effluents et la législation et leur impact sur l'environnement au Centre Hospitalier et Universitaire Mohammed VI (CHU Med VI) de Marrakech.

Introduction générale

Depuis la première révolution industrielle, les questions liées à la protection de l'environnement sont devenues un dénominateur commun suite aux activités humaines qui engendrent de multiples problèmes environnementaux, liés aux menaces de pollutions qui augmentent peu à peu. Face à ces derniers, les différents pays du monde ont proposé divers plans et solutions afin de lutter contre ce danger. Ceci en commençant par la première Conférence mondiale sur l'environnement de Stockholm en 1972, passant par la Conférence des Nations unies sur l'environnement et le développement de Rio 1992, la session extraordinaire de l'Assemblée générale consacrée à l'environnement en 1997, le sommet du Millénaire 2000, le Sommet mondial sur le développement durable à Johannesburg en 2002, la Conférence des Nations unies sur le développement durable à Rio en 2012, jusqu'au sommet des Nations Unies sur le développement durable en 2015.

Aussi, il est important de signaler que toute production d'un bien est accompagnée de production de déchets. Ces déchets sont divers et variés dépendant de la nature de l'activité humaine (minière, bâtiment, hôpitaux. etc.).

La production mondiale, des déchets par les hôpitaux place l'Amérique du Nord en première position, avec 7 à 10 kg par lit de soin. L' Europe de l'Ouest et en Amérique latine produit de 3 à 6 kg par lit de soin ; l'Asie de l'Est, l'Europe de l'Est ou le Moyen-Orient produisent de 1,3 à 4 kg par lit de soin.

Le Maroc produit annuellement 22000 tonnes de déchets médicaux dont 6000 tonnes considérés comme dangereux selon le ministère de l'énergie, des mines et de l'environnement. Cette quantité importante nécessite un énorme travail de gestion et de traitement en vue de la protection de l'environnement.

Le présent projet de fin d'études s'est intéressé à cette problématique de gestion et traitement des déchets médicaux en se focalisant sur le Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Marrakech et leur impact sur l'environnement.

Chapitre I :
Généralités sur les déchets
médicaux

1.Introduction :

Le monde génère de plus en plus de déchets, les hôpitaux et les centres de santé ne font pas exception. Ces derniers produisent divers types de déchets hospitaliers à savoir :

- **Les déchets anatomiques** : Parties du corps humain, tissus présentant un danger de contamination,
- **Les déchets pharmaceutiques** : médicaments, vaccins, sérum...
- **Les déchets à risque chimique ou toxique** : Déchets contenant des substances chimiques : restes de solvants de laboratoire, désinfectants, mercure...
- **Les déchets radioactifs** : iode 131, technétium 99...
- **Les déchets d'activités de soins (DAS)** : déchets de soin non contaminés assimilables aux déchets ménagers,
- **Les déchets d'Activités de Soins à Risque Infectieux (DASRI)** : déchets infectieux composés de matières et objets contaminés par des micro-organismes pathogènes.

2. La classification des déchets médicaux :

La classification des déchets médicaux diffère d'un pays à un autre.

Selon l'organisation mondiale de la santé (OMS), 2004. Il existe 5 types de déchets :

- Déchets de soins médicaux sans risque,
- Déchets de soins médicaux nécessitant une attention spéciale,
- Déchets infectieux et hautement infectieux,
- Autres déchets dangereux,
- Déchets radioactifs.

Cependant, selon la classification française les déchets d'activités de soins se séparent en trois catégories :

- **DASRI** : déchets d'activités de soins à risque infectieux qui contiennent des micro-organismes viables ou des toxines dangereuses,

- **DRTC** : déchets à risques toxiques et chimiques,
- **DADM** : déchets assimilés aux déchets ménagers produits par les différents services d'un établissement de santé.

Au Maroc, la nouvelle classification marocaine des déchets médicaux et pharmaceutiques (DMP), d'après le nouveau Décret n° 2-09-139 relatif à la gestion des déchets médicaux et pharmaceutiques, permet de les séparer en 4 catégories :

Catégorie 1 :

a) Déchets comportant un risque d'infection du fait qu'ils contiennent des organes, tissus humains ou animaux non identifiables et des micro-organismes ou des toxines susceptibles de causer des maladies chez l'Homme ou chez d'autres organismes vivants.

Parmi ces déchets on trouve :

- Organes et tissus humains ou animaux non identifiables : parties et tissus du corps humain, placenta, ...etc.,
- Déchets infectés des malades : Déchets des pansements de soins, sérosités, excréta,
- Matériel orthopédique : plâtre et bandes avec des restes de sang,
- Langes et assimilés contaminés ou avec des restes de sang,
- Matériel à usage unique : Seringues, sondes, drains, gants,
- Matériel employé dans la dialyse,
- Déchets qui proviennent de l'administration du sérum et de médicaments,
- Cultures des laboratoires et réserves d'agents infectieux.

b) Matériel piquant ou tranchant destiné à l'abandon, qu'il ait été ou non en contact avec un produit biologique (Aiguilles, seringues jetables munies d'aiguilles non démontables, aiguilles à ailettes, lames de bistouri et lancettes, mandrins, verres cassés, cathéters, bistouris, perforateurs de tubulures).

c) Produits et dérivés sanguins à usage thérapeutique incomplètement utilisés, avariés ou périmés (Flacons, poches ; sacs ; Systèmes employés dans l'enlèvement et l'administration de sang).

Catégorie 2 :

a) Médicaments et produits chimiques et biologiques non utilisés, avariés ou périmés. Parmi ces déchets on peut citer :

- Produits provenant des services cliniques ou des pharmacies hospitalières : Médicaments et produits pharmaceutiques périmés ou détériorés, vaccins, ampoules ou flacons de médicaments vides,
- Produits toxiques : mercure des thermomètres, produits acides et corrosifs, produits inflammables, réactifs, produits des laboratoires, formol, concentrés d'hémodialyse, produits d'imagerie médicale, solvants.

b) Déchets cytostatique et cytotoxique. Toutefois, la gestion des déchets issus de l'utilisation des substances vénéneuses doit prendre en considération la législation applicable à ces substances. Appartiennent à cette catégorie :

- Médicaments anticancéreux concentrés : médicament avant préparation, reste de médicament, médicament périmé, etc.,
- Déchets souillés de médicaments anticancéreux : dispositifs médicaux et matériels utilisés pour l'administration, poches, tubulures, compresses, gants,
- Urines et excréta provenant des malades traités par les produits cytotoxiques.

Catégorie 3 :

Font partie de cette catégorie les organes et tissus humains ou d'animaux aisément identifiables par un non spécialiste (Cadavres d'animaux d'expériences et pièces anatomiques correspondant à des fragments d'organes ou de membres, aisément identifiables par un non spécialiste).

Catégorie 4 :

Déchets assimilés aux déchets ménagers. On y trouve :

- Déchets n'ayant pas été infectés comme les ordures de bureaux, les emballages et les restes alimentaires etc.,
- Matériel orthopédique : bandes et plâtres non contaminés et sans reste de sang,
- Matériel de protection individuelle utilisé dans les services généraux et d'appui, à l'exception du matériel employé pour le ramassage des déchets.
- Emballages vides de médicaments et d'autres produits à usage clinique qui ne sont pas inclus dans les Catégories 1 et 2,
- Flacons de sérum non contaminés, sauf ceux inclus dans la Catégorie 2,
- Verres n'ayant contenu ni sang, ni autres sécrétions,
- Langes et similaires non tâchés de sang,

- Autres : matelas, déchets administratifs, déchets de travaux de jardinage, déchets provenant de la construction et de la démolition.

3. Gestion des déchets hospitaliers :

Il y a plusieurs raisons à l'obligation de bien gérer les DMP dans les établissements médicaux :

- Le coût élevé de la manutention et de la réparation des dommages de la santé due à la pollution causée par les risques suivants (risque infectieux, risque chimique, risque radiologique, etc.),
- Le coût élevé de la protection de l'environnement contre les dommages de pollution des sols, de l'eau et de l'air,
- Obligations réglementaires imposées aux producteurs, le DMP suit le principe du « pollueur-payeur »
- Raisons d'hygiène : une bonne gestion des déchets aide à améliorer l'assainissement des institutions.

La gestion des déchets dangereux implique une filière d'élimination spécifique qui commence par leur séparation des autres déchets dès leur production et leur conditionnement dans des emballages adaptés afin de respecter les règles d'hygiène et de veiller à la sécurité des personnes (patients, personnel soignant, personnel chargé du tri de ramassage ou de l'élimination des déchets). Ainsi, on œuvre en vue d'éviter les accidents susceptibles de survenir tout au long de la filière d'élimination (production, tri, conditionnement, ramassage, stockage, enlèvement, transport, traitement et élimination).

Cette gestion des déchets médicaux comporte 6 étapes essentielles (Figure 1), (art. L. 574-2 du Code de l'environnement)

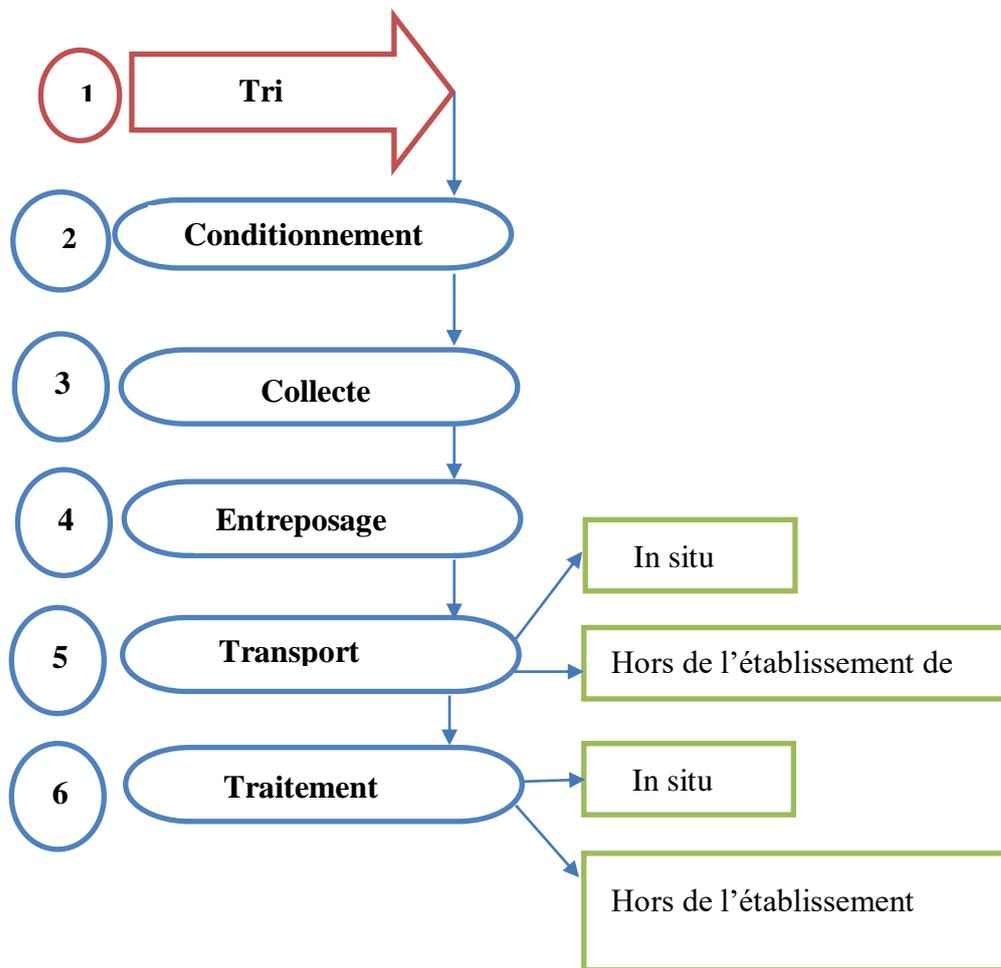


Figure 1 :les principales étapes de la gestion des déchets médicaux,art. L. 574-2 du Code de l'environnement.

3.a. Tri des DMP :

3.a.1.Tri selon la dangerosité des déchets :

Le tri des déchets médicaux est un premier pas vers une gestion adéquate. Cela permet, par la suite, d'envisager un traitement adapté à chaque catégorie des déchets médicaux à savoir les déchets dangereux et non dangereux.

La façon la plus simple d'identifier les différentes catégories de déchets et d'encourager le tri est de séparer les déchets dans des conteneurs ou sacs en plastique de différentes couleurs et/ou marqués d'un symbole. Les recommandations internationales (OMS-Programme des Nations Unies (PNUE)) sont présentées dans le tableau 1. Mais ce tri doit suivre certains critères qui sont illustrés dans la figure 2 :

Tableau 1 : recommandation pour le codage des déchets (OMS-PNUE /SCB2005)

Catégorie de déchet	Codage couleur – symbole	Type de conteneurs
0. Déchets domestiques	Noir	Sacs plastique
1. Déchets piquants et tranchants	Jaune et 	Conteneurs à piquants/tranchants
2a. Déchets présentant un danger de contamination 2b. Déchets anatomiques	Jaune et 	Sacs plastique ou conteneurs
2c. Déchets infectieux	Jaune, marqué « hautement infectieux » et 	Sacs plastique ou conteneurs pouvant être passés à l'autoclave
3. Déchets chimiques ou pharmaceutiques	Brun avec symbole approprié (voir annexe 4, chapitre 4: Étiquetage des produits chimiques). Ex.: 	Sacs plastique, conteneurs

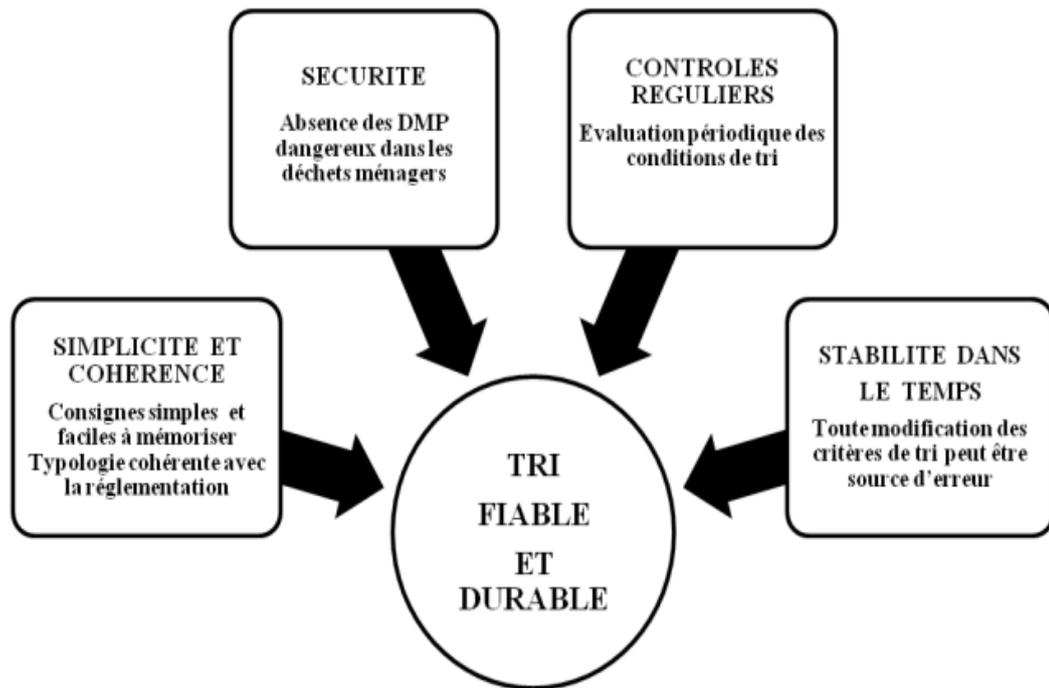


Figure 2 :schéma récapitulatif des critères de tri fiable et durable des DMP (Taïb AJZOUL, 2011),

3.a .2 Conditionnement :

Selon le nouveau décret relatif à la gestion des produits médicaux « la loi n° 17-04 portant code du médicament et de la pharmacie promulguée par le dahir n° 1-06-151 du 30 chaoual 1427 (22 novembre 2006), notamment au chapitre 2 Art. 6 », les DMP sont classés par catégories et placés dans des sacs en plastique ou dans des conteneurs colorés à usage unique qui répondent aux normes applicables, comme résumé dans le tableau 2. Le remplissage des sacs et récipients ne doit pas dépasser les trois quarts de leur capacité. Ils doivent porter une étiquette indiquant la source des déchets et la date à laquelle ils les ont placés pour la première fois dans le sac ou le conteneur. Une fois remplis, les sacs et conteneurs sont scellés et placés dans des conteneurs séparés, dédiés au stockage, en fonction du type de déchets qu'ils contiennent.

Tableau 2 : modalités de conditionnement des DMP (Taïb AJZOUL 2011).

Category	Type de déchet	Conditionnement	Couleur
1-a	Déchets mous comportant un risque d'infection	Sac en plastique résistant et étanche	Rouge
1-c	Produits et dérivés sanguins		
1-b	Matériel piquant ou tranchant	Récipient solide hermétiquement fermé à usage unique	Jaune
2-a	Médicaments et produits chimiques et biologiques	Sac en plastique résistant et étanche	Marron
2-b	Déchets cytostatiques et cytotoxiques		
3	Organes et tissus humains ou d'animaux identifiables	Récipient ou sac en plastique	Blanche non transparente
4	Déchets assimilés aux déchets ménagers	Sacs en plastique résistants et étanches	Noire

3.a.3. Ramassage et entreposage des DMP :

Après avoir emballé les déchets, le personnel autorisé doit transporter les déchets conditionnés dans un circuit en évitant tout risque de contamination pour l'environnement ainsi que pour le personnel.

Les conditions et les délais maximaux de stockage dépendent de la quantité de DMP produits dans le mois (tableau 3). Les DMP doivent être stockés :

- A l'abri de sources de chaleur,
- A l'écart du public,

- Dans un local spécifique sécurisé contre le vol, ventilé et éclairé correctement, protégé contre les intempéries, facilement lavable.

En cas de regroupement ou de production supérieur à 5kg par mois, un local de stockage est requis pour l'entreposage des déchets préalablement emballés.

Tableau3 : Quantité des déchets produits et la durée maximale entre chaque collecte.

Quantité de DMP produits	Durée maximale entre chaque collecte
>100kg/semaine	72h
<100kg/semaine et > 15kg/mois	7 jours
5kg/mois	1 mois
<5kg/mois	3 mois

3.a.4 Traitement des DMP :

Il faut noter que toutes les activités d'une ligne de traitement des déchets sont soumises à la traçabilité de l'ensemble de ces activités assurées par un bordereau suivi de détails spécifiques accompagnant le DMP concernant le processus de production jusqu'à leur élimination. Les DMP sont soit incinérés dans des usines d'incinération, soit prétraités avec du matériel de stérilisation pour être éliminés par le secteur des déchets ménagers.

Chapitre 2 :
L'impact des déchets
médicaux sur
l'environnement

Introduction :

La gestion, le traitement et l'élimination des déchets médicaux peuvent présenter indirectement des risques pour la santé en libérant des agents pathogènes et des polluants toxiques dans l'environnement. Dans cette partie on s'intéressera à l'impact des déchets radioactifs et des DASRI.

1.Impact des effluents radioactifs sur l'environnement :

La radioactivité est un phénomène qui diminue naturellement avec le temps. Cependant, pour certains déchets contenant de nombreux atomes radioactifs à demi-vie longue, ce processus peut prendre des milliers, voire des centaines de milliers d'années. Ainsi, pour protéger l'homme et l'environnement, tant qu'il y a un risque, les déchets doivent être isolés. A cet effet, des barrières de protection, également appelées « barrières de confinement » ont été mises en place.

En cas d'accident ou d'une fuite, une contamination provoque un déséquilibre et ce par :

- Une migration dans le sol :

La migration verticale dans le sol est assez faible (calculée par année), et l'iode a tendance à rester sur la couche supérieure du sol, la couche avec le plus de matière organique, microorganisme, associé à une réactivité élevée de l'iode vis-à-vis de la matière organique conduit à une liaison très stable (réaction irréversible formant la liaison covalente).(voir tableau 4)(www.researchgate.net/publication/261278617).

Tableau 4 : profil de migration de l'iode dans les sols.

Conditions	Profil/Migration	Référence
Mesure des profils ^{131}I dans les sols après Tchernobyl, en fonction du temps	^{131}I atteint 7,5 cm de profondeur en 50 jours, 57% de la quantité totale retenu dans la couche supérieure (0-1 cm)	Yuita 1997
Mesures après reconstitution expérimentale, ^{127}I , 15,7 mg/m ² déposés, durée : 133 jours, juin à octobre Andosol à gley Sol bas gris	98% retenu, 2% filtré 55,4% retenu ; 44,6% filtré	
Mesure sols ^{131}I	> 90% retenus dans la couche de surface du sol (0-10 cm) Liaison avec la présence de matière organique	Morita 1999

- Transfert sol-plante :

Le facteur de transfert sol-plante est le rapport de l'activité des radionucléides dans la plante et dans le sol. Ce paramètre peut être présenté de différentes manières. La concentration en radionucléides dans les végétaux peut être exprimée en fonction du matériel végétal frais ou en fonction du matériel végétal séché. L'unité de ce facteur est le Bq/kg. (<https://www.researchgate.net/publication/261278617>).

2- Impact des DASRI sur l'environnement :

Le traitement et l'élimination des déchets liés aux soins doit suivre certaines normes pour éviter tous les problèmes reliés à l'environnement. S'il n'est pas bien réalisé, l'enfouissement des déchets peut contaminer l'eau potable. Des centres de collecte des déchets mal conçus, mal gérés ou mal entretenus présentent un risque pour les personnes qui y travaillent.

L'incinération des déchets a été largement pratiquée, mais l'incinération imparfaite ou l'incinération de matériaux non conformes à ce régime entraîne le rejet de polluants et de résidus dans l'atmosphère.

- L'incinération de matériaux contenant du chlore peut produire des dioxines et des furanes, cancérigènes pour l'homme et qui ont été associés à divers effets néfastes sur la santé.
- L'incinération des métaux lourds ou de matériaux contenant une grande quantité de métal peut entraîner le rejet de métaux toxiques dans l'environnement.
- Le mercure est un métal lourd, sous forme liquide à température et pression ambiantes. Il s'évapore très facilement dans l'atmosphère. Il a une densité de 13,5.

Il s'accumule dans les sédiments, où il se transforme en un dérivé organique plus toxique : le méthyl mercure. Le mercure se trouve principalement dans les thermomètres, dans les amalgames dentaires, dans certaines piles, dans les équipements électroniques et dans les lampes fluorescentes ou fluorescentes compactes. Les installations médicales sont l'une des principales sources de mercure dans l'atmosphère, en raison de l'incinération des déchets médicaux. Ils sont également à l'origine d'une contamination par le mercure en surface. Le mercure est très toxique il peut provoquer une intoxication mortelle dans certains cas. Il est également nocif en cas d'absorption transcutanée et a des effets néfastes sur la grossesse.

- Lors de l'incinération dans certains cas, notamment lorsque les déchets sont brûlés à basse température ou lorsque des plastiques contenant du chlorure de polyvinyle sont brûlés, il se forme de l'acide chlorhydrique, des dioxines, et d'autres polluants atmosphériques nocifs. On les retrouve dans les émissions mais aussi dans les cendres résiduelles et les cendres volantes.

Ces substances sont persistantes, c'est-à-dire que ces molécules ne sont pas dégradées dans l'environnement, et qu'elles s'accumulent dans la chaîne alimentaire. La plus grande partie de l'exposition humaine aux dioxines, aux furanes et aux polychlorobiphényle (PCB) coplanaires est due à l'alimentation. Même dans les incinérateurs à température élevée (plus de 800°C), il se trouve, au début ou à la fin de l'incinération, des poches moins chaudes dans lesquelles peuvent se former des dioxines et des furanes. L'optimisation du processus peut diminuer la formation de ces substances si, par exemple, on fait en sorte que l'incinération n'ait lieu qu'à des températures supérieures à 800°C, et si l'on évite la formation de gaz de combustion à 200-450°C. Enfin, l'incinération de métaux ou de matériels à forte teneur en métaux (en particulier plomb, mercure et cadmium) peut conduire au rejet de métaux dans l'environnement.

- L'enfouissement et la mise en décharge « sauvage » dans des sites non contrôlés peuvent avoir, en plus des risques cités précédemment, des effets environnementaux directs en termes de pollution du sol et des eaux.

- Une mauvaise gestion des eaux usées et des boues d'épuration peut entraîner une contamination des eaux et des sols par des pathogènes ou des produits chimiques toxiques. L'introduction de résidus chimiques ou pharmaceutiques dans le drain a des conséquences sur le bon fonctionnement des stations biologiques ou des fosses septiques. Ces déchets peuvent être une source de pollution de l'eau et de l'écosystème. Les antibiotiques et leurs métabolites sont excrétés dans l'urine et les selles des patients traités et finissent dans les eaux usées. Les eaux usées des hôpitaux contiennent deux à dix fois plus de bactéries résistantes aux antibiotiques que les eaux domestiques. Ce phénomène contribue à l'émergence et à la propagation de pathogènes comme le SARM. **(Staphylocoque doré résistant à la méticilline).**

Chapitre 3 :
Gestion et traitement des déchets au
centre hospitalier universitaire (CHU) de
Marrakech

1.Introduction :

Dans le cadre de ce stage au sein du CHU de Marrakech, on s'est intéressé à deux types de déchets : les déchets liquides et solides. Un comité de gestion des DMP joue un rôle capital pour le management du système de gestion de ces déchets. Ce dernier assure le bon déroulement du processus d'élimination des déchets solides (le tri, la collecte, le stockage jusqu'à l'évacuation finale), ainsi que les déchets liquides.

2.Présentation du CHU de Marrakech:

Le Centre Hospitalier et Universitaire (CHU) Mohammed VI de Marrakech est un établissement public, sous la tutelle du Ministère de la Santé Marocain. Il a été créé en vertu de la Loi 82.00 promulguée par le Dahir 1.01.206 du 10 Joumada II 1422 (30 août 2001) modifiant et complétant la loi 37.80 relative aux centres hospitaliers, promulguée par le Dahir 1.82.5 du 30 Rabia I (15 janvier 1983).

Le CHU Mohammed VI de Marrakech est acteur majeur et incontournable de l'offre de soins au niveau de la région de Marrakech-Safi. Il se compose de quatre hôpitaux et deux centres, d'une capacité de 1548 lits dont (Figure 3) :

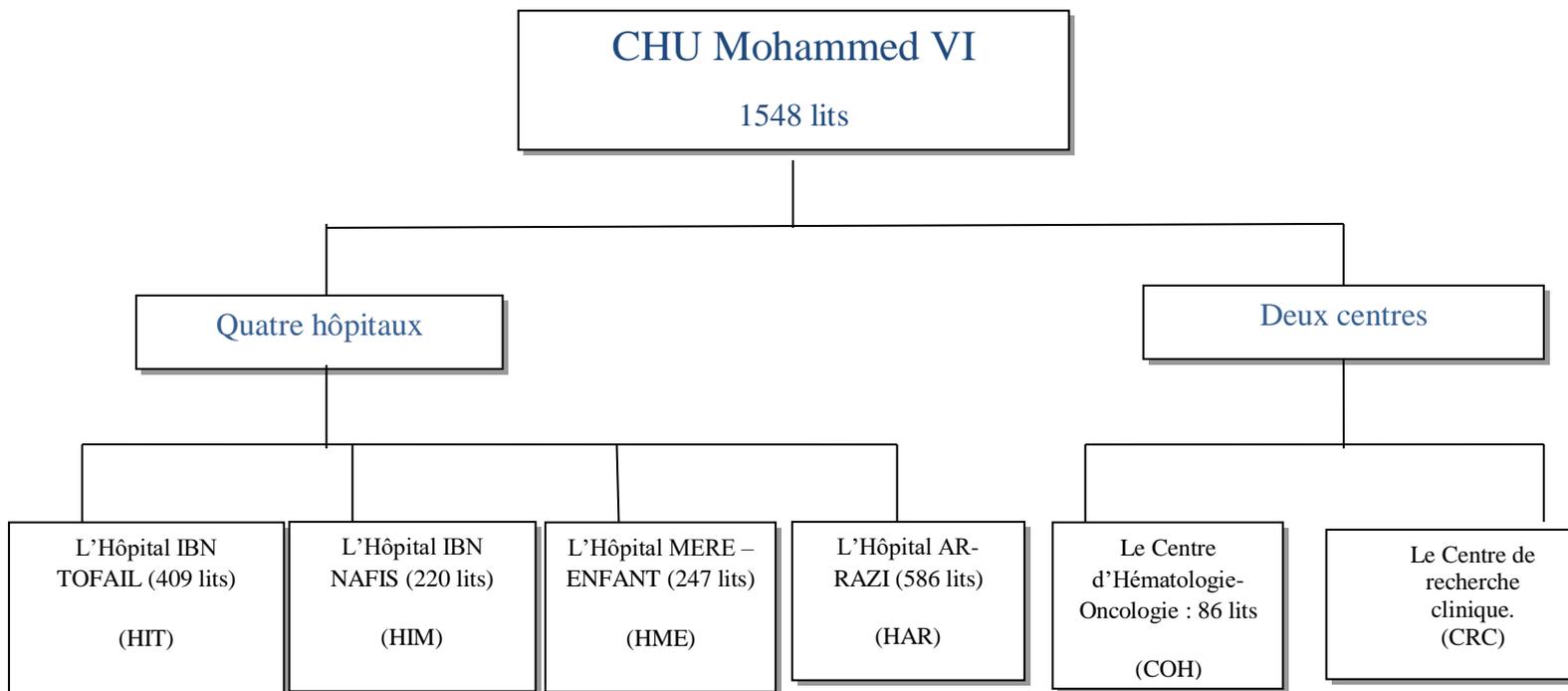


Figure3 : schéma de la composition du CHU de Marrakech

L'un des défis les plus importants au CHU est le traitement des déchets qui y sont générés. Pour y faire face, le service d'hygiène au niveau de la direction du CHU impose la stratégie en matière de gestion des déchets médicaux et l'orientation des axes de coordination de travail des services d'hygiène dans les différents hôpitaux qui

constituent le CHU. Cette gestion est rendue possible grâce aux techniciens chargés de l'unité de traitement ou d'évacuation des déchets médicaux qui collectent les déchets dans tous les services et d'assurer leur gestion au niveau du sous-processus final du système de gestion des déchets médicaux.

3. Gestion et traitement des déchets solides au CHU :

La gestion des DMP est généralement assurée par le service d'hygiène, que ce soit au niveau de l'hôpital ou au niveau de la direction du CHU. La mise en place d'un comité de gestion DMP au niveau de chaque hôpital est indispensable pour mieux gérer les déchets.

3.a. le tri :

La première étape d'élimination des déchets médicaux est le tri. Il a été constaté lors de notre stage qu'il existe un strict minimum du matériel dans tous les services, qui facilite la collecte des déchets. En effet, ce strict minimum n'est pas toujours adéquat et ne respecte pas toujours les normes établies pour chaque type ou catégorie des déchets. C'est pour cela que le sous processus de tri n'était pas très optimisé malgré l'effort déployé par le CHU pour assurer la qualité du système d'élimination et ce parce que les déchets de catégories 1, 2a et 2b sont mélangés dans un même sac.

Ce mélange a été constaté dans le site de banalisation au CHU et même dans le stock des déchets à transporter hors site qui est assuré par l'entreprise de sous-traitance Athisa Maroc. Ainsi pour des déchets destinés à être banalisés au CHU, sauf en présence des déchets solides susceptibles d'endommager l'appareil, tout ce mélange est banalisé au même moment sans séparation.

Une fois les ordures triées, elles sont généralement ramassées et les déchets médicaux sont mis dans des sacs (jaunes ou rouges) lors du nettoyage des chambres des malades. Ces déchets, ainsi mélangés dans le même sac rouge ou jaune (photo 1 et 2), entraîneraient un risque élevé d'événements indésirables ou d'accidents et/ou de contact avec le sang surtout que les personnes qui s'occupent du nettoyage ne sont pas formées ou n'ont pas connaissance de la procédure à suivre.



Photo1 :Les emballages utilisés dans la majorité des services



Photo2 : Les conteneurs à aiguilles

3.b. Unité de stockage :

Dans la majorité des services de soins il existe une salle dédiée au stockage intermédiaire des déchets, avant leur acheminement vers la salle de stockage final de l'hôpital (Photo 3 et 4). En effet, après le stockage intermédiaire des déchets conditionnés dans les conteneurs dans les services, les déchets sont collectés et acheminés à l'aide de chariots ou à la force des bras vers la salle de stockage principale de l'hôpital. Il existe trois zones principales de stockage au niveau du CHU de Marrakech : celle du HIT, de l'HIN et celle de l'HME. Il convient de noter que, celle de l'HME reçoit un surplus de déchets qui proviennent de l'HAR et le COH.



Photo 3 : Salle de stockage intermédiaire au niveau des services de soins



Photo 4 : Salle de stockage des déchets médicaux du HIT

Aucune unité de stockage des déchets ne pratique la séparation des DMP par catégorie. Tous les DMP généralement de la première et deuxième catégorie sont mélangés dans les mêmes sacs ; on remarque souvent la présence même des DMP de la troisième catégorie.

3.c.Traitement des DASRI :

Les déchets médicaux sont traités dans un appareil nommé Sterilwave 440 (photo 5) son principe est de broyer finement tout type de déchets grâce à sa lame rotative. Les DASRI sont ensuite stérilisés par microondes afin d'obtenir des déchets ménagers inertes.

Les étapes du cycle de la machine sont :

- Pesée (32kg)
- Chargement,
- Broyage,
- Chauffage,
- Banalisation à base de micro-onde,
- Evacuation.



Photo 5 : Appareil de banalisation : SterilWave 440L

Dans les locaux de HIT, HME et HIN, les DASRI stockés sont accumulés pendant sept jours avant d'être transportés par Athisa Maroc. Les déchets de l'HME ont une quantité mensuelle de 7730,70kg. La quantité annuelle a été d'environ 212.201,77kg en 2017.

En salle HME, en plus des DMP de HAR et COH DMP : la quantité est estimée de 24 300 kg par mois et d'environ 97 200 kg par an ; les quantités traitées sont de 32 400 kg et 7 730,70 kg qui sont banalisées hors site à l'aide de l'appareil **Sterilwave de 440 litres**.

Chaque cycle de la machine traite les DASRI (10 cycles par jour, seulement 2 jours par semaine) et 32kg de déchets sont traités par cycle ; après traitement, le volume est réduit de près de 60 %, et le poids total de déchets est réduit de 10 kg.

Les déchets traités par cette opération sortent sous forme de laine et envoyés à la décharge publique, car ils sont considérés comme non contagieux



Photo 6 : Produit final après banalisation des DMP.

4. Les effluents radioactifs :

Les hôpitaux produisent de plus en plus des déchets radioactifs qui proviennent essentiellement des :

- Sources radioactives non scellées utilisées en diagnostique et en traitement, qui génèrent des déchets radioactifs de différents types durant la préparation des radiopharmaceutiques, l'examen et le soin des patients,
- Sources radioactives scellées utilisées pour l'étalonnage, le contrôle de qualité, et le marquage anatomique, qui deviennent des déchets.

La radioactivité est un phénomène physique qui existe naturellement dans l'univers. En effet, le noyau instable va se désintégrer et libérer une variété de rayonnements plus ou moins pathogènes. Il existe deux types de radioactivité :

Radioactivité naturelle : En effet, certains atomes sont instables : on les appelle « radionucléides ». Ils ont la particularité de se décomposer (se désintégrer) spontanément, ce qui mène à la production d'un autre élément en émettant des particules (électrons, neutrons, etc.) ou un rayonnement électromagnétique.

Radioactivité artificielle :

La radioactivité peut également avoir une origine artificielle (examen médical, thérapie, rejets d'installations nucléaires, etc.) lorsque le même effet est obtenu par bombardement des noyaux des atomes. Et ceux par une désintégration où ce qu'on appelle par décroissance radioactive qui représente la diminution de l'intensité du rayonnement de toute substance radioactive au fil du temps en raison de l'émission spontanée de rayonnement depuis un noyau atomique.

Il existe trois grands types de désintégrations :

- **La désintégration alpha (α) :** est un noyau d'Hélium chargé positivement émis par un noyau instable plus grand. C'est une particule relativement massive, mais elle n'a qu'une courte portée dans l'air (1 à 2 cm) et peut être complètement absorbée par le papier ou la peau. Les rayonnements alpha peuvent toutefois être dangereux s'ils pénètrent dans l'organisme par inhalation ou ingestion, car des expositions importantes peuvent entraîner des tissus proches, tels que la muqueuse des poumons ou de l'estomac. Les périodes des désintégrations α sont souvent longues.

- **La désintégration bêta (β)** : le rayonnement beta est un électron (négaton ou positon) émis par un noyau instable. Les particules beta sont beaucoup plus petites que l'alpha et peuvent pénétrer davantage dans les matériaux ou les tissus. Ils peuvent être complètement absorbés par des feuilles de plastique, de verre ou de métaux. Les périodes radioactives des désintégrations β sont plus courtes, parfois même très courtes.
- **Le rayonnement gamma (γ)** : correspond à l'émission de photons énergétiques après désexcitation du radioélément.

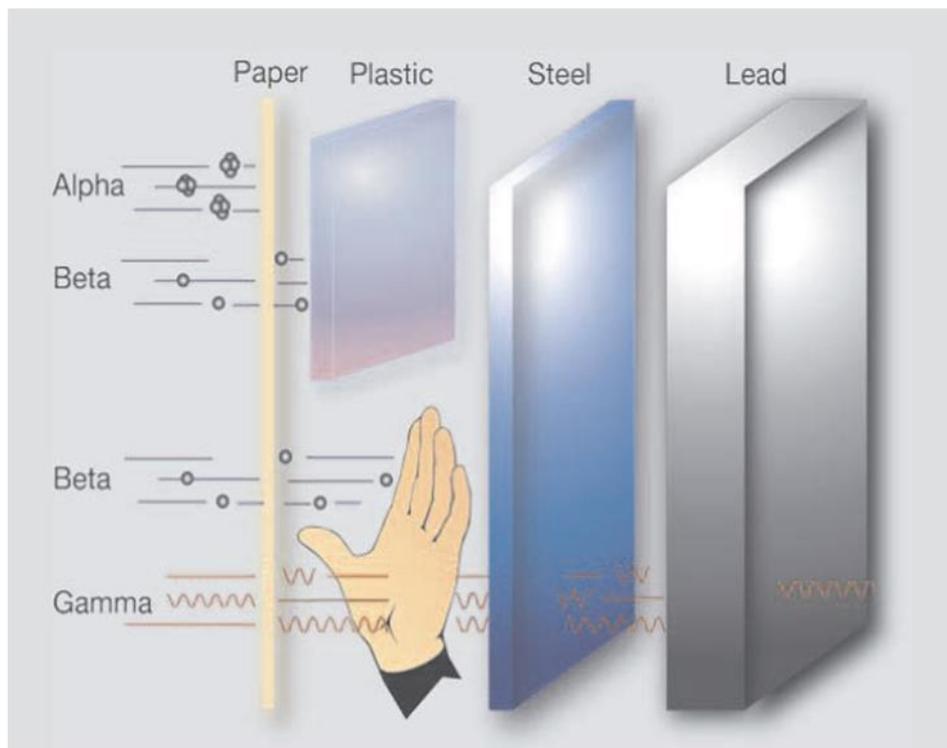


Figure 4 : types de radiation

L'utilisation des radionucléides en médecine est devenue un domaine bien établi. Les propriétés favorables de certains radionucléides, leur disponibilité sur le marché et leur coût acceptable permettent une large application de différents radionucléides dans la médecine moderne, à la fois pour le diagnostic et pour le traitement des maladies. La demande de ces derniers augmente tant dans les pays industrialisés que dans les pays en voie de développement. Nous avons fait l'étude des effluents radioactifs émis suite à cette utilisation au CHU Mohammed VI de Marrakech.

Au sein du CHU, on a visité le service de médecine radioactive. Ce service est divisé en deux principales zones, l'une est dite public (ou froide) où on trouve les bureaux des médecins, infirmière- chef, accueil et réception des patients, tandis que l'autre est dite contrôlée (ou chaude) dans laquelle se déroule toute opération en relation avec les éléments radioactifs. Cette zone est constituée de :

- Une salle d'attente des patients injectés,
- Une salle de préparation des radiopharmaceutiques (des isotopes radioactifs qui cibles des organes spécifiques), appelée aussi laboratoire chaud,



Photo7 : enceinte de préparation des éléments radioactifs

- La salle de diagnostic,



Photo8 : Machine de radiothérapie

- Une salle d'injection des radiopharmaceutiques,
- Une salle pour épreuve d'effort,
- Toilettes pour les patients injectés,
- Les chambres des patients avec des toilettes et des douches.

Toutes ces salles sont équipées d'une ventilation par dépression qui renouvelle l'air dix fois par heure.

4.a. Types de radionucléides :

De nombreux radionucléides sont utilisés au CHU sous forme non scellée dont l'aspect et les conditions normales d'utilisation n'empêcheront pas la propagation de toute matière radioactive, et scellée dont la structure ou l'emballage empêche les matières radioactives de se répandre dans le milieu environnant lors d'une utilisation normale au cours de différentes procédures biomédicales. Au niveau du service de médecine nucléaire du CHU Mohammed VI, deux radionucléides sont principalement utilisés (par contre il y en a d'autres qui sont utilisés occasionnellement) :

Technétium-99 : ^{99}Tc

Le technétium-99 est utilisé en imagerie médicale. C'est un technétium appelé métastable. Il a :

- Une faible durée de vie (6.01 heures) (voir figure 5),
- Une émission d'électron bêta met généralement le noyau dans un état excité, puis revient à l'état normal (état de stabilité) en émettant des photons gamma.

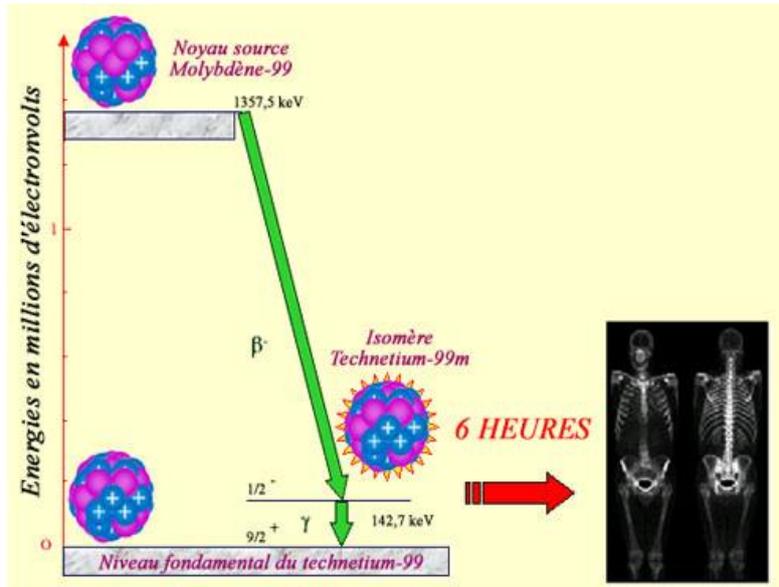


Figure 5 : période de radioactivité du Technétium

L'iode 131 : ^{131}I

L'iode 131 est un élément radioactif à :

- Demi-vie très courte (8,02 jours). (Voir figure 6),
- L'iode 131 émet des électrons bêta moins,
- En médecine, l'iode 131 est d'abord utilisé pour étudier le principe de fonctionnement de la thyroïde, puis utilisé pour traiter l'hyperthyroïdie et le cancer de la thyroïde.

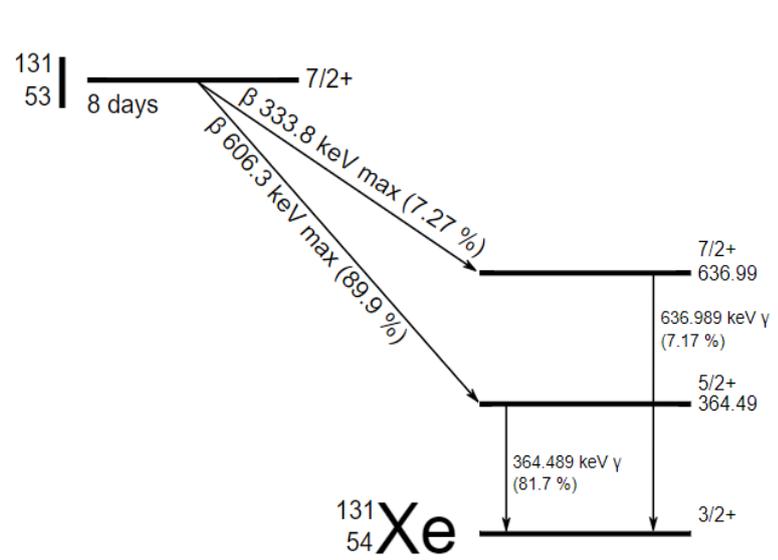


Figure 6 : période de radioactivité de l'iode 131

Ces deux éléments sont préparés dans deux enceintes différentes :



Photo 9 :Enceinte de préparation d'iode 131



Photo10 :Enceinte de préparation d'iode 131

Par la suite les doses injectables en provenance de la salle de préparation sont stockées temporairement sous protection dans un guichet blindé transmurale en vue d'être récupéré par l'infirmier de l'autre côté du guichet, menant vers la salle d'injection.



Photo 11 :guichet blindé transmurale.

4.b. Gestion des effluents radioactifs au CHU de Marrakech :

La plupart des radionucléides utilisés dans les services de médecine nucléaire ont une durée de vie courte et sont de concentration faible ou moyenne. Les résidus liquides après injection au patient peuvent être éliminés après une période de stockage suffisante pour que la radioactivité atteigne le niveau de clairance. La grande majorité des rejets médicaux se fait sous forme d'urine de patient.

Le service de médecine nucléaire administre le ^{131}I et de ^{99}Tc pour le traitement ainsi que le diagnostic. Ainsi, l'utilisation des cuves de décroissances est essentielle pour le stockage et l'élimination sûre des déchets radioactifs résultant de l'excrétion des patients.



Photo 12 :cuve de décroissance

En effet la sortie de drainage de l'unité de thérapie, les toilettes, les douches ainsi que les leviers sont reliées à ces cuves caractérisées par un volume de stockage de 1900L sauf que la limite précisée par le service est de 1500L. Deux cuves récoltent les effluents en alternance : lorsqu'une est en phase de remplissage, automatiquement l'autre est en phase d'entreposage de décroissance. Ces grandes citernes ont une capacité appropriée pour permettre à l'activité de se désintégrer pendant une période

appropriée qui correspond généralement à 10 demi-vies physiques (équivalant à 90 jours pour l'iode 131 et 3 jours pour le technétium) avant d'être rejetée dans le système d'égouts. Cela garantira qu'environ 1 % de l'activité initiale reste dans le réservoir au moment du rejet dans le réseau public d'assainissement. Pour s'assurer que ces liquides sont prêts à être déverser, à la neuvième période (72 jours pour l'iode 131 et 54 heures pour le technétium), des personnels du Centre Nationale de Radioprotection (CNRP) prélèvent des échantillons de la cuve en décroissance afin d'effectuer le compte de l'activité spécifique (l'activité par quantité d'un radionucléide) qui ne doit pas dépasser 100 Bq pour l'iode 131 et 7 Bq pour le technétium, dans le cas où ces limites sont surpassées les effluents restent dans la cuve pendant une période prolongée déterminée par le CNRP. Pour une bonne gestion, une bonne protection du personnel et l'environnement interne et externe les réservoirs de décroissance doivent être étanches, résistants à la corrosion et avoir des surfaces intérieures lisses. Les sorties des réservoirs doivent être à un niveau plus élevé que celui de la ligne d'égout principale pour éviter le reflux des effluents. Sans oublier de mentionner que les toilettes à double système qui permettent de réduire les déchets liquides par la collecte séparée de l'urine, avec une utilisation minimale de l'eau pour la chasse d'eau avec le stockage de la matière fécale dans des fosses septiques figure 7 (fosse d'aisances aménagée pour que les excréments).

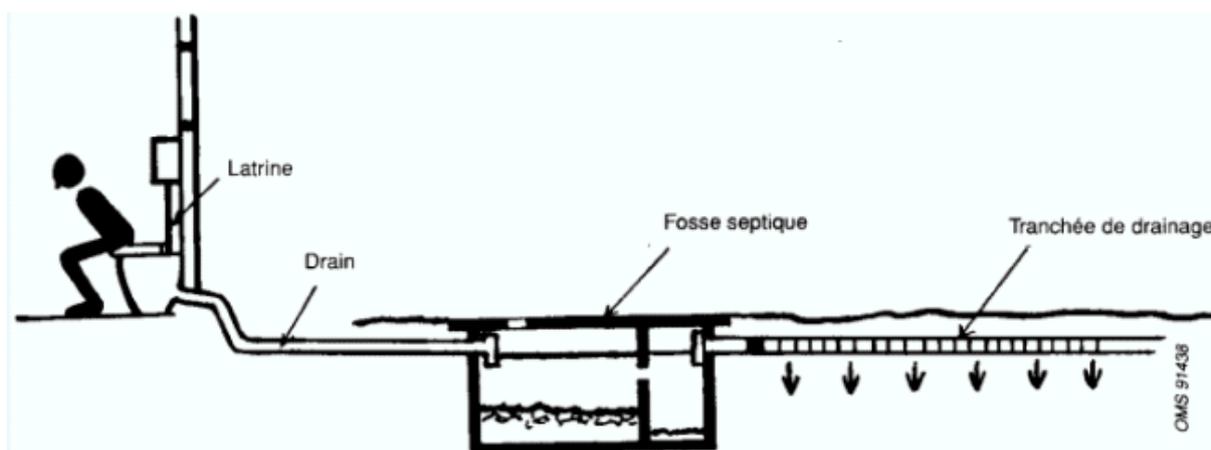


Figure 7 : fosse septique

4.c. Législation sur la radioactivité :

La radioprotection a une longue histoire. C'est en 1928, à la suite de la maladie des radiologues, que le Comité international de protection contre les rayons X et le radium a été fondé, ancêtre de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR). Aujourd'hui, nous avons plus de conscience en ce qui concerne la gestion, le contrôle et l'encadrement de toute activité reliée à la radioactivité. Plusieurs organismes ont été fondés dans le but d'éviter tout accident et rejet de radioactivité, mais aussi de réduire au minimum les impacts sur la population et l'environnement.

Cette gestion au sein du service de médecine radioactive suit des réglementations internationales de différentes organisations telles que :

- Commission internationale de protection radiologique,
- Agence internationale de l'énergie atomique.

Ainsi qu'une réglementation nationale du ministère de la santé basée sur :

- LOI n°005.71 du 21 chaabane 1391 (12 octobre 1971) relative à la protection contre les rayonnements ionisants,
- Loi N° 005-71 du 21 chaabane 1391 (12 octobre 1971) relative à la protection contre les rayonnements ionisants BO 20 oct. 1971, p. 1204,
- Décret n° 2-97-132 du 25 joumada II 1418 (28 octobre 1997) relatif à l'utilisation des rayonnements ionisants à des fins médicales ou dentaires. *BO n° 4540 du 3 chaabane 1418 (04-12-97).*
http://www.sgg.gov.ma/BO/fr/1997/bo_4540_fr.pdf

Or ces lois sont en cours de modification par l'Agence Marocaine de Sûreté et de Sécurité Nucléaires et Radiologiques (AMSSNuR) qui est devenue responsable des utilisations des radionucléides.

Conclusion générale

Le développement économique, la croissance démographique et l'émergence de pathologies entraînent inévitablement l'évolution et l'adaptation de l'arsenal médical pour répondre aux besoins de soins médicaux. Les premiers à adapter ces changements sont les établissements de santé. Cette augmentation de pression et de volume produit une valeur négative souvent méconnue ou sous-estimée par le grand public et les acteurs du domaine de la santé, Il s'agit des DMP. Leur impact sur la santé humaine et environnementale est indiscutable et plusieurs études le démontrent.

Dans le cadre de notre stage au CHU Mohamed VI de Marrakech, nous avons constaté que ce dernier lors des traitements des DASRI utilise un appareil de banalisation de déchets in situ pour les déchets de la 1^{ère} catégorie, mais dans la plupart des cas les déchets étaient banalisés avec ceux de la 2^{ème} catégorie faute du tri qui n'était pas respecté. Par contre, la gestion des effluents radioactifs se fait après un long stockage dans les cuves de décroissance pour être acheminés dans les égouts après des analyses réalisées par le CNRP afin d'assurer la protection de l'environnement.

Malgré tous les efforts déployés, les déchets médicaux et leurs méthodes de traitement apportent plusieurs risques sur l'environnement. C'est pour cela que les outils juridiques sont importants pour envisager des mesures d'action efficaces en faveur de la santé et de l'environnement face à de telles menaces. Mais ces avancées méritent d'être complétées par de nouvelles lois et réglementations nécessaires à la mise en œuvre des différentes législations qui ont été votées et publiées. Les efforts d'adoption et de publication de nouveaux textes doivent être liés de manière réaliste aux trois phases principales : la gestion hospitalière des DMP, leur transport et leur traitement hors hôpital dans les unités spécialisées.

Référence bibliographique

- Organisation mondiale de la Santé, 2017 : La gestion sécurisée des déchets médicaux (Déchets d'activités de soins).
- OMS- Secrétariat de la Convention de Bâle, 2004 : Préparation des Plans Nationaux de Gestion des Déchets de soins médicaux en Afrique Subsaharienne, Manuel d'Aide à la Décision.
- Comité international de la Croix-Rouge, 2011 : Manuel de gestion des déchets médicaux.

- Ahmed Fassi Fihri, 2016 : DÉCHETS MÉDICAUX ET PHARMACEUTIQUES AU MAROC : VERS UN PROJET DE COLLECTE ET DE TRAITEMENT POUR LES ÉTABLISSEMENTS DE SANTÉ DE LA VILLE DE FÈS. 111p
- Taïb AJZOUL, 2011 : Déchets Médicaux et Pharmaceutiques au Maroc Gestion, Traitement et Cadre Juridique. 233 p
- the IAEA in Austria, 2004: Radiation: people and the environment printed.
- IAEA-TECDOC-1183, 2000: Management of radioactive waste from the use of radionuclides in medicine.
- Nelson Jean-François, 2011 : LA GESTION DES DECHETS DANS LES ETABLISSEMENTS HOSPITALIERS ET LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT : CAS DE LA CLINIQUE DES AUGUSTINES DE MALESTROIT

Référence webographique :

- <https://aujourd'hui.ma/societe/dechets-medicaux-les-amendes-revues-a-la-hausse>.
- www.un.org/fr/conferences/environnement/index
- www.suez-environnement.fr.
- www.laradioactivite.com/site/pages/liode131.htm

- <https://www.laradioactivite.com/site/pages/technetium99.htm>
- www.chumarrakech.ma
- https://www.scintigraphie-ajaccio.fr/Le-service-de-scintigraphie_a20.html
- <https://www.sante.gov.ma/Reglementation/>
- <https://gestions-hospitalieres.fr/gestion-des-dechets-dactivites-de-soins-a-risques-infectieux/>

- <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/health-care-waste>
- <https://www.un.org/fr/conferences/environment/index#:~:text=La%20premi%C3%A8re%20Conf%C3%A9rence%20mondiale%20sur,et%20son%20Plan%20d'action.&text=Elle%20fut%20suivie%20dix%20ans,Rio%20de%20Janeiro%20C%20en%201992>
- <https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Environnement/surveillance-environnement/riviere-surveillance-radiologique/Pages/3-reseaux-epuration-rejets-hospitaliers-Riviere.aspx#.YNRotOhKjIU>
- www.researchgate.net/publication/261278617
- http://www.sgg.gov.ma/BO/fr/1997/bo_4540_fr.pdf