RÉPUBLIQUE DU BÉNIN

--

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

----*

UNIVE RSITÉ D'ABOMEY-CALAVI

----*--*

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA SANTÉ

----*--*--*

UNITÉ DE FORMATION ET DE RECHERCHE EN MEDECINE

----*--*--*--*

Année : 2024 **N° 2721**

CONNAISSANCES ET PERCEPTION DE LA MÉDECINE NUCLÉAIRE PAR LES MÉDECINS EXERÇANT AU BÉNIN EN 2024

THÈSE

Présentée et soutenue publiquement le 16 décembre 2024

pour obtenir le grade de docteur en médecine par :

OBEY Chérifou Adebayo Ishola

Né le 03 août 1994 à Cotonou (Bénin)

Directeur de thèse

Pr Kuassi Marcellin AMOUSSOU-GUENOU

Co-directeur de thèse

Dr Gilles David HOUNDETOUNGAN

Président du Jury

Pr Anatole LALEYE

Membres du Jury

MCA GNANGNON Freddy

MCA ADJOBIMEY Menonli

Année académique : 2023 – 2024

REPUBLIQUE DU BENIN
*****
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI

FACULTE DES SCIENCES DE LA SANTE
****

N°2943 /2024/UAC/FSS/VD-Ecoles/VD-UFR Pharma/VD UFR Méd/SGE/CSRH/SA

UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI FACULTE DES SCIENCES DE LA SANTE

NOVEMBRE 2024

LE DOYEN

LISTE DU PERSONNEL ENSEIGNANT ET ASSOCIES

DOYEN : Professeur AVAKOUDJO Josué Dejinnin Georges

VICE-DOYEN U.F.R Médecine : Professeur VODOUHE Ulrich Bidossèssi

VICE-DOYEN U.F.R Pharmacie : Maître de Conférences Agrégé GANFON Medessou Yowel Habib

VICE-DOYENNE /ECOLES : Professeur AZON KOUANOU Angèle

CAMPUS UNIVERSITAIRE CHAMP DE FOIRE
01B.P. 188 Cotonou - Tél : (229) 21 30 25 13 / 21 30 40 95 - fax : (229) 21 30 40 96 - e-mail : fss_cotonou@yahoo.fr



PROFESSEURS TITULAIRES

1.	Pr ADJIBABI Wassi	ORL-Chirurgie Cervico Faciale
2.	Pr MEHINTO Delphin Kuassi	Chirurgie Viscérale
3.	Pr LALEYE Anatole O. A	Histologie-Embryologie-Cytogénétique
4.	Pr FIOGBE Michel Armand	Chirurgie Pédiatrique
5.	Pr HANS-MOEVI Aristote	Orthopédie -Traumatologie
6.	Pr ODOULAMI-YEHOUESSI Lisette	Ophtalmologie
7.	Pr ZOUMENOU Eugène	Anesthésie-Réanimation
8.	Pr DENAKPO Justin Lewis	Gynécologie Obstétrique
9.	Pr DOSSOU Francis Moïse	Chirurgie Générale
10.	Pr AFFOLABI Dissou	Bactériologie-Virologie
11.	Pr ALAO Modjere Cla Marcelin Jules	Pédiatrie et Génétique Médicale
12.	Pr ATADOKPEDE Agbomènou Félix	Dermatologie Vénérologie
13.	Pr AWEDE Bonaventure Lucien Sèverin	Physiologie
14.	Pr TONATO BAGNAN Josiane Angéline A	Gynécologie-Obstétrique
15.	Pr ADJIEN Kodjo Constant	Neurologie
16.	Pr OGOUYEMI HOUNTO Aurore Bertille	Parasitologie
17.	Pr SEHONOU Jean	Hépato-Gastro-Entérologie
18.	Pr AGODOKPESSI Gildas	Pneumo-Phtisiologie
19.	Pr ALLABI Aurel Constant Eustache	Pharmacologie Clinique
20.	Pr AVAKOUDJO Josué Diogeorges	Urologie-Andrologie
21.	Pr AYELO Ahounmènou Paul	Médecine du Travail
22.	Pr GNONLONFOUN Dieudonné	Neurologie
23.	Pr HOUNKPATIN Benjamin I. Bodourin	Gynécologie Obstétrique
24.	Pr TSHABU AGUEMON Christiane	Gynécologie Obstétrique
25.	Pr ZOMALHETO Xavier Cossi	Rhumatologie
26.	Pr YEKPE AHOUANSOU Hermione Patricia Frida	Imagerie Médicale
27.	Pr AGUEMON Badirou Din	Santé Publique
28.	Pr ALAGNIDE Houetondji Etienne	Médecine Physique et de Réadaptation
29.	Pr AZON KOUANOU Angèle	Médecine Interne
30.	Pr GBESSI Dansou Gaspard	Chirurgie Générale
31.	Pr HINSON Vickey Antoine	Médecine du Travail
32.	Pr HOUNKPE Pierre Clever	Anesthésie-Réanimation
33.	Pr LALYA Francis Honorat	Pédiatrie et Génétique Médicale

NOVEMBRE 2024

34. Pr VIGAN Jacques	Néphrologie
35. Pr CODJO Houétondji Léopold	Cardiologie
36. Pr YEMOA Locoron Y. Achille	Chimie Analytique-Bromatologie
37. Pr AGBODANDE Kouessi Anthelme	Médecine Interne
38. Pr KEREKOU Annelle Célestine.	Endocrinologie
39. Pr VODOUHE Ulrich E.	ORL-Chirurgie Cervico Faciale
40. Pr WANVOEGBE Armand	Médecine Interne

MAÎTRES DE CONFERENCES AGREGES

1. Pr AVAKOUDJO François	ORL-Chirurgie Cervico Faciale
2. Pr LAWSON AFOUDA Sonia	ORL-Chirurgie Cervico Faciale
3. Pr SISSINTO SAVI DE TOVE Yolande	Parasitologie-Mycologie
4. Pr ALIHONOU Thierry Claude Fernand Comlan	Neurochirurgie
5. Pr BAGNAN TOSSA Léhila	Pédiatrie et Génétique Médicale
6. Pr GANFON M. Yowel Habib	Pharmacognosie
7. Pr ABOUBACAR Moufalilou	Gynécologie-Obstétrique
8. Pr ABOUKI Chakiratou Olaïdé Adoukè	Ophtalmologie
9. Pr ADJADOHOUN Sonia B.M. Gwladys	Radiologie, Radiodiagnostic et Imagerie médicale
10. Pr AKODJENOU Joseph	Anesthésie Réanimation
11. Pr AKPADJAN Gbèmawonmédè Fabrice	Dermatologie-Vénérologie
12. Pr ALIHONOU Florence Nathalie Yacoba	Pédiatrie et Génétique Médicale
13. Pr ANAGONOU LARY Lucrèce	Pédopsychiatrie
14. Pr ATTOLOU Sètondji Roger Gilles	Chirurgie Générale
15. Pr AZONBAKIN Azandégbé Simon	Histologie-Embryologie-Cytogénétique
16. Pr BIGOT Cécric Esnonwa Parfait	Médecine Légale
17. Pr BOGNON Gilles Modeste Alain	Pédiatrie et Génétique Médicale
18. Pr DEGBLO Sègla Pascal Eric	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie
19. Pr DEGBOE Kaï Bérénice Esthelle	Dermatologie-Vénérologie
20. Pr GNANGNON Freddy Houehanou Rodrigue	Cancérologie Chirurgicale
21. Pr HODONOU Dètondji Fred Jean-Martin	Urologie-Andrologie
22. Pr IMOROU SOUAÏBOU Yacoubou	Chirurgie Général
23. Pr KLIKPO Tchédié Etdéchié Elvire	Psychiatrie Adulte
24. Pr KPOSSOU Aboudou Raïmi	Gastroentérologie et Hépatologie
25. Pr LAWANI Ismail	Chirurgie Viscérale
26. Pr MIKPONHOUE OLOU Rosa Christelle	Médecine du Travail

LE DOYEN
NOVEMBRE 2024

27. Pr OGOUDJOBI Ogourindé Matthieu	Gynécologie-Obstétrique
28. Pr PADONOU Abiodun Adébola Djossè	Traumatologie-Orthopédie
29. Pr PADONOU Caroline Sourou Clémence	Pédiatrie et Génétique Médicale
30. Pr PADONOU Sètondji Géraud Roméo	Santé Publique
31. Pr SEIDOU Fallatou	Anatomie et Cytologie Pathologique
32. Pr SONOU Djidjoho Joël Arnaud	Cardiologie
33. Pr TOGNIFODE Medesse Véronique	Gynécologie-Obstétrique
34. Pr WACHINOU Abio Prudence	Pneumo-Phtisiologie
35. Pr YEVI Dodji Magloire Inès	Urologie Andrologie
36. Pr ZOHOUN GU IDIGBI Lutécia Myria A	Pédiatrie et Génétique Médicale
37. Pr ADJOBIMEY Mênonli	Santé au Travail
38. Pr AGBOKPONTO Janvier Engelbert	Chimie Analytique
39. Pr AHOUNOU Ernest Stéphane	Anesthésie-Réanimation
40. Pr AÏGBE Nestor	Ophtalmologie
41. Pr AMOSSOU Labissi François	Traumatologie-Orthopédie
42. Pr ASSANHOU Assogba Gabin	Pharmacie Galénique
43. Pr AZA-GNANDJI Guy-Gérard	Psychiatrie
44. Pr BAGLO Dédé Priscilla Tatiana	Hématologie Biologie
45. Pr BANCOLE POGNON Sylvie Arlette A	Chirurgie Buccale
46. Pr MIZEHOUN Gbèdécon Carmelle	Nutrition
47. Pr DANGBEMEY Djima Patrice	Gynécologie-Obstétrique
48. Pr DO SANTOS ZOUNON Alexis	OTO-Rhino Laryngologie et Chirurgie Cervico-Faciale
49. Pr GNINKOUN Comlan Jules	Endocrinologie Métabolisme et Nutrition
50. Pr GOUKODADJA Oswald	Traumatologie Orthopédie
51. Pr SOSSA Jean	Urologie
52. Pr ZOHOUN Comlan Gildas Alban	Hématologie

MAÎTRE DE CONFERENCES

1. Pr BADOU Agnès Oladun Sylvie	Sociologie et Anthropologie sociale

NOVEMBRE 2024

MAITRES ASSISTANTS

1.	Dr GANDAHO Hugues Jean-Thierry	Neurochirurgie
2.	Dr AGBOTON Bruno Léopold	Néphrologie
3.	Dr ADJAGBA Mahouna Philippe Dotou	Cardiologie
4.	Dr LOKOSSOU Mègnissè S. Houévi Symphorose	Gynécologie-Obstétrique
5.	Dr TOKOUDAGBA Kossi Jean-Marie Dénis	Chimie Organique et Chimie des Substances Naturelles
6.	Dr HOUNKPONOU AMOUSSOU-GUENOU Eliane Kayivi Murielle	Cardiologie
7.	Dr LALEYE Christel Marie Fortunat Clatumbossum B.I.	Anatomie
8.	Dr HOUNDETOUNGAN David Gilles	Biophysique
9.	Dr VIGNON Koffi Rodolphe	Hépato-Gastroentérologie

ASSISTANTS

1.	Dr YAKOUBOU YOBO Annatou	Pédiatrie et Génétique Médicale
2.	Dr AMONLES Yves D.	Psychiatrie
3.	Dr HOUESSOU ENIANLOKO TCHAKPE Nicole Zinhoué	Pédiatrie
4.	Dr DADJO Kinski Aumar	Traumatologie Orthopédie
5.	Dr OREKAN Folakèmi Jeanne	Biologie Clinique
6.	Dr TOHODJEDE Yévédo	Pédiatrie
7.	Dr VODOUHE Tchimon yéa Sètchégnon	Gynécologie-Obstétrique

ASSISTANTS EN POSITION PROBATOIRE

1.	Dr HOUEZE Richard Ghislain Constantin	Neurologie
2.	Dr CHABI Yossounon	Pharmacie hospitalière
3.	Dr DANSOU Eugenie	Médecine interne
4.	Dr DICSSOU Hortongnon Julien	Rhumatologie
5.	Dr AYI MEGNANGLO Codjo Austher	Radiologie et Imagerie médicale
6.	Dr DAHOUE Togbédji Richard	Orthopédie Dento-Faciale
7.	Dr HOUNSOU Nounagnon René	Chirurgie générale
8.	Dr KOGUI DOURO Akim	Urologie-Andrologie
9.	Dr DOHOU Médard	Odontostomatologie
10.	Dr FATON Alexandre Dossou	Médecine Physique et Réadaptation
11.	Dr OLOWO Bénédicte Ingrid	Gynécologie-Obstétrique

NOVEMBRE 2024

ASSISTANTS DE RECHERCHE DE RANG DOCTORAL

1. Dr TOHON Gbédolo Honesty..... Toxicologie et Analyse du risque

LE DOYEN

EMERITES

1- Dr BASSABI Souleymane.....
2- Dr AHYI Réné A. Galbert.....
3- Dr PADONOU Nazaire.....
4- Dr HOUNKPE Célestin.....
5- Dr Do ANGO-PADONOU Florencia.....
6- Dr GNINAFON Martin.....
7- Dr ALIHONOU Eusèbe Magloire.....

COLLABORATEURS

A- COLLABORATEURS EXTERIEURS

1- MCA COULIBALY Sorguigama ..... Professeur de Chimie Thérapeutique/UFR Pharmacie Université de Nantes

2-Dr ZIME DIAWARA H. Hermine..... Maître-Assistant de Pharmacie Galénique à l'Université Joseph KI-ZERBO : Burkina-Faso

3-Dr SANGARE Béatrice..... Maître de Conférences Agrégé de Toxicologie à l'Université Félix HOUPHOUËT BOIGNY

4-EFOE Etienne..... Pharmacie

B- COLLABORATEURS NATIONAUX

1-Dr LOKO Frédéric Simplice ..... Professeur Titulaire de Biochimie à l'Ecole Polytechnique de l'UAC

2–Dr AHISSOU Hyacinthe..... Professeur Titulaire de Biochimie à la Faculté des Sciences et Techniques de l'UAC

3–Dr GBENOU Joachim ..... Professeur Titulaire de Chimie Organique à la Faculté des Sciences et Techniques de l'UAC

4- Dr OUENDO Edgard-Marius..... Professeur Titulaire en Santé Publique, Epidémiologie (IRSP)

5- Dr KPATCHAVI Adolphe..... Professeur Titulaire en Sociologie Anthropologie

6- Dr AGUEH Damienne Victoire..... Professeur Titulaire en Santé Publique, Epidémiologie (IRSP) ; Maître ès Sciences en Nutrition

7–Dr JOSSE Roger Gérard ..... Professeur Titulaire de Chimie Analytique à la Faculté des Sciences et Techniques de l'UAC

NOVEMBRE 2024

8-Dr GBAGUIDI Fernand	Professeur Titulaire de Chimie Organique à la Faculté des Sciences et Techniques de l'UAC
9-Dr WOTTO Valentin	Professeur Titulaire de Chimie Physique à la Faculté des Sciences et Techniques de l'UAC
10- Mr ATOHOUN Guy	Professeur Titulaire de Chimie Minérale
11- Dr EZIN Eugène	Professeur Titulaire en Informatique à l'Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques de l'UAC
12- Dr OGOUYANDJOU Simplice	Maître de Conférences en Mathématiques
13- Dr KPOVIESSI Salomé	Professeur Titulaire en Chimie Organique à la Faculté des Sciences et Techniques de l'UAC
14-Dr DJOSSOU A. K. Alfred	Assistant en Anglais
15- Dr DJEGO Gaudens	Professeur Titulaire en Ecologie/Botanique
16- Mr AGBANI Benoît	Maître Assistant de Physique à la Faculté des Sciences et Techniques de l'UAC
17-Dr MEDEGAN FAGLA Sèdami Romarique	Maître-Assistant en Chimie Organique.

C- AUTRES ENSEIGNANTS ASSOCIES

1 - M AHOGA Sourou	Soins infirmiers
2 -M AHOUANSOU Frédéric	Secourisme
3- Dr AKOGBETO Paule Judith	Anglais
4-AMOUSSOU M. Gisèle	Initiation à la connaissance du médicament (ICM)
5-M GANDONOU D. Clément	Biochimie Générale
6-M TOSSOU Emmanuel Yaovi	Gestion des stocks et approvisionnements en produits de santé
7-M KOUKPEMEDJI D. Louis	Législation et réglementation Pharmaceutique
8- Dr DOYOU YEMOA Angèle Modukpé	Conseil à l'officine , Pharmacie Clinique
9-M OSSENI Razack	Pharmacie vétérinaire
10-M SONDJO Rodrigue	Essai clinique
11-M TCHAMMOU Euloge	Mathématique
12-M AGBOGBÉ Nestor	Réadaptation à base communautaire
13-Dr AMANZONWE Renaud	Goniométrie et testing musculaire
14-M ANANI Yves	Techniques de kinésithérapie passive
15-Dr ASSOGBA Franck	Techniques de kinésithérapie active
16-M ASSOGBA Ehuikeland	Psychologie Psychopathologie
17-Dr DAHOUETO Wilfried	Grands brûlés
18-M GANHOUN Gaston	Physique Mécanique
19-Dr HOUNGBEDJI Germain	Analyse du mouvement, Biomatériaux et Thérapie Manuelle Orthopédique
19- Dr NIAMA-NATTA Didier	Appareillage orthopédique
20- Dr OLOUKA Jean	Techniques de kinésithérapie en neurologie adulte
21- Dr RAIMI Akambi Fatiou	Anglais
22- Dr SOGBOSSI Emmanuel	Anatomie palpatoire
23-ABILOGOUN-CHOKKI Oladokoun Olakemi	Psychologie
24- M ABOUDOU Kowiou	Technique de transformation alimentaire
25- M AFOUDA O. Acardius	Anglais
26-Mme AGUEH Victoire Damienne	Surveillance nutritionnelle
27- M ATCHADE Bardieu	Chimie organique
28- M BANON Sèmévo Bleck Juitesse	Technique de transformation alimentaire
29- Mme D'ALMEIDA Marie Constance	Communication orale et recherche documentaire
30- M GANDEHO Gamèli Justin	Technique de transformation alimentaire
31- Mme GUEDENON Carine	Surveillance alimentaire et nutritionnelle

NOMINATION 2024

LE DOYEN

32- M GODE MERE Constant	Communication orale et recherche documentaire
33-Dr HOUNGBO Y. Hermance	Alimentation des collectivités
34- M KPODJI Paulin	Immunologie
35- Mme MAHAMADOU DANDA Amina	Hygiène et salubrité des aliments
36- M MOROU Karimou	Notion de base en alimentation et nutrition
37- Mme SACCA Carole Edna Murielle	Technique de transformation alimentaire
38- M SANTOS Reynald Y.S.	Evaluation de l'alimentation des individus
39- Mme WAKPO Sèna Ariane	Notion de base en cuisine diététique
40- M ADEN Hugues	Alphabétisation
41- M AGBOGBE Nestor	Réadaptation à base communautaire
42- Mme AHOGA CODO Nadège	Accompagnement social personnalisé de l'enfant
43- M AINA Mensah Coffi André	Méthodologie de recherche qualitative
44- Mme ANANI Isabelle	Justice juvénile et réparatrice
45- M ATAKLA Emile Zinsou	Elaboration de projet
46-M ATCHOUTA Ayélodjou Roger	Recherche quantitative
47- M ATODJINOU M. Candide	Statistique et Démographie
48- M COMAHOUE Franck	Devoir médico-social
49- M DADEGNON K. Aimé	Statistique sociale
50- Mme De SOUZA pélagie	Sociologie et anthropologie générale
51- M DIEGO Michel	Méthodologie d'intervention
52- Mme DJIMA Fatahou	Psychopédagogie
53- M DJOGBEDE Léopold	Histoire et organisation du service social
54-M DOSSA Urbain	Gestion axée sur les résultats
55- Mme DOSSOU ADELOUI	Droit des personnes et de la famille
56- M EKPINSE Emile	Technique de rédaction administrative
57- Mme FATOMBI Joséphine	Autres politiques
58- M GNINGLA Daniel Prudencio	Utilisation de support comptable
59- M HOUANGNI Corneille	Gestion axée sur les résultats
60- M HOUESSOU Mahounan Modeste	Psychologie du développement humain
61- M HOUNGBEME Jean Luc	Economie du développement
62- M HOUNGBO Christian	Economie sociale et solidaire
63- Mme HOUNKPATIN Elia Ayeb	Introduction au droit
64- M IDRISSOU Soulé	Etude du milieu
65- M IKO AFE Fidèle	Justice juvénile
66- Mme KINSOU Lysette Carine	Santé familiale et DSSR
67- Dr KPENONHOUN Joel	Psychologie sociale
68- Mme LACOUROU Christelle	Economie familiale et sociale
69- Mme MARCOS Aya Simone	Droit du travail
70- Mme MEDRESSO Roméo	Etude du code de l'Enfant
71- Mme NAHUM T. Lucrèce	Management des services sociaux
72- M ODODE Edelanan Akanni	Comptabilité générale
73- Mme OGA Armelle	Sociologie de la famille
74- Mme SESSOU HINSON Fidélia	Devoir social
75- M SOSSOU Janvier	Technique d'animation de groupe restreints
76- Mme TCHIBOZO Pauline	Intervention d'aide à la personne
77- M TONI Edin Mathieu	Politique en faveur du jeune
78- Mme VOGLOZIN HINSON A. A	Gestion des Ressources Humaines
79- M YELOME Mardochée	Psychologie de l'accueil

ENVOYE EN 2024

Le Doyen

Professeur Josué Delhnin Georges AVAKOUDJO

ACTION DE GRÂCE

Je tiens à exprimer ma gratitude envers toutes les personnes qui m'ont soutenu durant mon parcours. Avec un profond sentiment d'amour, de respect et de reconnaissance, je dédie cette thèse

DÉDICACES

- **À mon père Chitou OBEY**

  À celui qui incarne la force, la sagesse et l'amour inconditionnel dans ma vie. Tes encouragements, ton soutien et ta présence constante ont été pour moi des sources de réconfort et d'inspiration sans pareil. Cette dédicace est la marque de ma profonde gratitude pour tout ce que tu as fait pour moi. Que cette reconnaissance soit le témoignage de l'immense amour et du respect que j'ai pour toi. Je suis reconnaissant de t'avoir comme père et honoré de pouvoir te dédié cette œuvre.

- **À ma mère Victorine AYETCHEMI**

  À celle qui malgré une longue absence durant mon enfance a rempli ma vie de tant d'amour, de gentillesse et de lumière. Chaque sacrifice consenti pour mon bien-être, est gravé dans mon cœur pour l'éternité. Tes sacrifices, ta patience et ton dévouement ont été pour moi des exemples de pureté et de générosité. Cette dédicace est une marque de ma profonde gratitude pour tout ce que tu as donné pour moi. Que cette reconnaissance soit le témoignage de l'immense affection et de l'admiration que j'ai pour toi. Je chérirai toujours les souvenirs que nous avons partagés ensemble.

- **À mon grand frère Nassif OBEY**

  Ta générosité, ton soutien inconditionnel, ton amour à tout égard et tes conseils ont vraiment été une grande source de motivation pour moi tout au long de ce périple. Ton hospitalité chaleureuse a été pour moi une source de réconfort inestimable dans un moment crucial de ma formation. Les mots ne suffisent pas à exprimer toute l'affection et la gratitude que je te porte. Que Dieu te bénisse et te protège.

- **À mes frères et sœurs Sarouck, Chifao, Dine, Waris et Mohamed OBEY**

  À mes compagnons de route, mes alliés et mes amis pour la vie. Vos rires, vos encouragements et votre soutien indéfectible ont été pour moi une source de force et d'inspiration inestimable. Cette thèse est dédiée à vous, en reconnaissance de notre lien familial unique et de l'amour qui nous unit. Que nos liens restent toujours aussi forts et que notre complicité perdure à jamais. Merci d'avoir partagé avec moi cette aventure et pour tout ce que vous avez apporté dans ma vie. Je vous aime du plus profond de mon cœur.

- **À Grace ATCHO**

  À celle qui a marqué mon cœur de son empreinte indélébile, dont la présence a illuminé ma vie et dont les souvenirs restent gravés en moi. Même si nos chemins se sont séparés, je garde en moi une profonde reconnaissance pour tout ce que nous avons partagé. Cette dédicace est un témoignage de l'importance que tu as eue dans ma vie, de la beauté des moments que nous avons partagés ensemble et de la gratitude que je ressens pour toi. Que ton chemin soit parsemé de bonheur, de réussite et d'amour.

- **À Roukayath ALI RAIMI**

  La famille n’est pas qu’une question de sang ou de généalogie. Le soutien, le réconfort et le bonheur que tu m’apporte est sans égal. Cette dédicace est le témoignage de ton importance dans ma vie et la promesse d’un avenir

- **À Docteur Frejuste AGBOTON**

  Merci…

  La famille n’est pas une question de sang. Tu as été plus qu’un ami, un frère pour moi. Merci de m’avoir soutenu malgré mes fautes et merci pour ton implication active dans l’aboutissement de cette œuvre. Amour infini.

IN MEMORIUM

- **À ma grande sœur OBEY Aussilatou**

  Je n'ai pas vraiment eu le temps de te connaitre. Persuadé que tes prières me suivent depuis là-haut. Amour infini.

- **À ma petite sœur OBEY Zouléhatou**

  Toi qui as été plus qu'une sœur, une mère et ma confidente, le seigneur t'a rappelé trop tôt. Je chérie tous nos moments passés. Tu as été mon déclic et ma motivation pour faire la médecine car je voulais tant devenir médecin pour te sauver. Tu n'es plus là mais j'y suis arrivé. Amour éternel.

- **À ma fille chérie**

  Merci…

  Tu as mis de l'ordre dans ma vie et tu en es repartie aussitôt. Je te dédie cette œuvre. Amour éternel.

REMERCIEMENTS

- **À Dr Hervé TCHEOU**

  Je tiens à exprimer ma sincère gratitude envers toi, qui a été bien plus qu'un collègue. Tes conseils et ton soutien ont été vraiment précieux et décisifs dans l'aboutissement de cette œuvre. Gratitude infinie.

- **À Dr Abraham OHOUKO**

  Ta disponibilité sans faille et ton dévouement sans limite ont été d'une aide inestimable. Malgré tes nombreuses obligations, tu as toujours trouvé le temps de répondre à mes appels et de m'offrir ton aide précieuse dans la rédaction de Ma thèse. Je suis profondément reconnaissant pour ta générosité, ta patience et ton amitié.

- **À Dr Frimège DJOHOUN**

  Ton soutien et ta disponibilité sans faille ont été l'un des clés de l'aboutissement de cette œuvre. Ton portable était toujours ouvert pour moi et tu as eu la patience de me montrer ce qu'il faut faire à chaque étape. Je te témoigne ma gratitude infinie.

- **À Dr Ruth DEHA**

  Une amie, tu as été depuis notre première année de médecine. Ton soutien indéfectible lors de toute ces années tu l'as renouvelé encore cette année lors de l'élaboration de ce document. Merci d'être aussi authentique et que Dieu te bénisse.

- **À Houéfa KPOGUEH**

  Tu es la définition par excellence d'une petite sœur. Sois bénie pour tes conseils avisés, ton soutien perpétuel, ta gentillesse gratuite et ta disponibilité inconditionnelle.

- **À Francis EZE IFEANYY**

  D'une manière extraordinaire tu as été pour moi un véritable soutien durant toutes ces épreuves et une motivation lors de l'élaboration de ce document.

- **Au Personnel de la clinique Marie Praise**

  Merci pour votre gentillesse, merci d'avoir facilité l'écriture de ce document à travers. Travaillé avec vous a été un véritable plaisir et je chéri tous les moments passés en votre compagnie.

- **À mes camarades de mon groupe d'internat**

  À vous, mes compagnons de route pendant l'internat, aujourd'hui devenus médecins accomplis, je souhaite exprimer toute ma gratitude pour les moments de camaraderie, de collaboration et d'apprentissage que nous avons partagé ensemble. Chaque échange, chaque défi surmonté et chaque succès célébré ont contribué à forger des liens indéfectibles entre nous. Je ne pourrai jamais vous remercier du soutien que vous avez été pour moi tout au long de cette aventure Cette dédicace est un témoignage de l'appréciation que je porte à chacun de vous, pour votre soutien, votre encouragement et votre amitié tout au long de notre parcours commun. Que nos chemins se croisent à nouveau dans le futur, enrichis par les souvenirs que nous avons créés ensemble. Brillante carrière à tous ! Et Merci….

- Un citateur de nom étant candidat à l'oubli, je présente mes sincères excuses à tous ceux dont je n'ai pas cité le nom. Profonde est ma reconnaissance et ma gratitude envers vous tous. Que Dieu vous bénisse.

HOMMAGES

- **À notre maitre et directeur de thèse, le Professeur Kuassi Marcellin AMOUSSOU-GUENOU**

  Cher maître, malgré vos nombreuses responsabilités, vous avez généreusement accepté de superviser ce travail. Votre rigueur, votre capacité d'écoute et votre dévouement à l'excellence sont véritablement admirables. Ils ont grandement contribué à la réussite de ce travail. Nous vous remercions chaleureusement pour votre patience tout au long du processus. Recevez, cher maître, nos hommages respectueux et sincères.

- **À tous nos illustres Maîtres de la Faculté des Sciences de la Santé de Cotonou**

  Vous avez guidé nos pas avec patience et abnégation pendant toute la durée de nos études. Vous avez placé un grand espoir en nous. Nous vous promettons de ne pas vous décevoir. Ceci est le témoignage de notre profonde gratitude.

- **À Dr David HOUNDETOUNGAN**

  Vous avez été plus qu'un mentor, vous avez été comme un grand frère durant toute l'élaboration de ce travail. Vous avez fait preuve d'une patience indescriptible et d'une implication sans mot pour la finalisation de ce travail.

  Recevez à travers ces mots mes plus profonds hommages. Que Dieu vous bénisse.

- **À notre président du jury**

  C'est un immense honneur que vous nous faites en acceptant de présider ce jury. Veuillez agréer nos hommages et notre profond respect.

- **Aux honorables membres du jury**

  Nous vous sommes redevables de l'honneur que vous nous faites en acceptant de porter votre jugement éclairé sur ce travail. Vos remarques et vos critiques contribueront à améliorer sa qualité. Veuillez recevoir nos hommages respectueux.

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

Ac-225	:	Actinium 225
ADN	:	Acide Désoxyribonucléique
AIEA	:	Agence Internationale de l'Energie Atomique
ALARA	:	As Low as Reasonably Achievable
ATCD	:	Antécédent
CHIC	:	Centre Hospitalier International de Calavi
DCL	:	Démence à corps de Lewy
DMSA	:	Acide Dimercaptosuccinique
DTPA	:	Diéthylene-Triamino-Penta-Acétique
EFR	:	Exploration fonctionnelle respiratoire
F-18	:	Fluor 18
FDG	:	Fluorodéoxyglucose
FM	:	Faculté de Médecine
FSS	:	Faculté des Sciences de la Santé
Ga-67	:	Gallium 67
HDP	:	Hydroxy Diphosphate
I-131	:	Iode 131
IRM	:	Imagerie par Résonance Magnétique
MAG3	:	Mercaptoacetyltriglycine
MIBG	:	Métaiodobenzylguanidine
ORL	:	Oto-Rhino-Laryngologie
PET	:	Positron emission tomography

Re-186	:	Rhénium 186
RIV	:	Radiothérapie Interne Vectorisée
Sm-153	:	Samarium 153
SPECT	:	Single photon Emission Computed Tomography
Tc-99m	:	Technétium 99 métastable
TEMP	:	Tomodensitométrie
Thallium 201	:	Tomographie
TEP	:	Tomographie à émission de positon
TDM	:	Tomodensitométrie
Y-90	:	Yttrium

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Répartitions des médecins enquêtés en fonction de leurs nationalités 42

Tableau II : Caractéristiques académiques et professionnelles des enquêtés 44

Tableau III : Connaissances des médecins enquêtés sur la définition de la médecine nucléaire 46

Tableau IV : Connaissance des composantes et techniques de la médecine nucléaire 47

Tableau V : Connaissance des indications de la médecine nucléaire 49

Tableau VI : Perception sur les contraintes de protection en médecine nucléaire 52

Tableau VII : Relation entre l'âge et le sexe des médecins et leur niveau de connaissance de la médecine nucléaire 53

Tableau VIII : Facteurs liés cursus académique des médecins enquêtés 55

Tableau XV : Facteurs liés au statut professionnel des médecins enquêtés 58

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Gamma camera TEMP 16

Figure 2 : Principe de l'émission d'un positon et de la détection des deux photons gamma générés au cours du processus d'annihilation 17

Figure 3 : Gamma Camera TEP-TDM 18

Figure 4 : Principe de la radiothérapie métabolique 20

Figure 5 : Scintigraphie cardiaque : les trois types d'axe de coupe..... 21

Figure 6 : Scintigraphie osseuse normale..... 22

Figure 7 : Scintigraphie pulmonaire de ventilation et de perfusion 25

Figure 8 : TEP-TDM cérébral au 18-FDG dans les limites de la normale 27

Figure 9 : Répartition des médecins enquêtés en fonction de leurs tranches d'âges 41

Figure 10 : Répartition de la population d'étude selon le sexe 42

Figure 11 : Répartition des médecins de la population d'étude qui ne sont pas béninois en fonction de leurs nationalités 43

Figure 12 : Niveau de connaissance global des médecins enquêtés sur la médecine nucléaire 50

Par délibération, la Faculté des Sciences de la Santé de Cotonou a arrêté que les opinions émises dans cette thèse n'engagent que son auteur.

SOMMAIRE

INTRODUCTION 1

1. GÉNÉRALITÉS 4

2. CADRE ET MÉTHODE D'ÉTUDE 34

3. RÉSULTATS 40

4. DISCUSSION 59

CONCLUSION 74

SUGGESTIONS 76

RÉFÉRENCES 78

ANNEXES ..... A

TABLE DES MATIÈRES ..... a

INTRODUCTION

La médecine nucléaire est une spécialité médicale qui utilise des sources non scellées de radioactivité à des fins diagnostiques et thérapeutiques [1]. Elle comprend deux grandes composantes. La première, diagnostique, comporte deux volets : l'utilisation au laboratoire (in vitro) des isotopes radioactifs pour la détection et la quantification de paramètres biologiques d'intérêt, et l'imagerie scintigraphique, qui consiste en l'utilisation de médicaments radiopharmaceutiques (in vivo) dont on étudie la biodistribution après administration. La deuxième composante, thérapeutique, repose sur l'utilisation des propriétés de la radioactivité pour le traitement de certaines affections.

En tant que discipline médicale, elle a connu des avancées significatives au fil des décennies, offrant des outils diagnostiques et thérapeutiques de plus en plus performants. En effet, la médecine nucléaire permet d'étudier les processus physiopathologiques, fournissant ainsi des informations essentielles sur le fonctionnement normal et surtout pathologique de l'organisme et améliore ainsi la prise en charge des patients [1,2].

L'imagerie scintigraphique est une technique d'imagerie fonctionnelle qui vient en complément des techniques d'imagerie morphologique comme la radiologie conventionnelle, le scanner, l'échographie et l'imagerie par résonance magnétique (IRM).

Les médecins jouent un rôle déterminant dans la compréhension, l'acceptation et l'utilisation de ces techniques. En effet, sans la prescription des médecins généralistes ou spécialistes, les patients ne peuvent accéder aux services de médecine nucléaire.

Malgré tous ses avantages, la médecine nucléaire reste peu développée en Afrique subsaharienne, où très peu de pays disposent de services dans cette spécialité. Cette situation est en partie responsable des fréquentes évacuations sanitaires vers l'Europe ou le Maghreb [4].

Le Bénin ne dispose pas encore d'un service de médecine nucléaire incluant l'imagerie scintigraphique et la radiothérapie interne. Heureusement, le projet de

construction du Centre Hospitalier International d'Abomey-Calavi (CHIC) prévoit un service de médecine nucléaire, avec imagerie scintigraphique conventionnelle et tomographie par émission de positons.

Étant donné l'ouverture prochaine de cette unité, il convient de s'interroger sur le niveau de connaissance de la médecine nucléaire chez les médecins exerçant au Bénin, ainsi que sur leur perception de cette discipline.

OBJECTIF ET HYPOTHÈSES

Objectif général

L'objectif général est d'étudier les connaissances et la perception de la médecine nucléaire en 2024 par les médecins exerçant au Bénin.

Objectifs spécifiques

De manière spécifique nos objectifs étaient de :

- Mesurer le niveau de connaissances sur la médecine nucléaire des médecins exerçant au Bénin.
- Analyser la perception de la médecine nucléaire par les médecins exerçant au Bénin.
- Identifier les déterminants du niveau de connaissances de la médecine nucléaire par les médecins exerçant au Bénin.

Hypothèses

- Les médecins exclusivement formés au Bénin ont en général une faible connaissance de la médecine nucléaire.
- Les médecins exerçant au Bénin ayant effectué des renforcements de capacité à l'étranger ont une meilleure connaissance et perception de la médecine nucléaire.

1. GÉNÉRALITÉS

1.1. Historique de la médecine nucléaire

Le développement de la médecine nucléaire trouve ses racines au début du XX^{ème} siècle avec la découverte de la radioactivité par Henri Becquerel (1896), Marie et Pierre Curie (1898). En 1934, Frédéric Joliot et Irène Curie, la fille de Marie et Pierre Curie, découvrent que des éléments radioactifs peuvent être produits artificiellement, ouvrant la voie à la création de radio-isotopes [2].

En 1946, le physicien américain Ernest O. Lawrence développe la première machine appelée cyclotron, permettant de produire des isotopes radioactifs à des fins médicales.

Dans les années 1950, la technologie de détection des positrons est développée, conduisant à la création de la Tomographie par Émission de Positons (TEP) [2].

En 1952, Benedict Cassen introduit la première caméra gamma, permettant la scintigraphie et ouvrant la voie à l'imagerie nucléaire diagnostique. Dans les années 1960, la TEP devient une technique d'imagerie nucléaire puissante pour étudier les processus métaboliques dans le corps.

En 1973, la première TEP moderne est développée par Michel Ter-Pogossian et Michael E. Phelps.

Les années 1980 voient une expansion rapide des applications cliniques de la médecine nucléaire. La scintigraphie et la TEP deviennent des outils essentiels pour diagnostiquer des maladies telles que le cancer, les maladies cardiaques, et les troubles neurologiques.

La médecine nucléaire est une discipline récemment reconnue comme une spécialité à part entière depuis la directive Européenne de 1988 [2,3]. Dans les années 1990, la thérapie nucléaire, utilisant des radio-isotopes pour traiter le cancer, gagne en importance.

Les années 2000 et au-delà voient des améliorations continues dans la technologie d'imagerie, l'utilisation de nouveaux radio-isotopes, et le développement de techniques combinées telles que la TEP-IRM.

1.2. Radioactivité

La radioactivité est un phénomène physique naturel au cours duquel des noyaux atomiques instables émettent spontanément des particules subatomiques ou des rayonnements électromagnétiques. Ce processus de désintégration radioactive vise à atteindre une stabilité nucléaire [4]. En principe, ces noyaux présentent une des caractéristiques suivantes :

- excès de neutrons par rapport au nombre de protons ;
- excès de protons par rapport au nombre de neutrons ;
- excès de protons et de neutrons.

Il existe trois types de rayonnements émis lors de la désintégration radioactive :

- **Radioactivité α**

La radioactivité α s'applique principalement pour les isotopes lourds qui contiennent un grand nombre de protons et de neutrons. Pour tendre vers la stabilité, deux protons et deux neutrons vont s'associé pour former un noyau d'hélium. On aura donc une désintégration du noyau père avec émission d'un noyau d'hélium qui constitue le rayonnement alpha (α). Une simple feuille de papier suffit à se protéger des rayonnements d'un émetteur alpha. L'équation de la réaction s'écrit : ${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He$

- **Radioactivité β^-**

La radioactivité β^- s'applique aux noyaux instables ayant un excès de neutrons. Un neutron du noyau père va se transformer en un proton avec émission d'une particule β^-). Le rayonnement est constitué d'électrons, donc de particules de masse identique à celle d'un positon et de vitesse élevée. Il résulte de la transformation d'un neutron surnuméraire en proton, électron et antineutrino. L'antineutrino, comme le neutrino, sans masse, ne joue pas de rôle en médecine nucléaire. Le proton participe à la réorganisation du noyau et à la transformation du radionucléide initial en un nouvel élément ayant un nombre atomique augmenté d'une unité. Seuls les électrons sont éjectés dans un spectre d'énergie

continu fonction du radio-isotope. Ceux-ci peuvent traverser quelques dizaines de centimètres de matière voire quelques mètres dans l'air, mais d'une façon générale, ils sont assez rapidement absorbés par la matière où ils donnent éventuellement naissance à des rayons X et leur excédent d'énergie est transformé en chaleur. Ils génèrent également des radicaux libres conduisant à des réarrangements moléculaires. Ils présentent donc un potentiel destructeur assez important et certains isotopes sélectionnés pour leur énergie et leur demi-vie peuvent servir à la désagrégation localisée de cellules. Les émetteurs β^- sont donc utilisés à des fins thérapeutiques, en particulier en oncologie. L'équation de la réaction s'écrit : ${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0e}_{-1} + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$ où ${}^{0e}_{-1}$ est la particule β^- et ${}^{0}_{0}\overline{\nu}$ un antineutrino.

- **Radioactivité β^+ et capture électronique**

Ce phénomène s'applique pour les noyaux ayant un excès de protons. Le rayonnement est constitué par des électrons chargés positivement appelés positons ou positrons. Le positon résulte de la transformation d'un proton surnuméraire en neutron, neutrino et positon, ce dernier n'étant qu'un antiélectron. Le neutrino, sans masse, ne joue pas de rôle en médecine nucléaire. L'isotope résultant possède un nombre de masse inchangé, mais un nombre atomique réduit d'une unité. Les électrons positifs émis par le radioisotope dans un spectre d'énergie continu vont rencontrer dans leurs trajectoires d'éjection un électron négatif et la collision conduira à une annihilation de la matière, accompagnée d'une émission d'énergie sous la forme de deux photons de 511 keV qui ont la particularité de se diriger exactement à l'opposé l'un de l'autre. Deux détecteurs placés de part et d'autre de la source d'émission permettent de déduire la localisation précise de la collision. La méthode pourrait être extrêmement précise si ce n'est que l'image obtenue est celle du point de collision et non celle de l'origine de l'émission du positon. Certains positons de forte énergie peuvent parcourir plusieurs millimètres avant de rencontrer un électron et n'émettre qu'à cet instant leurs deux photons.

L'analyse du parcours de ce rayonnement est à la base de la technologie d'imagerie nommée Tomographie par Émission de Positons (TEP) [5].

L'équation de la réaction s'écrit : ${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0e}_{+1} + {}^{0}_{0}\nu$ où ${}^{0e}_{+1}$ est la particule β^+ et ${}^{0}_{0}\nu$ un neutrino.

Lorsque la différence d'énergie entre le noyau père et le noyau fils n'est pas suffisante pour une transformation β+, le noyau se désintègre par capture électronique selon la réaction ci-après : ${}^{A}_{Z}X + {}^{0e}_{-1} \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{0}\nu$

- **Radioactivité gamma et conversion interne**

La radioactivité γ par l'émission de l'excès d'énergie hors du noyau sous forme d'une onde électromagnétique γ. Elle se produit dans des noyaux présentant un excès d'énergie, se trouvant dans un état excité ou métastable. La plupart du temps la désintégration γ résulte de la désexcitation d'un noyau après émission α ou β.

L'équation de la réaction s'écrit : ${}^{Am}_{Z}X$ ou ${}^{A*}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z}X + \gamma$.

Ce photon γ, au lieu de traverser la couronne électronique peut interagir avec un électron et l'éjecter. Ce phénomène est appelé la conversion interne.

1.3. Rayonnements ionisants

1.3.1. Définition

Un rayonnement est un flux de particules et/ou de photons en mouvement rapide. Il désigne le processus d'émission ou de propagation d'énergie et de quantité de mouvement impliquant une onde ou une particule. Un rayonnement est dit ionisant s'il est capable d'arracher un électron à la matière. Dans ce cas l'énergie de ce rayonnement doit être supérieure ou égale à 13,6 eV.

- Les rayonnements directement ionisants sont des rayonnements constitués de particules chargées comme les rayonnements β^+, β^- et α.
- Les rayonnements indirectement ionisants sont des rayonnements constitués de neutrons ou photons. Les rayonnements photoniques sont

encore appelés des rayonnements électromagnétiques. C'est le cas des rayons X et gamma [4]. Le rayonnement gamma (γ) correspond à l'émission de photons de courte longueur d'onde et d'énergie très variable. Il traduit la perte d'un excès d'énergie au niveau du noyau et le retour vers une entité plus stable, au contraire des rayons X qui sont produits par excitation et ionisation des électrons de l'atome. Ce rayonnement semble présenter les meilleurs avantages au niveau diagnostic. Ces rayons sont très pénétrants et peuvent traverser de fortes épaisseurs de matière, et en particulier, peuvent parcourir des centaines de mètres dans l'air.

1.3.2. Effets biologiques des rayonnements ionisants

Il existe des effets biologiques dont la gravité peut être relative d'où la nécessité de prendre des mesures strictes de radioprotection lors de toute utilisation des rayonnements ionisants. Les effets biologiques des rayonnements ionisants comprennent les effets moléculaires, cellulaires et pathologiques (tissus, organes et organisme).

1.3.2.1. Effets moléculaires

Ils concernent les interactions qui font suite à la mise en mouvement des électrons (étape physique). Les électrons, du fait de leur énergie, sont capables de provoquer de manière directe ou indirecte des lésions au niveau moléculaire.

Toutes les molécules de l'organisme peuvent être modifiées, deux sont particulièrement importantes : l'eau et l'ADN [5].

1.3.2.2. Effets cellulaires

L'irradiation d'une cellule aboutit finalement à des effets sur la survie de la cellule. Ces effets varient fortement en fonction de la dose du rayonnement incident, du débit de dose, de la phase du cycle cellulaire et du type de cellule irradiée.

Plus une cellule est jeune, peu différenciée et à forte activité mitotique, plus elle est sensible aux rayonnements ionisants.

Il existe des modifications létales qui conduisent à la mort cellulaire et des modifications viables qui provoquent des mutations sans mort cellulaire pouvant conduire à la cancérisation.

Les Facteurs de radio sensibilité cellulaires sont : le type cellulaire, le fractionnement de dose, le débit de dose, le type de rayonnement et effet oxygène.

- **Pour les cellules qui se divisent :** selon la phase où s'effectue l'irradiation, le taux de survie peut varier dans un rapport de 1 à 10. La radiosensibilité est maximale en phase G2, et minimale en phase G10.
- **Pour des cellules différenciées :** les rayonnements ionisants peuvent provoquer la perte de la fonction cellulaire suite à l'accumulation de métabolites toxiques. Cette mort fonctionnelle apparait pour des doses de plusieurs centaines de Gray**.**

Les lésions de l'ADN conduisent selon leur intensité à différentes alternatives :

- soit les lésions sont parfaitement réparées et la cellule poursuit son rôle physiologique ;
- soit les lésions sont réparées, mais au prix de malformations ;
- soit l'importance des lésions aboutit à la mort cellulaire.

1.3.2.3. Effets pathologiques

Les effets des rayonnements ionisants sur les tissus dépendent de la nature des cellules qui le composent et de la cinétique du renouvellement cellulaire. Les effets des rayonnements ionisants sur les tissus et sur l'organisme entier sont de 2 types : les effets déterministes et les effets stochastiques.

- **Effets déterministes (obligatoires)**

  Les effets déterministes :

  - sont généralement précoces (avant quelques minutes à quelques jours);

- ne peuvent survenir qu'à partir d'une certaine dose de rayonnement D_0 (seuil) ;
- se produisent avec certitude si la dose reçue dépasse une valeur D_0 ;
- Ont une gravité proportionnelle à la dose.

L'action des rayonnements ionisants sur un tissu dépend alors du nombre de cellules souches survivantes, de la durée de vie des cellules différenciées et des mécanismes de réparation tissulaire. Les effets déterministes sur l'embryon et le fœtus sont encore mal connus, mais graves. Ils peuvent, par exemple, provoquer, en fonction de la dose d'irradiation et du stade de la grossesse, la mort in utero, des malformations ou des retards de croissance.

- **Les effets stochastiques (aléatoires)**

  Les effets aléatoires :

  - sont tardifs et irréversibles ;
  - leur gravité est indépendante de la dose de rayonnement ;
  - leur probabilité d'apparition augmente avec la dose d'irradiation ;
  - concernent tous les tissus.

Les cellules du tissu irradié peuvent subir une mutation, létale ou non létale. Si la mutation est non létale, elle peut conduire à un cancer si la cellule atteinte est somatique. La période de latence des effets cancérogènes peut être longue, de l'ordre de 2 à 10 ans.

Les cancers radio-induits peuvent être des cancers cutanés, des leucémies, des cancers thyroïdiens ou des cancers bronchiques. La mutation non létale peut provoquer des anomalies génétiques dans le cas de cellules germinales. Ces anomalies peuvent toucher un organe ou un tissu et s'étaler sur une ou plusieurs générations. Elle peut ainsi entraîner des malformations héréditaires [6].

1.3.4. La Radioprotection

La radioprotection est un ensemble des mesures destinées à assurer la protection de l'homme et de son environnement contre les effets secondaires des rayonnements ionisants tout en permettant de les utiliser.

Trois principes de base légaux de la radioprotection :

- **La justification**

  Les sources de rayonnements ionisants ne doivent être utilisées que s'il n'existe pas d'autres alternatives. Dans le cas du diagnostic ou de la thérapie, c'est au médecin d'évaluer le bénéfice et le risque de chaque action.

- **L'optimisation**

  C'est le principe de la recherche de l'exposition minimum nécessaire encore appelé principe ALARA (As Low As Reasonably Archivable).

- **La limitation**

  Il existe des doses limites annuelles d'expositions à ne pas dépasser afin d'éviter l'apparition d'effets stochastiques.

  Trois paramètres régissent les règles de base de la radioprotection :

  - **temps** : la dose de rayonnement ionisant reçu est d'autant plus importante qu'on est exposé longtemps ;
  - **écran** : la quantité de rayonnement ionisant reçu est d'autant plus faible qu'on se protège par écrans qui freinent et arrêtent les rayonnements ;
  - **distance** : la quantité de rayonnement ionisant reçu est d'autant plus faible qu'on se trouve à une distance éloignée des sources de rayonnement [5,6].

1.4. Bases physiques de la médecine nucléaire

1.4.1. Les radiopharmaceutiques

Un radiopharmaceutique est un composé pharmaceutique contenant un isotope radioactif, utilisé principalement en imagerie médicale pour diagnostiquer ou pour le traitement. Ces substances sont conçues pour être administrées à un patient, où elles émettent des rayonnements détectables par des dispositifs d'imagerie, tels que la scintigraphie, la tomographie par émission de positons (TEP) ou la tomographie par émission monophotonique (TEMP). Un radiopharmaceutique est composé de deux éléments essentiels : la molécule vectrice et le radiotraceur.

La molécule vectrice : elle est non radioactive et est spécifiquement conçue pour se fixer ou se lier à une cible biologique spécifique, comme un organe, un tissu, une protéine, ou un récepteur. Cette molécule détermine le lieu précis où le radiopharmaceutique sera distribué dans le corps. Le radiotraceur est l'élément radioactif attaché à la molécule vectrice. Son rôle principal est d'émettre des rayonnements (généralement des rayons gamma ou des positrons) que les appareils d'imagerie peuvent détecter. Le radiotraceur permet ainsi de suivre la molécule vectrice et d'obtenir des images de l'intérieur du corps.

Voici quelques exemples d'utilisations courantes de radiotraceurs en médecine nucléaire :

- technétium-99m (Tc-99m) : Il peut être couplé à différentes molécules vectrices. Il est utilisé dans diverses procédures d'imagerie, telles que la scintigraphie osseuse, la scintigraphie myocardique, la scintigraphie pulmonaire, etc.
- iode-131 (I-131) : souvent utilisé pour traiter les affections thyroïdiennes, telles que le cancer de la thyroïde ou l'hyperthyroïdie ;
- fluor-18 (F-18) : couplé au déoxyglucose, utilisé dans la tomographie par émission de positons (TEP) pour l'imagerie du métabolisme cellulaire, en particulier dans le domaine de l'oncologie ;

- gallium-67 (Ga-67) : utilisé pour l'imagerie des processus inflammatoires et infectieux ;
- thallium-201 (Tl-201) : utilisé dans la scintigraphie myocardique pour évaluer la circulation sanguine cardiaque [6].

1.4.2. Les différentes techniques de la médecine nucléaire

La médecine nucléaire est constituée de trois grandes techniques :

- l'imagerie scintigraphique ;
- la radio-immuno-analyse ;
- la radiothérapie interne vectorisée.

1.4.2.1. L'imagerie scintigraphique

Elle constitue un volet de la composante diagnostic de la médecine nucléaire. Elle est soit monophotonique ou biphotonique.

- **Scintigraphie monophotonique**
  - **Principe**

Elle a pour principe l'administration de radio isotope couplé à un traceur dans l'organisme avec fixation sur un organe cible et émission par ce dernier de rayonnements gamma détectés par une gamma-caméra représentant une cartographie de la radioactivité de l'organe.

  - **Appareillage**

Les gammas caméras (figure 1) actuelles sont numérisés, équipées d'un système d'acquisition tomographique et couplées à des calculateurs dotés de logiciels de traitement d'images particulièrement performants. L'image obtenue est une projection plane de la radioactivité située en regard dans le patient.

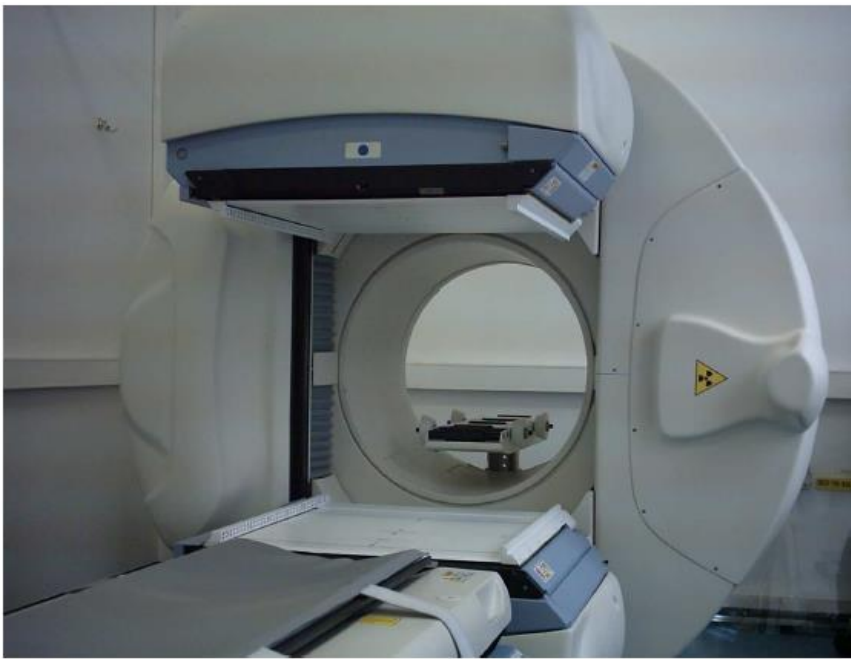


Figure 1 : Gamma camera TEMP [7]

- **Tomographie par émission de positrons**
  - **Principe**

La Tomographie par Émission de Positons (TEP) a pour principe la détection en coïncidence par une gamma caméra de deux photons gamma d'annihilation d'un positon émis par un traceur radioactif 18-Fluoro-Desoxy-Glucose(^{18}FDG) préalablement administré à l'organisme et ayant une fixation préférentielle sur les cellules à forte activité métabolique (figure 2).

Elle utilise les propriétés particulières des émetteurs β^+qui sont injectés au patient sous forme de produits marqués se liant spécifiquement aux cellules dont on veut obtenir une image. Ces photons gamma présentent deux particularités intéressantes supplémentaires. D'une part, ils sont émis dans deux sens opposés l'un de l'autre, et d'autre part, ils ont la même énergie de 511 keV quel que soit l'isotope utilisé. Cette technique nécessite donc un outil d'imagerie adapté qui lui donne toute sa puissance et sa spécificité [7].

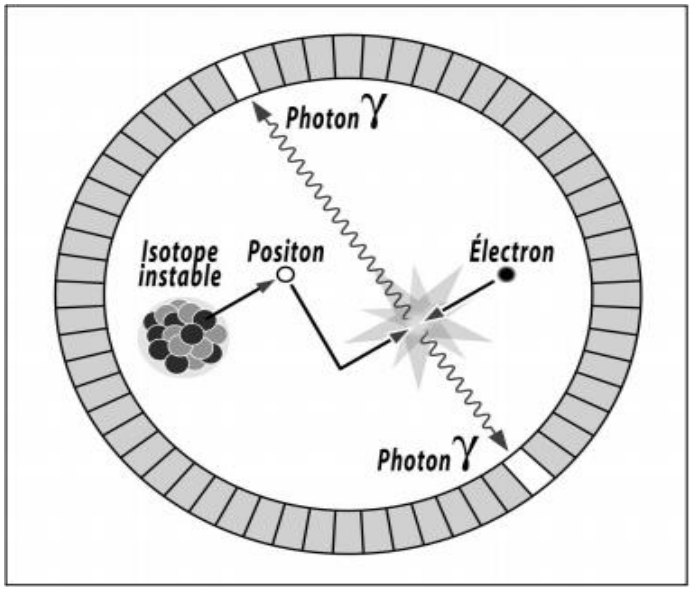


Figure 2 : Principe de l'émission d'un positon et de la détection des deux photons gamma générés au cours du processus d'annihilation

Référence : Société française de médecine nucléaire (SFMN). Le Livre blanc de la médecine nucléaire. *Méd Nucl* 2012;36 :700-16.

- **Appareil**

La dématérialisation d'un positon s'accompagne de l'émission de deux photons de même énergie (511 keV) émis simultanément selon des directions opposées. La caméra à positon comporte une couronne de détecteurs permettant la détection simultanée (en coïncidence) de ces deux photons de 511 keV en opposition (à 180°). Sur les appareils les plus récents et les plus performants, les détecteurs sont agencés en une série d'anneaux complets couvrant une quinzaine de centimètres dans la direction axiale et produisant simultanément entre 35 et 63 coupes pour l'étude du corps entier. L'acquisition d'images peut se faire plan par plan (2D) ou directement en 3D.

Les techniques d'analyse d'imagerie associées à un enregistrement de données en coupes successives (tomographiques) permettent de créer des images bidimensionnelles, voire tridimensionnelles [6,7].



Figure 3 : Gamma Camera TEP-TDM [7]

Si les caméras TEP ont été longtemps utilisées de façon isolée, elles sont aujourd'hui quasiment toujours associées à un scanner X. On parle alors de machines « hybrides » TEP-TDM (figure 4). Cette association permet de disposer sur un seul document de l'imagerie anatomique radiologique et de l'imagerie fonctionnelle (scintigraphie) et de pouvoir les comparer (fusion d'images). Ces dernières années cette technique a été étendue aux gammas caméras tomographiques (TEMP-TDM).

1.4.2.2. Le radioimmunodosage

Deuxième volet de la composante diagnostique de la médecine nucléaire, il s'agit de technique de laboratoire dans laquelle les radio-isotopes sont utilisés pour des tests diagnostiques sur des échantillons biologiques pour mesurer des concentrations de substances d'intérêt. Elle combine sensibilité de radioactivité et spécificité Antigène-Anticorps. Il concerne le dosage des marqueurs tumoraux, des hormones (thyroïdiennes, gonadiques, hypophysaires, pancréatiques, et surrénaliennes) ainsi que bon nombre de paramètres biologiques

1.4.2.3. Radiothérapie interne vectorisée

Il s'agit de l'application thérapeutique de la médecine nucléaire consistant à administrer à un patient une quantité assez importante de radio-isotopes sous une forme particulière choisie, injectable ou per os, pour que la concentration radioactive soit maximale au niveau du tissu que l'on veut détruire. Le radio-isotope utilisé doit posséder un caractère suffisamment ionisant afin de pouvoir détruire la cellule cible en y déposant un maximum de dose. Le rayonnement émis est dans ce cas essentiellement de nature β^- et concerne plus rarement le rayonnement α.

La substance radioactive fixée à un vecteur est injectée au patient. La cellule cancéreuse possède en surface des récepteurs spécifiques que le vecteur est capable de reconnaître. Ce vecteur se fixe sur ces récepteurs qui n'existent qu'en grand nombre sur les cellules tumorales. Pendant que les molécules qui n'ont pas trouvé à s'accoupler s'éliminent de façon naturelle du corps, les radionucléides se désintègrent lentement en détruisant les cellules de leur environnement direct par émission bêta.

À l'exception de quelques affections rhumatologiques, la thérapie intéresse essentiellement le domaine de l'oncologie au sens large (hématologie incluse).

La figure 4 illustre le principe de la radiothérapie interne vectorisée.

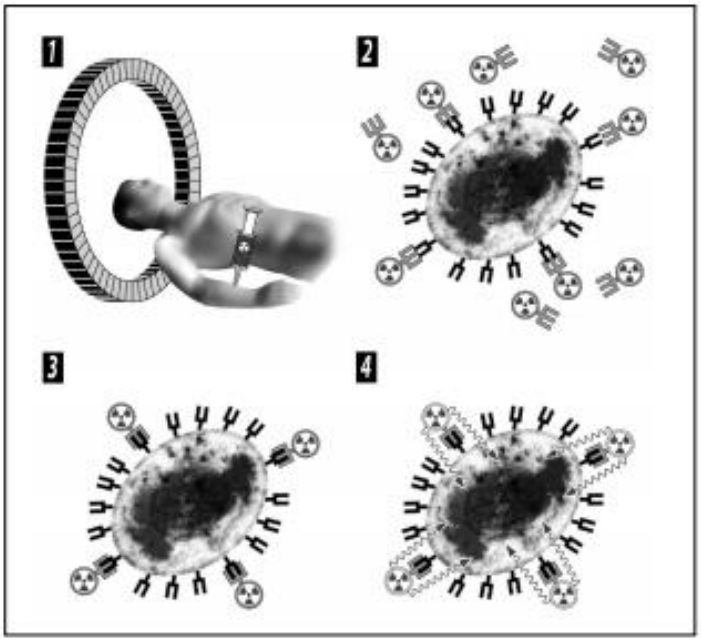


Figure 4 : Principe de la radiothérapie métabolique [6]

1.5. Les applications cliniques de la médecine nucléaire

1.5.1. Applications diagnostiques

Le clinicien dispose aujourd'hui d'une très grande variété de radiopharmaceutiques permettant d'explorer la quasi-totalité des organes. La médecine nucléaire est de ce fait utilisée dans de très nombreux domaines de la pathologie.

- **En cardiologie**
  - **scintigraphie myocardique de perfusion (SPECT)** (figure 5) **:** cette technique utilise des radiotraceurs pour évaluer la perfusion sanguine du muscle cardiaque. Elle est utilisée pour diagnostiquer des maladies coronariennes, déterminer l'étendue des zones ischémiques (manque d'approvisionnement en sang) et évaluer la viabilité myocardique [9,10].
  - **tomographie par émission de positons (TEP) :** elle utilise des radiotraceurs spécifiques pour évaluer le métabolisme du glucose dans

le muscle cardiaque [10]. elle peut être utilisée pour détecter des zones du cœur présentant une diminution du métabolisme, souvent associée à des troubles comme l'infarctus du myocarde [11].

- **évaluation de la fonction ventriculaire :** la médecine nucléaire peut être utilisée pour évaluer la fonction contractile des ventricules cardiaques. Cela peut aider à diagnostiquer et à surveiller des conditions telles que l'insuffisance cardiaque [12, 13,16].
- **études de vidange gastrique :** dans le cadre de la cardiologie nucléaire, des études de vidange gastrique peuvent être effectuées pour évaluer le reflux gastro-œsophagien et ses effets sur le cœur, en particulier chez les patients présentant des symptômes de douleur thoracique non spécifique [15].
- **évaluation des prothèses valvulaires :** la médecine nucléaire peut être utilisée pour évaluer la fonction des prothèses valvulaires cardiaques [17].

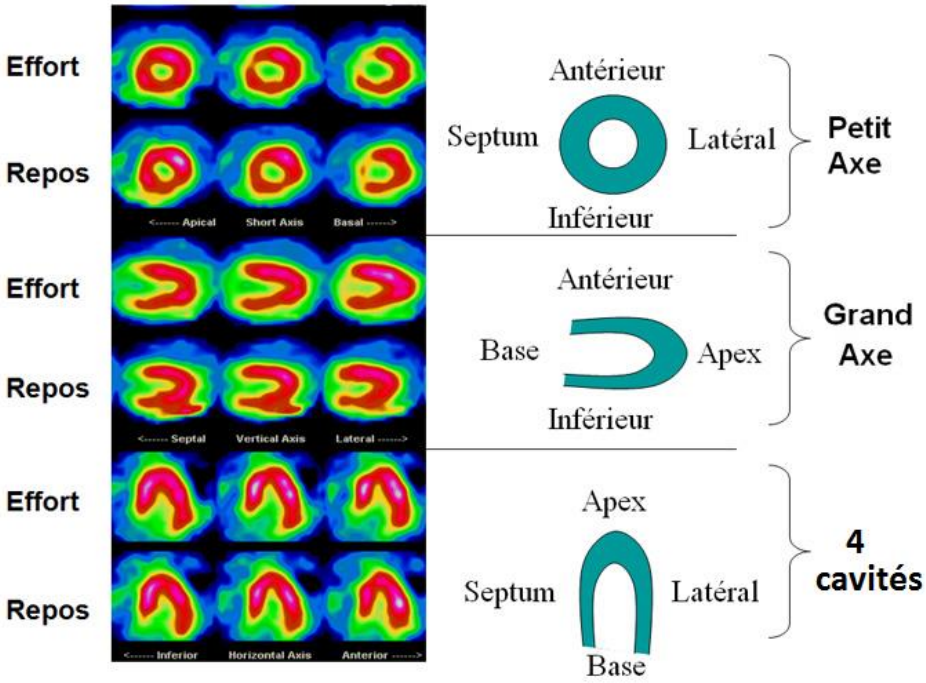


Figure 5 : Scintigraphie cardiaque : les trois types d'axe de coupe [13]

- **En cancérologie**

La TEP utilise des radiopharmaceutiques tels que le Fluorodéoxyglucose (FDG) pour détecter et évaluer l'activité métabolique des tissus. En cancérologie, la TEP au FDG est souvent utilisée pour le diagnostic, la stadification, le bilan d'extension et le suivi du traitement de nombreux cancers hypermétabolique (poumons, seins, ORL, œsophage, estomac, pancréas, colon, utérus, ovaires, testicules) [18].

Scintigraphie osseuse : la scintigraphie osseuse utilise des radiopharmaceutiques comme le technétium-99m (Tc-99m) pour détecter les métastases osseuses. (Figure 6) Elle est couramment utilisée dans la stadification des cancers qui ont tendance à se propager aux os, tels que le cancer du sein et le cancer de la prostate [19,24]

L'iode radioactif est utilisé chez des patients ayant subi une thyroïdectomie pour un cancer de la thyroïde pour détecter l'emplacement du tissu thyroïdien résiduel et quantifié le tissu nécessaire être à éliminer par thérapie à l'iode radioactif [22,23].

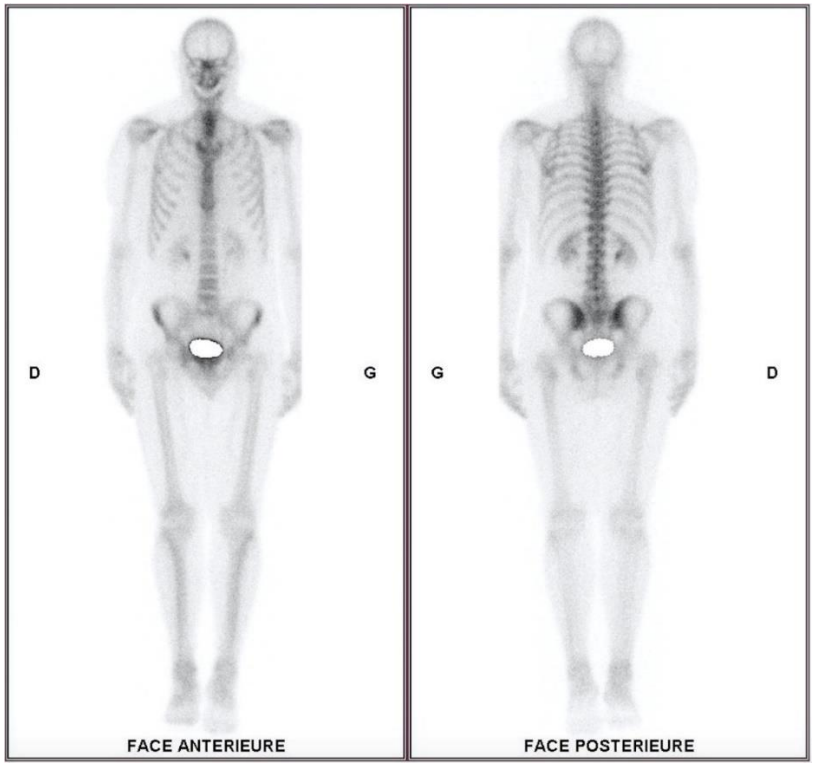


Figure 6 : Scintigraphie osseuse normale [12]

- **En endocrinologie**

La médecine nucléaire est largement utilisée en endocrinologie pour le diagnostic, la localisation et le traitement de divers troubles hormonaux et glandulaires. Voici quelques-unes des principales indications de la médecine nucléaire en endocrinologie :

- **scintigraphie thyroïdienne à l'iode-131 (I-131) :** utilisée pour évaluer la fonction thyroïdienne, détecter les nodules thyroïdiens, et traiter certaines affections thyroïdiennes, y compris le cancer de la thyroïde et l'hyperthyroïdie [25] ;
- **scintigraphie parathyroïdienne au technétium-99m (Tc-99m) :** utilisée pour localiser les glandes parathyroïdes, évaluer l'activité et détecter d'éventuelles tumeurs parathyroïdiennes, souvent en cas d'hyperparathyroïdie [25,26] ;
- **scintigraphie surrénalienne à l'iode-131 ou au technétium-99m :** utilisée pour localiser des tumeurs ou des nodules surrénaux, ainsi que pour évaluer la fonction surrénalienne dans le cadre de syndromes tels que le syndrome de Conn (aldostéronisme primaire) [27] ;
- **scintigraphie des cellules chromaffines à la métaiodobenzylguanidine (MIBG) :** employée pour localiser et évaluer les tumeurs des cellules chromaffines, en particulier les phéochromocytomes et les paragangliomes [30] ;
- **imagerie des tumeurs neuroendocrines à la scintigraphie au gallium-68 (Ga-68) :** utile pour la détection et la localisation des tumeurs neuroendocrines, notamment dans le cadre de la scintigraphie à la somatostatine [28,30] ;
- **thérapie à l'iode radioactif (I-131) pour le goitre multinodulaire toxique :** utilisée dans certains cas de goitre multinodulaire toxique pour détruire les cellules thyroïdiennes hyperactives [27,28] ;

- **évaluation de la fonction pancréatique :** la médecine nucléaire peut être utilisée pour évaluer la fonction des îlots de Langerhans dans le pancréas en mesurant la captation de glucose marqué au fluor-18 (F-18) par les cellules bêta [29] ;
- **thérapie à l'yttrium-90 (Y-90) pour les tumeurs des cellules chromaffines :** dans certains cas, l'yttrium-90 peut être utilisé pour traiter les tumeurs des cellules chromaffines, en particulier les métastases de phéochromocytomes ou de paragangliomes [29,30] ;

- **En pneumologie**

Il est possible de faire deux types de scintigraphie pulmonaire : la scintigraphie de ventilation et la scintigraphie de perfusion.

- **Scintigraphie de perfusion**

  La scintigraphie pulmonaire de perfusion est utilisée pour évaluer la distribution du sang dans les poumons. Elle est souvent utilisée pour diagnostiquer des conditions telles que l'embolie pulmonaire, où il peut y avoir une altération de la perfusion dans certaines parties des poumons. Certes d'autres pathologies peuvent entrainer une altération de la perfusion pulmonaire, mais une scintigraphie normale élimine le diagnostic d'embolie pulmonaire. Si on couple la scintigraphie de perfusion à la scintigraphie de ventilation (figure 7), la puissance diagnostique est augmentée, puisqu'une portion embolisée est peut-être bien ventilée, mais non perfusée [31,32].

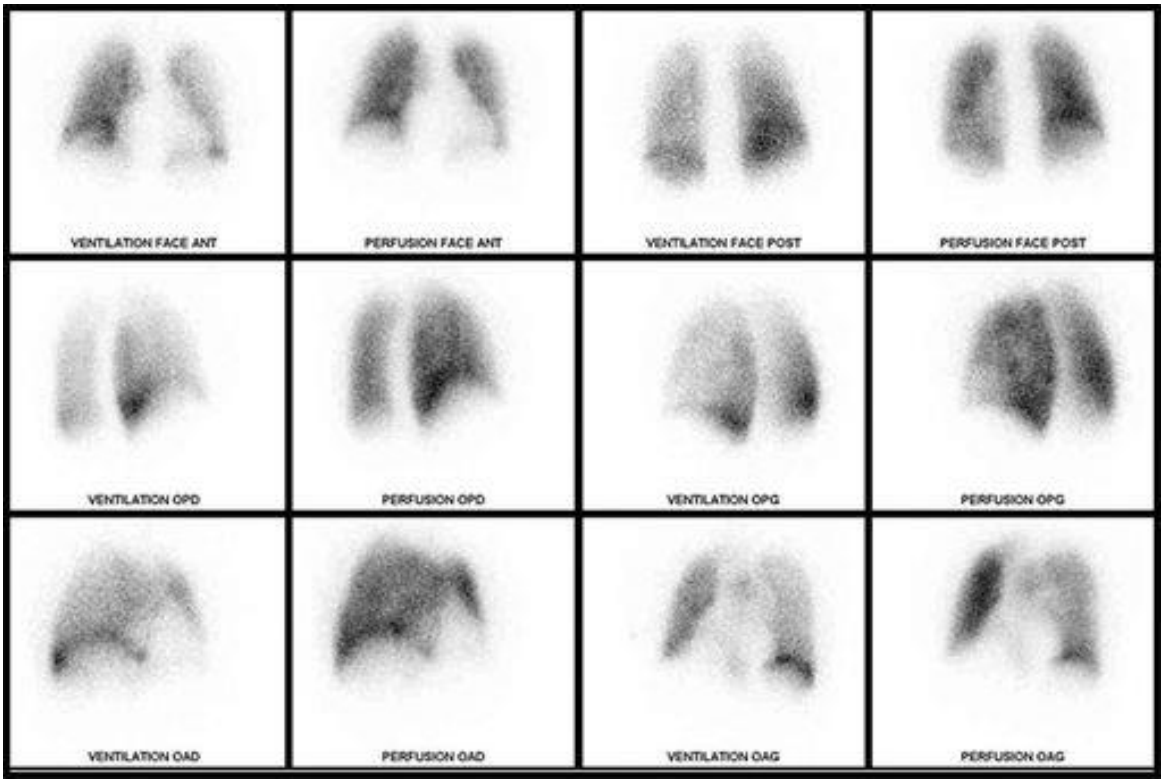


Figure 7 : Scintigraphie pulmonaire de ventilation et de perfusion [16]

- **Scintigraphie de ventilation**

Cette technique permet d'évaluer la ventilation pulmonaire, c'est-à-dire la répartition de l'air dans les poumons. Elle peut être utilisée pour détecter des anomalies dans la respiration, telles que des obstructions des voies respiratoires. Est particulièrement utile lorsqu'elle est couplée à des épreuves fonctionnelles respiratoires classiques (EFR classiques) [33].

TEP au ^{18}FDG

La TEP utilisant des radiopharmaceutiques tels que le fluor-18 (F-18) peut être appliquée pour l'imagerie métabolique des tissus pulmonaires. Cela peut être utile dans la détection et le suivi de cancers pulmonaires [33, 35].

Elle est utile pour

- différencier un nodule bénin d'un nodule malin, pour rechercher des métastases à distance et évaluer le pronostic [32,].

- préciser l'envahissement ganglionnaire locorégional des tumeurs broncho-pulmonaires [36],
- différencier masses résiduelles post-thérapeutiques et tissu tumoral actif [36,37],
- évaluer l'efficacité d'une chimiothérapie ou de la radiothérapie et mettre en évidence une rechute [36].

- **En neurologie**

En complément aux imageries morphologiques (IRM, TDM), la médecine nucléaire fournie des informations fonctionnelles et moléculaires sur le cerveau (figure 8) [39].

L'imagerie TEP des plaques amyloïdes à l'aide de ligands de haute affinité pour les plaques amyloïdes fibrillaires apporte une sensibilité et une spécificité élevée à la détection de la maladie d'Alzheimer avant même l'apparition de la démence

L'Imagerie de la Neurotransmission Dopaminergique en Routine (DaTSCAN) aide au diagnostic différentiel entre une démence à corps de Lewy (DCL) probable et la maladie d'Alzheimer. Ainsi, elle peut mettre en évidence un défaut de fixation du putamen dans le DCL ou la maladie de Parkinson, avec une sensibilité d'environ 90 %, alors que dans la maladie d'Alzheimer les images sont normales [40,41].

La TEP au fluorodésoxyglucose (FDG) peut être utilisée pour évaluer le métabolisme cérébral. Elle est utile dans le diagnostic et la caractérisation de divers troubles neurologiques, y compris les tumeurs cérébrales, l'épilepsie et la maladie d'Alzheimer [42,43].

La captation de FDG permet d'évaluer le pronostic de la tumeur (les lésions hypermétaboliques étant de plus mauvais pronostic). Enfin, la TEP au FDG apporte une aide précieuse lors du suivi de ces patients [42,43].

La scintigraphie est un outil indispensable pour le bilan d'extension des tumeurs métastatique et sa contribution est souvent plus prononcé que l'IRM ou la radiographie.

La TEP peut également être utilisée pour étudier la neurotransmission en évaluant les niveaux de neurotransmetteurs dans le cerveau, ce qui peut être important dans la compréhension des troubles psychiatriques [45].

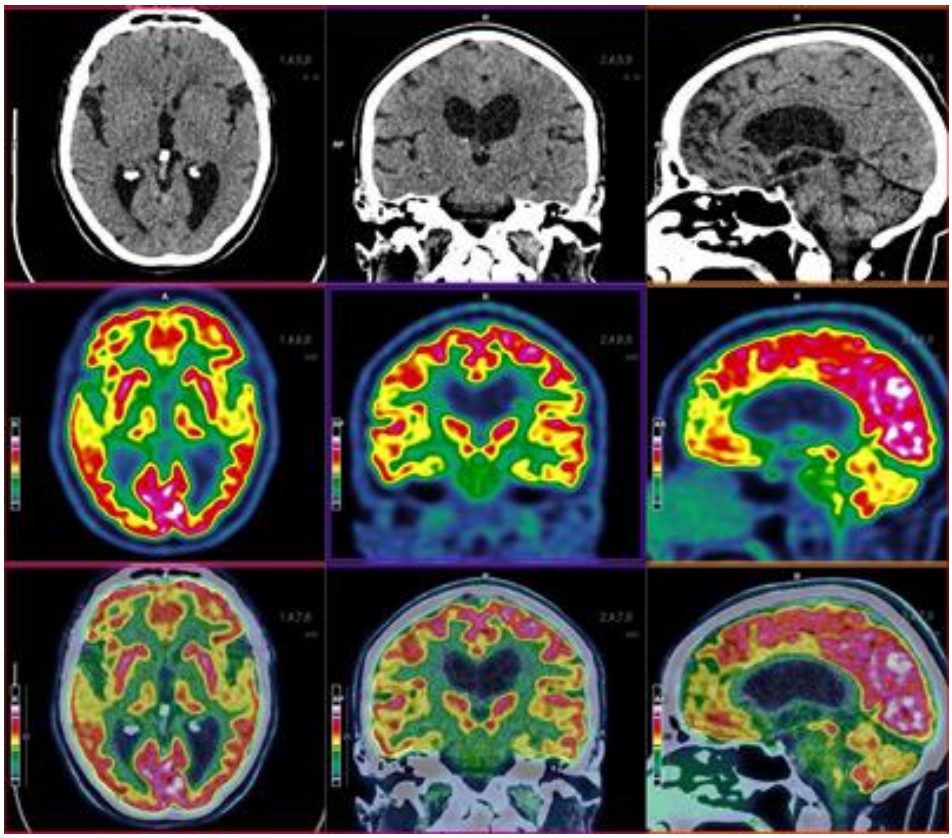


Figure 8 : TEP-TDM cérébral au 18-FDG dans les limites de la normale (atrophie cérébrale) [7]

- **En pédiatrie**

La scintigraphie permet le dépistage précoce de la nécrose osseuse drépanocytaire à un stade infraclinique et pré radiologique permettant d'améliorer le pronostic des patients [46].

La scintigraphie rénale est utilisée pour l'investigation des pathologies du système urinaire, tant dans le domaine urologique (uropathies obstructives et refluantes)

que néphrologique (pyélonéphrite, hypertension, suivi post-transplantation rénale, etc.) [47].

La scintigraphie en trois phases à l'hydroxy-diphosphonate marqué au technétium 99 (HDP-Tc99m) permet un diagnostic précoce et fiable dès 24 heures après le début des symptômes de l'ostéomyélite. L'apparence scintigraphique typique de l'ostéomyélite consiste en une hyperhémie intense de l'os et des parties molles voisines en phase précoce. Ces observations scintigraphiques suffisent dans la majorité des cas à poser le diagnostic d'ostéomyélite aiguë et à instaurer le traitement [48,49].

L'ostéosarcome (sarcome ostéogénique) est la tumeur osseuse primitive la plus fréquente chez l'enfant. Elle montre une hyperactivité aux trois phases, souvent associée à une augmentation du débit sanguin de tout le membre concerné [49].

- **En rhumatologie et en orthopédie**

La place particulière qui est actuellement occupée par la scintigraphie osseuse est liée à sa capacité d'apprécier localement la fonction métabolique osseuse et d'en faire l'étude sur l'ensemble du squelette. Les modifications locales du métabolisme osseux, induites par de très nombreuses pathologies (infectieuses, inflammatoires, traumatiques, néoplasiques…) sont ainsi détectées souvent plus précocement que par les autres techniques d'imagerie, aussi précises soient-elles sur le plan anatomique [50].

  - **Scintigraphie osseuse** : cette procédure est utilisée pour évaluer la structure osseuse et détecter des anomalies telles que des fractures, des infections osseuses (ostéomyélite) ou des tumeurs osseuses. Elle peut également être utile pour diagnostiquer des troubles métaboliques osseux comme l'ostéoporose [50,51].
  - **Recherche de métastases osseuses** : la médecine nucléaire, en particulier la scintigraphie osseuse, est souvent utilisée pour détecter les métastases osseuses chez les patients atteints de cancer, fournissant

des informations cruciales pour la stadification et la planification du traitement [51].

- **Scintigraphie articulaire** : elle peut être utilisée pour évaluer l'inflammation des articulations, comme dans le cas de la polyarthrite rhumatoïde. La technique permet également de détecter l'arthrite septique [51,52].
- **Évaluation des prothèses articulaires** : la médecine nucléaire peut être utilisée pour évaluer la stabilité et l'intégrité des prothèses articulaires, notamment des prothèses de hanche ou de genou [51].
- **Scintigraphie des tissus mous** : elle peut être utilisée pour évaluer les tissus mous environnants, comme les tendons, les ligaments et les muscles, et détecter des anomalies telles que des lésions, des déchirures ou des inflammations [52].
- **Détection des infections orthopédiques** : la médecine nucléaire peut aider à localiser les infections au niveau des os et des articulations, ce qui est crucial pour un diagnostic et un traitement précoce [52, 53].
- **Évaluation de la vascularisation des tumeurs osseuses** : certains examens de médecine nucléaire, tels que la tomographie par émission de positrons (TEP), peuvent être utilisés pour évaluer la vascularisation des tumeurs osseuses, ce qui peut influencer les choix thérapeutiques [53].

Il est essentiel de noter que la médecine nucléaire est souvent utilisée de manière complémentaire à d'autres techniques d'imagerie, comme la radiographie, l'échographie et l'IRM, pour obtenir une évaluation globale et précise des troubles rhumatologiques et orthopédiques.

- **En hépato-gastro-entérologie**

La médecine nucléaire étudie les troubles moteurs œsophagiens, dyspepsie, reflux gastro-œsophagien par des acquisitions scintigraphiques dynamiques permettant de calculer des temps de transit œsophagien, de broyage et de vidange effective [54].

  - **Scintigraphie hépatique** : cela permet d'évaluer la fonction hépatique en mesurant l'élimination d'un traceur radioactif par le foie. Elle peut aider à diagnostiquer des maladies hépatiques telles que la cirrhose, l'hépatite, ou la présence de métastases hépatiques. Le tri-méthyl-homo-imino-diacétique marqué au technétium 99 est capté par le foie puis éliminé par les voies biliaires sans subir de biotransformation. Après analyse de l'invasion vasculaire, ce vecteur permet donc d'apprécier le volume fonctionnel hépatique (captation) puis la fonction de vidange vésiculaire [54,55].
  - **Scintigraphie de la vésicule biliaire** : cette procédure peut être utilisée pour évaluer la fonction de la vésicule biliaire et détecter des anomalies telles que la présence de calculs biliaires ou de dyskinésie biliaire [54].
  - **Scintigraphie de vidange gastrique** : il s'agit d'une technique permettant d'évaluer la vidange gastrique en utilisant un traceur radioactif. Cela peut être utile pour diagnostiquer des troubles tels que la gastroparésie (ralentissement du mouvement de l'estomac) [55].
  - **Scintigraphie des saignements gastro-intestinaux** : cette technique peut être utilisée pour localiser la source de saignements gastro-intestinaux en utilisant des traceurs radioactifs. Cela peut être particulièrement utile dans le cas de saignements occultes ou de saignements chroniques [56].
  - **Évaluation des tumeurs neuroendocrines** : la médecine nucléaire peut être utilisée pour détecter et évaluer les tumeurs neuroendocrines

dans le tractus gastro-intestinal à l'aide de techniques d'imagerie moléculaire, telles que la tomographie par émission de positrons (TEP) avec des traceurs spécifiques [57].

- **Dépistage des infections intra-abdominales** : l'utilisation de la médecine nucléaire peut être envisagée pour détecter des infections au niveau du tractus gastro-intestinal [57].

- **En urologie et néphrologie**

Le néphrogramme isotopique est une scintigraphique dynamique qui suit l'élimination rénale et le transit urinaire d'un radiotraceur éliminé par filtration glomérulaire et/ou sécrétion tubulaire, il permet de définir les temps de passage du radiotraceur dans les trois « compartiments anatomiques » suivants : les vaisseaux, le parenchyme rénal et les voies urinaires. Actuellement, deux traceurs sont utilisés pour les explorations dynamiques des reins : l'acide diéthylène-triamino-penta-acétique (DTPA) marqué au ^{99m}Tc traceur à filtration exclusivement glomérulaire et le mercapto-acétyl-triglycine (MAG3) marqué par le ^{99m}Tc, le plus couramment utilisé en routine clinique. [59].

La scintigraphie rénale au ^{99m}Tc-DMSA est très utile dans la recherche d'une pyélonéphrite aiguë ou de cicatrices corticales. Le DMSA ou acide dimercaptosuccinique permet une imagerie corticale des reins, sa fixation se faisant essentiellement au niveau des cellules tubulaires proximales [59, 60].

1.5.2. Radiothérapie interne vectorisé

Elle se définie comme l'utilisation de sources non scellées comme agent thérapeutique (RIV). Il s'agit d'une irradiation de type systémique dont l'efficacité repose sur l'utilisation d'un vecteur ciblant les tumeurs. Elle est moins utilisée que la radiothérapie externe dont elle se distingue par sa nature essentiellement (mais non exclusivement) systémique, permettant de cibler l'ensemble de la maladie métastatique, visible ou non [61].

Thérapie à l'iode radioactif (I-131) pour les troubles thyroïdiens : l'iode radioactif est utilisé dans le traitement de certaines affections thyroïdiennes, telles que le cancer de la thyroïde et l'hyperthyroïdie. L'iode radioactif est absorbé sélectivement par les cellules thyroïdiennes, ce qui permet de délivrer une dose de radiation directement à la glande thyroïde [61, 62].

Thérapie au samarium-153 (Sm-153) pour les métastases osseuses : Le samarium-153 est un radio-isotope utilisé pour traiter les métastases osseuses d'origine cancéreuse. Il émet des rayonnements beta, ce qui peut aider à réduire la douleur et à contrôler la croissance des cellules cancéreuses dans les os [63].

Thérapie à l'yttrium-90 (Y-90) pour les tumeurs hépatiques : L'yttrium-90 est utilisé dans le traitement des tumeurs hépatiques, en particulier dans le cas de carcinome hépatocellulaire. Des microsphères contenant de l'yttrium-90 sont injectées directement dans les vaisseaux sanguins qui alimentent la tumeur, délivrant ainsi une dose de radiation localement [61].

Thérapie à l'iodure de rhénium-186 (Re-186) pour les articulations inflammatoires : le rhénium-186 peut être utilisé dans le traitement de certaines affections inflammatoires des articulations, telles que l'arthrite, en délivrant des radiations aux cellules inflammatoires [64,65].

Thérapie à l'actinium-225 (Ac-225) pour certains types de cancers : l'actinium-225 est un radio-isotope qui peut être utilisé dans des traitements ciblés contre certains types de cancers. Il est souvent associé à des agents ciblant spécifiquement les cellules cancéreuses [65].

1.6. État des lieux de la médecine nucléaire en Afrique et précisément au Bénin

La médecine nucléaire est très peu développée en Afrique surtout en Afrique subsaharienne. Il y a environ 52 centres de médecine nucléaire en Afrique [23].On assiste depuis ces dernières années à l'installation de service de médecine

nucléaire dans de nombreux pays africains avec le soutien de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA).

L'Afrique du Sud et les pays maghrébins sont classés comme ayant des services de médecine nucléaire développés contrairement aux pays francophones sub-sahariens comme le Niger, la Côte d'Ivoire , le Sénégal, le Gabon et le Cameroun qui ont des services de médecine nucléaire moins développés [23].

Au Burkina Faso, la première et unique gamma caméra a été installée au CHU Yalgado Ouédraogo en novembre 2011. Les premières applications cliniques ont commencé en janvier 2012 [24].

Le Bénin dispose depuis juillet 2009 d'un service de radio-immunodosage installé dans les locaux de la Faculté des sciences de la santé à Cotonou. Avec l'appui remarquable de l'AIEA, ce projet permet désormais au Bénin de faire face sur place aux traitements de certaines pathologies en y faisant des diagnostics précis [25].

2. CADRE ET MÉTHODE D'ÉTUDE

2.1. Cadre d'étude

Le Bénin est un État d'Afrique de l'ouest, bordé par le Togo à l'ouest, le Nigeria à l'est, le Burkina Faso au nord-ouest et le Niger au nord-est, et par l'océan Atlantique au sud. Avec une population estimée en 2021 à 13 301 694 habitants et une densité 116 habitants/km², sa capitale administrative est Porto-Novo, tandis que Cotonou, la plus grande ville, est le centre économique et culturel du pays [65].

Le Bénin abrite deux centres de formation des médecins à savoir la Faculté des Sciences de Santé (FSS) de l'Université d'Abomey-Calavi située à Cotonou et la Faculté de Médecine (FM) de l'Université de Parakou. Les médecins formés au Bénin ont tous reçus leurs formations dans l'une de ces deux universités. Cotonou est la capitale économique et la plus grande ville du Bénin. Elle abrite aussi de nombreux services gouvernementaux et diplomatiques. Cotonou est située sur le cordon Littoral entre le lac Nokoué et l'océan Atlantique. La ville est coupée en deux parties par un canal, la lagune de Cotonou. Trois ponts assurent la liaison entre les deux rives. Ses villes limitrophes sont Abomey-Calavi, Sèmè-Kpodji [67].

Parakou est la plus grande ville du nord du Bénin et la capitale du département du Borgou. Située à environ 400 kilomètres de Cotonou, la ville est un important carrefour économique, facilitant le commerce entre le sud du Bénin et les pays voisins comme le Niger et le Nigeria [68].

Au plan sanitaire, le système de santé du Bénin est de type pyramidal avec trois niveaux : le niveau central constitué par le ministère de la santé, ses programmes et les hôpitaux nationaux, le niveau intermédiaire constitué par les Directions Départementales de la Santé (DDS), leurs services et les hôpitaux départementaux et le niveau périphérique représenté par les hôpitaux de zone, les cliniques, les centres de santé.

Le Bénin dispose de huit principaux Centres Hospitalier Universitaire (CHU) qui jouent un rôle crucial dans la formation des professionnels de santé et la prise en

charge des cas complexes dont le plus grand susceptible d'intégré en son sein un service de médecine nucléaire est le Centre Hospitalier Universitaire Hubert Koutoukou Maga (CHU-HKM). En dehors du CNHU-HKM les autres CHU sont : Centre Hospitalier Universitaire de Parakou (CHU-PK) ; Centre Hospitalier Universitaire Mère-Enfant Lagune (CHU-MEL) ; Centre National hospitalier Universitaire de Pneumo Phtisiologie Centre Hospitalier Universitaire Départemental Ouémé-Plateau (CHUD-OP) ; Centre Hospitalier Universitaire de Zone Suru-Léré (CHUZ-SL) ; Centre Hospitalier Universitaire Départemental Borgou-Alibori (CHUD-BA) ; Centre Hospitalier Universitaire de Zone d'Abomey-Calavi (CHUZ-AC)

Cette étude a concerné les médecins exerçant au Bénin aussi bien dans le secteur public que dans le secteur privé.

2.2. Durée et type d'étude

Il s'agit d'une étude transversale à visée descriptive et analytique qui a été menée pendant une période de huit (8) mois allant du 1er décembre 2023 au 31 juillet 2024.

2.3. Population d'étude

La population ciblée par cette étude est constituée des médecins exerçant au Bénin, généralistes ou spécialistes, en cours de spécialisation, les internes des hôpitaux ainsi que les médecins en fin de formation (étudiants de septième année de médecine dans l'une des deux facultés de formation médicale au Bénin).

2.3.1. Critères d'inclusion

Sont inclus les médecins exerçant au Bénin, sujets de la population d'étude, ayant donné leur accord pour participer à la présente étude.

2.3.2. Critères d'exclusion

Ne sont pas inclus dans cette étude les médecins nucléaires exerçant au Bénin.

2.3.3. Echantillonnage

L'échantillonnage a été non probabiliste avec un recrutement exhaustif de tous les médecins répondant aux critères de sélection, et qui ont rempli le formulaire de l'enquête.

2.4. Collecte de données

Le recueil des données a été fait grâce à un questionnaire établi numériquement via un formulaire Google, accessible via smartphones, tablette ou ordinateur. Le lien du questionnaire est : https://ee.kobotoolbox.org/x/2ueHoUyJ

Ce lien a été diffusé dans une dizaine de forums des médecins et partagé directement avec les médecins rencontrés sur leurs lieux d'exercice notamment à Cotonou et à Parakou.

2.5. Variables d'étude

2.5.1. Variables dépendantes

Les variables dépendantes de notre étude sont le niveau de connaissance de la médecine nucléaire par les médecins exerçant au Bénin et leurs perceptions sur la discipline.

- **Connaissance de la médecine nucléaire**

La connaissance a été appréciée par une série de question regroupée autour de cinq grands axes ; chaque question étant coté de 0 à 2 et le score final est obtenue en faisant la sommation du score de chaque question. Les cinq grands axes sont :

A- connaissance de la définition de la médecine nucléaire ;

B- connaissance des composantes et techniques de la médecine nucléaire ;

C- connaissance des indications de la médecine nucléaire ;

D- connaissance sur la présentation des résultats des examens de la médecine nucléaire ;

E- connaissance sur l'existence de la médecine nucléaire au Benin.

Le niveau de connaissances a été évalué grâce à un score de connaissances globales calculées grâce à l'échelle CAP (Connaissances, Attitudes, Pratiques) en recherche médicale [68].

Ainsi, quatre modalités ont été obtenues de la manière suivante :

- plus de 85% de bonnes réponses : bon niveau de connaissances.
- entre 65 et 85% de bonnes réponses : niveau de connaissances moyen.
- entre 50 et 65% de bonnes réponses : niveau de connaissances insuffisant.
- moins de 50% de bonnes réponses : mauvais niveau de connaissance

Les différentes modalités de définition des scores ainsi que le questionnaire sont annexées à la fin

- **Perception de la médecine nucléaire**

La perception a été appréciée par une série de questions regroupées en trois points :

A- perception de l'importance de la médecine nucléaire ;

B- perception sur les contraintes de radioprotection en médecine nucléaire ;

C- perception sur le coût des examens la médecine nucléaire ;

2.5.2. Variables indépendantes

Les variables indépendantes de notre étude concernent les caractéristiques socio professionnelles des médecins enquêtés :

- âge ;
- sexe ;
- nationalité ;
- pays de formation en médecine générale ;
- année d'obtention du diplôme de doctorat en médecine générale ;
- spécialité ;
- pays de formation pour la spécialité ;
- année d'obtention du diplôme de doctorat en médecine générale ;

- nombre d'années d'expérience professionnelle ;
- stage à l'étranger ;
- pays de stage ;
- lieu d'exercice actuel ;
- pays d'exercice ;
- ville d'exercice ;
- existence d'un service de médecine nucléaire ;
- stage antérieur dans un service de médecine nucléaire.

2.5.4. Analyse de données

Nous avons procédé à l'apurement de la base pour vérifier la complétude et la cohérence des données. L'analyse des données a été effectuée à l'aide du logiciel R. Les tableaux et les figures étaient réalisés grâce aux logiciels Microsoft Word et Excel version 2021.

Des proportions avec leurs intervalles de confiance ont étaient calculées pour les variables qualitatives. Les variables quantitatives étaient exprimées en moyenne et écart type pour celles dont la distribution était normale tandis que la médiane et l'intervalle interquartile (Q1 ; Q3) ont été calculés pour les variables quantitatives dont la distribution sera asymétrique. La normalité de la distribution a été vérifiée avec le test de Shapiro-Wilk. La comparaison des proportions s'est faite grâce au test exact de Fisher et du chi2 de Pearson. Le test exact de Fisher est considéré lorsque le plus petit effectif théorique est inférieur à 5, et le chi2 de Pearson quand il est supérieur ou égal à 5. La différence est considérée comme statistiquement significative pour une p-value inférieure à 0,05.

3. RÉSULTATS

3.1. Analyse univariée

3.1.1. Caractéristiques des enquêtées

3.1.1.1. Caractéristiques socio démographiques

Au total, 316 médecins ont participé à notre enquête. L'âge moyen était de 29,81 ans avec un écart type de 5,67 ans. Les extrêmes d'âge étaient de 22 et 56 ans. Le sex-ratio (H/F) était de 1,68

Les médecins enquêtés ont été regroupés en 4 tranches d'âge comme illustré sur la figure 9.

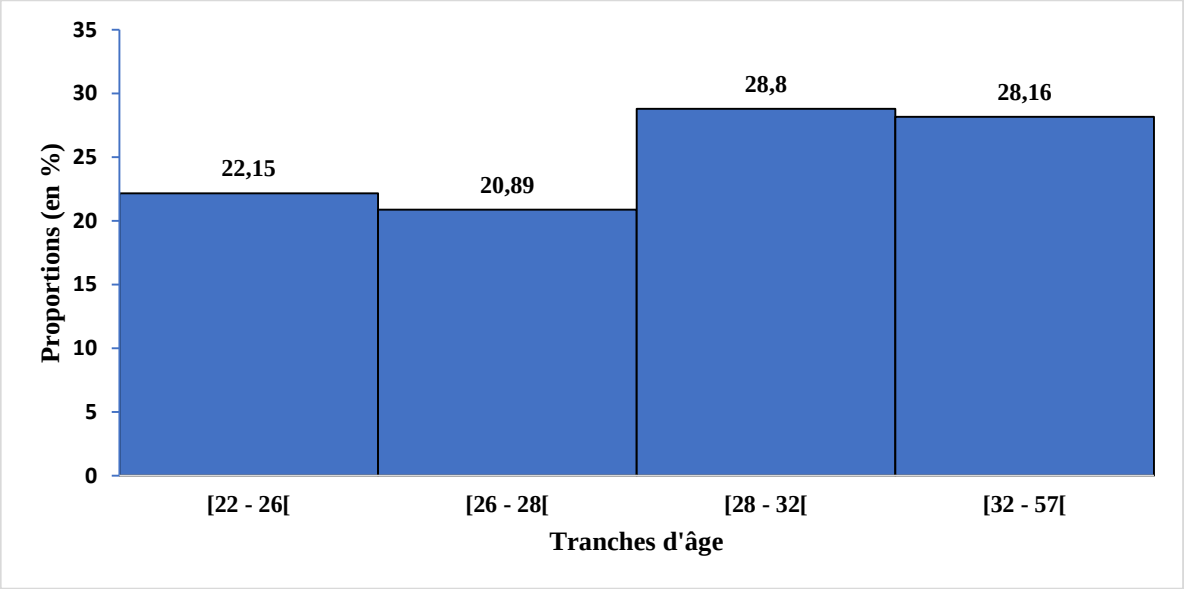


Figure 9 : Répartition des médecins enquêtés en fonction de leurs tranches d'âges

Sur les 316 médecins enquêtés on note une prédominance masculine comme illustré sur la figure 10 ; une sex-ratio (H/F) était de 1,68.

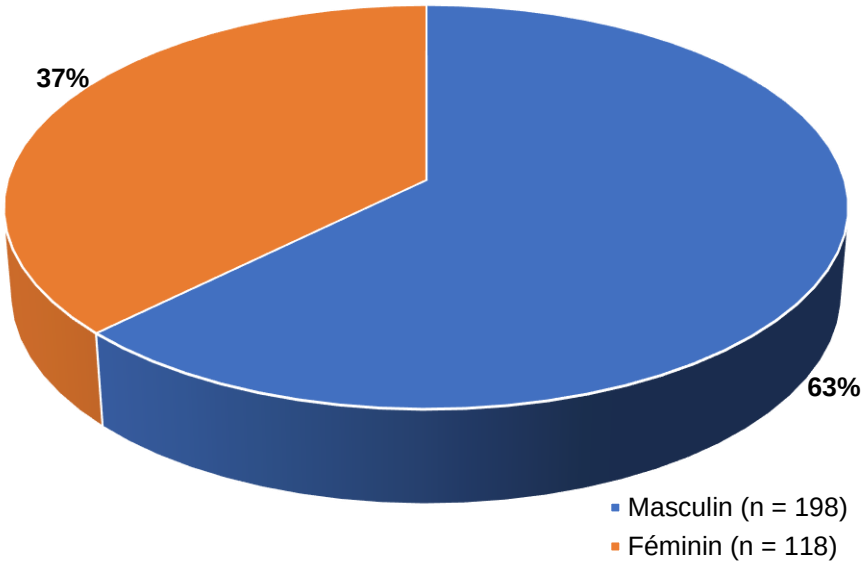


Figure 10 : Répartition de la population d'étude selon le sexe

Tableau I : Répartitions des médecins enquêtés en fonction de leurs nationalités

	Fréquence	
	Absolue	**Relative (%)**
Nationalité		
Béninoise	305	96,52
Autres	11	3,48

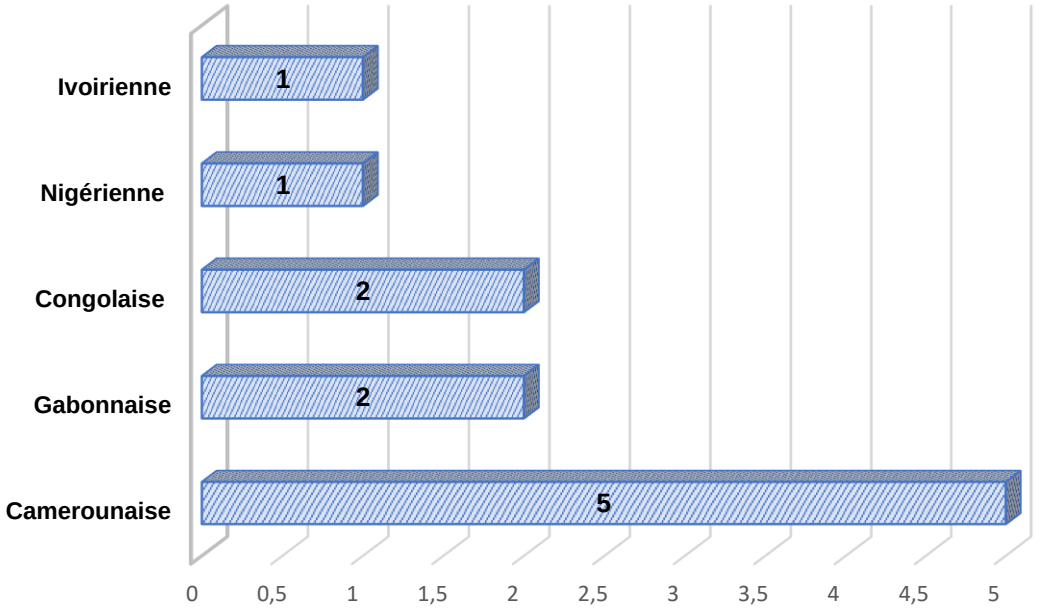


Figure 11 : Répartition des médecins de la population d'étude qui ne sont pas béninois en fonction de leurs nationalités

3.1.1.2. Caractéristiques académiques et professionnelles

Au nombre des médecins enquêtés, 155 soit 49,5% étaient spécialisés ou en cours de spécialisation. La grande majorité des médecins (233 soit 73,73%) était formé à la faculté des sciences de santé de Cotonou. Peu de médecins (70 soit 22,15%) ont réalisé un stage à l'extérieur. Le principal pays de stage était la France (70%). Dans 38% et 43% des cas, les médecins ont déclaré l'existence d'un service de médecine nucléaire respectivement dans le pays de formation en médecine générale puis dans le pays de spécialisation. La proportion de médecins ayant affirmé avoir appris des notions de médecine nucléaire pendant la formation en médecine générale était de 63,29 %.

Au plan professionnel, la grande majorité des médecins enquêtés (222 soit 70,25%) exerçait dans les départements de l'Atlantique et du Littoral. De même, un peu plus de la moitié exerçait dans le secteur privé (59%) et avait moins de 5 ans d'expérience professionnelle. Le nombre médian d'années d'expérience

professionnelle était de 4,52 ans avec un intervalle interquartile allant de 1,54 an à 8,23 ans. Les extrêmes étaient de 0,51 et 25,21 ans

Les caractéristiques académiques et professionnelles des médecins enquêtés sont consignées dans le Tableau II.

Tableau II : Caractéristiques académiques et professionnelles des enquêtés

	Fréquence	
	Absolue	**Relative (%)**
Spécialiste/en cours de spécialisation		
Non	161	50,95
Oui	155	49,05
Lieu de formation en médecine générale		
Bénin, FSS Cotonou	233	73,73
Bénin, FM Parakou	64	20,25
Autre	19	6,01
Nombre d'années d'expérience professionnelle (n = 189)		
< 5	112	59,26
[5 - 10]	44	23,28
> 10	33	17,46
Département d'exercice (n = 273)		
Atlantique/ Littoral	222	70,25
Ouémé-Plateau	19	6,01
Borgou/Alibori	14	4,43
Zou/collines	7	2,21
Atacora/Donga	5	1,58
Mono/Couffo	6	1,90
Secteur d'activité		
Privé	187	59,18
Public	129	40,82
Stage à l'étranger		
Non	246	77,85
Oui	70	22,15

Tableau II: Caractéristiques académiques et professionnelles des enquêtés (Suite)

	Fréquence	
	Absolue	**Relative (%)**
Pays de stage à l'étranger (n = 70)		
France	49	70,00
Pays africain	15	21,43
Autre	6	8,57
Existence d'un service de médecine nucléaire dans le pays de formation en médecine générale		
Non	157	49,68
Oui	120	37,97
Ne sait pas	39	12,34
Existence d'un service de médecine nucléaire dans le pays de spécialisation (n = 155)		
Non	66	42,58
Oui	67	43,23
Ne sait pas	22	14,19
Enseignement sur les notions de médecine nucléaire pendant la formation en médecine générale		
Non	110	34,81
Oui	200	63,29
Ne sait pas	6	1,90

En dehors de la France qui constitue le premier pays d'accueil des médecins pour stage, les autres pays ayant accueilli des stagiaires sont : Algérie (1), la Belgique (4), le Maroc (4), le Burkina Faso (4), la Suisse (2), la Guinée Conakry (1), la Côte d'Ivoire (1), le Niger (1), la République démocratique du Congo (1), le Rwanda et le Sénégal (1).

3.1.2. Connaissances des médecins enquêtés sur la médecine nucléaire

3.1.2.1. Connaissances sur la définition de la médecine nucléaire

Un peu plus des trois quarts des médecins enquêtés savaient que la médecine nucléaire utilise les rayonnements ionisants. Les deux tiers savaient qu'elle est une spécialité aussi bien à visée diagnostique que thérapeutique.

Sur les 316 médecins enquêtés, 224 soit 70,89% savaient que la médecine nucléaire permet d'observer une fonction de l'organisme alors que la radiologie (et notamment le scanner X) fournit des informations sur sa structure.

La proportion de médecins ayant répondu convenablement aux questions sur la définition de la médecine nucléaire sont consignés dans le tableau III

Tableau III : Connaissances des médecins enquêtés sur la définition de la médecine nucléaire

	Fréquence	
	n	%
Définition de la médecine nucléaire		
Spécialité utilisant les rayonnements ionisants	241	76,27
Imagerie fonctionnelle	189	59,81
Imagerie métabolique	114	36,08
Volet diagnostique et thérapeutique	211	66,77
Spécialité distincte de la radiologie	224	70,89
Spécialité distincte de la radiothérapie	166	52,23

3.1.2.2. Connaissance des composantes et techniques de la médecine nucléaire

La grande majorité des médecins reconnaissaient la scintigraphie (87,03%), la TEP (78,16%) et la TEP-TDM (73,10%) comme des examens de médecine nucléaire.

Par ailleurs, 115 médecins (36,39%) savaient que les types de rayonnement utilisés en scintigraphie étaient les rayonnements gamma. Peu de médecins savaient que les rayonnements alpha (8,86%) et les rayonnements bêta moins (23,73%) étaient les types de rayonnement utilisés en radiothérapie métabolique.

Le tableau IV présente la proportion des médecins ayant répondu convenablement aux questions en rapport avec la connaissance des médecins sur les composantes et techniques de la médecine nucléaire

Tableau IIV : Connaissance des composantes et techniques de la médecine nucléaire

	Fréquence	
	n	%
Spécialité utilisant les rayonnements ionisants	241	76,27
Imagerie fonctionnelle	189	59,81
Imagerie métabolique	114	36,08
Volet diagnostique et thérapeutique	211	66,77
Spécialité distincte de la radiologie	224	70,89
Spécialité distincte de la radiothérapie	166	52,23
Composantes de la médecine nucléaire		
Imagerie scintigraphique	228	72,15
Radioanalyse	193	61,08
Radiothérapie interne vectorisée	152	48,10
Irathérapie	78	24,68
Techniques de la médecine nucléaire		
Scintigraphie conventionnelle	275	87,03
Tomographie à émission de positon	247	78,16
Rayonnement γ utilisé diagnostique	115	23,73
Rayonnement β– en thérapie	75	23,73

Rayonnement α en thérapie	28	8,86

3.1.2.3. Connaissance des médecins sur l'interprétation des examens de médecine nucléaire

La grande majorité des enquêtés (84,81%) n'avaient jamais vu le compte rendu ou l'image d'un examen de médecine nucléaire. Ainsi, 102 médecins soit 32,28% ont pu reconnaître le cliché d'un examen de scintigraphie myocardique et 134 médecins soit 42,41% ont pu reconnaître un cliché de TEP-TDM.

La majorité des enquêtés (58,54%) savait que le médecin radiologue n'est pas le plus indiqué pour interpréter un examen de scintigraphie.

3.1.2.4. Connaissance des indications de la médecine nucléaire

Sur les 316 médecins, respectivement 260 (82,28 %) et 208 (65,82%) savaient que les marqueurs tumoraux et les hormones thyroïdiennes peuvent être dosés grâce aux techniques de la médecine nucléaire.

Les indications les plus connues de la médecine nucléaire sont les tumeurs cérébrales (61,71%), les nodules thyroïdiens (68,99%), les adénomes parathyroïdiens (61,39%), le neuroblastome (58,54%).

Environ la moitié des médecins savait que la médecine nucléaire peut être réalisée chez les enfants et 66,67% savait qu'elle n'est pas exclusivement réservée pour les pathologies cancéreuses.

Le tableau V présente les bonnes réponses des médecins enquêtés sur les indications de la médecine nucléaire

Tableau V : Connaissance des indications de la médecine nucléaire

	Fréquence	
	n	%
Rhumatologie		
Maladie de Paget osseux	124	39,24
Polyarthrite rhumatoïde	119	37,66
Arthropathie inflammatoire	109	34,49
Algodystrophie	89	28,16
Traumatologie et orthopédie		
Ossification para-articulaire	145	45,89
Fractures de fatigue	105	33,23
Douleurs sur prothèse articulaire	60	18,99
Hépatogastroentérologie		
Evaluation de la fonction hépatique	128	40,51
Evaluation de la perméabilité des voies biliaires	88	27,85
Reflux-gastro-œsophagien	60	18,99
Cardiologie		
Infarctus du myocarde	112	35,44
Cardiomyopathies dilatées	103	32,59
Amylose cardiaque	98	31,01
Neurologie		
Les tumeurs cérébrales	195	61,71
La maladie d'Alzheimer	112	35,44
Les Accidents vasculaires cérébraux	112	35,44
L'épilepsie	82	25,95
Endocrinologie		
Nodules thyroïdiens	218	68,99
Adénomes parathyroïdiens	194	61,39
Hyperthyroïdies	137	43,35
Maladie de Cushing	105	33,23
Pédiatrie		
Neuroblastome	185	58,54
Hypothyroïdie congénitale	145	45,89
Uropathies malformatives congénitales	105	33,23
Diverticule de Meckel	78	24,68
Urologie et néphrologie		
Lithiase rénale	137	43,35
Insuffisance rénale chronique	99	31,33
Hydronéphrose	86	27,22
Pyélonéphrite	79	25,00

3.1.2.5. Connaissance sur l'existence de la médecine nucléaire au Bénin

La plupart des médecins (86,71%) savaient que le Bénin dispose de médecins spécialistes de médecine nucléaire et un peu plus de la moitié (58,54%) est informé de la disponibilité du radioimmunodosage en tant que prestation de médecine nucléaire au Bénin.

3.1.2.6. Niveau de connaissance global

Les scores enregistrés étaient compris entre 0 point et 47 points. Le score moyen était de 22,78 points avec un écart type de 9,85 points. Le score médian était de 22 points avec un intervalle interquartile allant de 15 à 31.

De façon globale, la grande majorité des médecins enquêtés (87,34%) avait une connaissance faible à insuffisante de la médecine nucléaire.

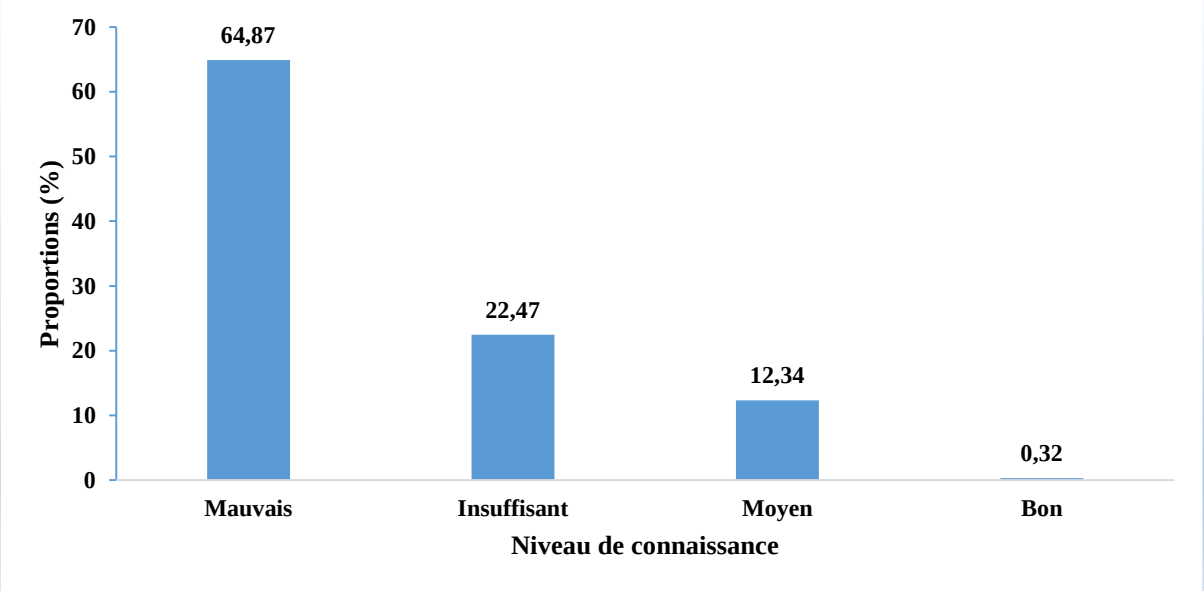


Figure 12 : Niveau de connaissance global des médecins enquêtés sur la médecine nucléaire

3.1.3. Perception des médecins enquêtés sur la médecine nucléaire

3.1.3.1. Perception de l'importance de la médecine nucléaire

La grande majorité (83,86%) des médecins pensait que la présence d'un service de médecine nucléaire est indispensable pour la bonne prise en charge des patients dans un pays et 67,09% trouvaient indispensable la création d'un tel service au Bénin. La proportion de médecins ayant une fois prescrit un examen d'imagerie de médecine nucléaire était de 13,92%. 88,92% des médecins souhaiteraient que la médecine nucléaire soit enseignée en faculté de médecine. Environ le tiers (31,96%) des médecins auraient pu choisir la médecine nucléaire comme spécialité si le DES était accessible dans la sous-région

La majorité des médecins enquetés soit un pourcentage de 89% ont exprimé le souhait de l'enseignement de la médecine nucléaire en formation générale de médecine contre 11% .

3.1.3.2. Perception sur les contraintes de la radioprotection en médecine nucléaire

Environ 60% des médecins trouve que la présence d'un service de médecine nucléaire ne présente de risque ni pour le public ni pour le personnel en cas de respect des règles de radioprotection. La proportion de médecins qui pense que l'installation d'un service de médecine nucléaire au sein d'un hôpital présente plus de risques d'exposition que celle d'un service de radiologie était de 21,84%. Environ un quart des médecins enquêtés savait que les techniques d'imagerie scintigraphique sont moins irradiantes que les examens radiologiques

Le tableau VI présente les données collectées sur les contraintes de radioprotection en médecine nucléaire

Tableau VIVII : Perception sur les contraintes de protection en médecine nucléaire

	Fréquence	
	n	%
Existence de risques majeurs pour le public même en cas de respect des règles de radioprotection		
Non	195	61,71
Oui	64	20,25
Je ne sais pas	57	18,04
Existence de risques majeurs pour le personnel même en cas de respect des règles de radioprotection		
Non	183	57,91
Oui	81	25,63
Je ne sais pas	52	16,46
Existence de risques majeurs pour les patients même en cas de respect des règles de radioprotection		
Non	168	53,16
Oui	80	25,32
Je ne sais pas	68	21,52
Comparaison du niveau d'irradiation de la médecine nucléaire avec la radiologie		
Moins irradiante	77	24,52
Autant irradiante	40	12,74
Plus irradiante	105	33,44
Je ne sais pas	94	29,75

3.1.3.3. Perception sur le coût des examens de médecine nucléaire

Près des deux tiers des médecins exerçant au Bénin (65,82%) pensent que le coût des examens d'imagerie de la médecine nucléaire pourrait être un frein à leur réalisation.

3.2. Analyse bivariée

3.2.1. Déterminants du niveau de connaissance des médecins enquêtés sur la médecine nucléaire

3.2.1.1. Age et sexe

De l'analyse bivariée, il ressort qu'il n'existe pas de relation entre l'âge, le sexe des médecins enquêtés et leur niveau de connaissance de la médecine nucléaire

Tableau VIIIIXX : Relation entre l'âge et le sexe des médecins et leur niveau de connaissance de la médecine nucléaire

		Niveau de connaissance		OR	IC 95%	p-value
		Moyen/Bon n = 40	**Mauvais/Insuffisant** n = 276			
Classe d'âge (ans)						0,150
≥ 28	180	27 (15,00%)	153 (85,00%)	1,00	—	
< 28	136	13 (9,56%)	123 (90,44%)	1,67	[0,84 – 3,47]	
Sexe						0,471
Féminin	118	17 (14,41%)	101 (85,59%)	1,00	—	
Masculin	198	23 (11,62%)	175 (88,38%)	1,28	[0,65 – 2,50]	

3.2.1.2. Facteurs liés au cursus académique des médecins enquêtés

L'étude des facteurs liés au cursus académique des médecins enquêtés permet de faire ressortir l'existence d'un lien significatif entre la réalisation d'un stage à l'étranger et le niveau de connaissance de la médecine nucléaire. Ainsi, les médecins n'ayant pas réalisé un stage à l'étranger avaient 3 fois (OR = 3,11[1,54 – 6,21]) plus de susceptibilité d'avoir une mauvaise connaissance que ceux qui en ont réalisé.

Tableau XI : Facteurs liés cursus académique des médecins enquêtés

		Niveau de connaissance		OR	IC 95%	p-value
		Moyen/Bon n = 40	Mauvais/Insuffisant n = 276			
Lieu de formation en médecine générale						0,719
Autre	19	3 (15,79%)	16 (84,21%)	1,00	—	
Bénin	297	37 (12,46%)	260 (87,54%)	1,32	[0,30 – 4,20]	
Stage à l'étranger						**<0,001**
Oui	70	17 (24,29%)	53 (75,71%)	1,00	—	
Non	246	23 (9,35%)	223 (90,65%)	3,11	[1,54 – 6,21]	
Existence d'un service de médecine nucléaire dans le pays de formation en médecine générale (n = 277)						0,107
Oui	120	22 (18,33%)	98 (81,67%)	1,00	—	
Non	157	18 (11,46%)	139 (88,54%)	1,73	[0,88 – 3,44]	
Existence d'un service de médecine nucléaire dans le pays de spécialisation (n= 133)						0,058
Oui	67	18 (26,87%)	49 (73,13%)	1,00	—	
Non	66	9 (13,64%)	57 (86,36%)	2,33	[0,98 – 5,87]	
Enseignement sur les notions de médecine nucléaire pendant la formation en médecine générale (n = 310)						0,945
Oui	200	26 (13,00%)	174 (87,00%)	1,00	—	
Non	110	14 (12,73%)	96 (87,27%)	1,02	[0,52 – 2,10]	

Tableau VIII : Facteurs liés cursus académique des médecins enquêtés (suite)

		Niveau de connaissance		OR	IC 95%	p-value
		Moyen/Bon n = 40	Mauvais/Insuffisant n = 276			
Existence d'un service de médecine nucléaire dans le pays de spécialisation (n= 133)						0,058
Oui	67	18 (26,87%)	49 (73,13%)	1,00	—	
Non	66	9 (13,64%)	57 (86,36%)	2,33	[0,98 – 5,87]	
Enseignement sur les notions de médecine nucléaire pendant la formation en médecine générale (n = 310)						0,945
Oui	200	26 (13,00%)	174 (87,00%)	1,00	—	
Non	110	14 (12,73%)	96 (87,27%)	1,02	[0,52 – 2,10]	

3.2.2. Facteurs liés au statut professionnel

Les étudiants en 7e année de médecine générale et les médecins généralistes avaient 2,4 fois plus de susceptibilité d'avoir une mauvaise connaissance de la médecine nucléaire que les médecins spécialistes et ceux en spécialisation (Tableau IX).

Par contre, il n'existe pas de lien significatif entre le nombre d'années d'expérience professionnelle ou le secteur d'activité (privé ou public) avec le niveau de connaissance des médecins enquêtés sur la médecine nucléaire.

Tableau XII : Facteurs liés au statut professionnel des médecins enquêtés

		Niveau de connaissance		OR	IC 95%	p-value
		Moyen/Bon n = 40	Mauvais/Insuffisant n = 276			
Statut professionnel						**0,013**
En spécialisation /Spécialiste	155	27 (17,42%)	128 (82,58%)	1,00	—	
Etudiant/Généraliste	161	13 (8,07%)	148 (91,93%)	2,40	[1,21 – 4,99]	
Nombre d'années d'expérience professionnelle (n = 189)						0,860
> 10	33	2 (6,06%)	31 (93,94%)	1,00	—	
[5 - 10]	44	4 (9,09%)	40 (90,91%)	0,65	[0,09 – 3,53]	
< 5	112	8 (7,14%)	104 (92,86%)	0,84	[0,12 – 3,56]	
Secteur d'activité						0,565
Privé	187	22 (11,76%)	165 (88,24%)	1,00	—	
Public	129	18 (13,95%)	111 (86,05%)	0,82	[0,42 – 1,62]	

4. DISCUSSION

Notre discussion s'articulera autour de trois principaux axes :

- L'atteinte des objectifs de l'étude
- Les limites de l'étude
- La discussion des résultats

4.1. Atteinte des objectifs de l'étude

L'objectif principal de cette étude était d'évaluer les connaissances et la perception des médecins exerçant au Bénin en 2024 concernant la médecine nucléaire. Nos résultats ont permis d'obtenir une vue d'ensemble sur leur niveau de connaissances des composantes et techniques de cette spécialité, ses indications cliniques, ainsi que les distinctions perçues entre la médecine nucléaire et d'autres spécialités utilisant les rayonnements ionisants. Par ailleurs, nous avons pu cerner la perception des médecins exerçant au Bénin sur l'importance de la médecine nucléaire dans le paysage médical, ainsi que les défis associés, notamment l'accessibilité à cette spécialité et les exigences en matière de radioprotection. Enfin, cette étude a permis d'identifier les facteurs associés au niveau de connaissance de cette spécialité dans le rang des médecins exerçant au Bénin durant notre période d'étude. En considérant ces éléments, nous estimons que l'objectif de l'étude a été atteint.

4.2. Qualité et validité de l'étude

4.2.1. Type d'étude et méthode d'échantillonnage

Nous avons mené une étude transversale descriptive et analytique en utilisant un questionnaire électronique auto-administré. La période de collecte a été suffisamment longue pour permettre un échantillonnage de taille adéquate, assurant ainsi la validité statistique des résultats obtenus.

4.2.2. Technique et outils de collecte

La collecte de données a été effectuée au moyen d'un questionnaire numérique diffusé dans une dizaine de forums de médecins et directement partagé avec des médecins dans leurs lieux d'exercice, principalement à Cotonou et Parakou. Cette méthode a été choisie pour ses avantages logistiques et pour sa compatibilité avec le profil des répondants, jeunes et familiarisés avec les outils numériques.

Avant le lancement de l'enquête, le questionnaire a été prétesté pour garantir sa cohérence et minimiser les erreurs de mesure potentielles. Une échelle bien définie a permis de mesurer de manière uniforme le niveau de connaissance des médecins interrogés. Le choix d'un questionnaire auto-administré visait à réduire les biais de désirabilité sociale, en permettant aux participants de répondre librement et sans pression.

Il convient cependant de noter que la méthode d'échantillonnage utilisée est non probabiliste. De ce fait, les résultats ne sont pas strictement généralisables à l'ensemble des médecins exerçant au Bénin, bien qu'ils offrent une estimation réaliste du niveau de connaissance de la médecine nucléaire au sein de cette population.

Par ailleurs, la technique de collecte à travers des questionnaires en ligne sur l'évaluation des connaissances et de la perception sur la médecine nucléaire a été utilisée par Adambounou et al dans diverses études [4,5].

4.2.3. Biais

Malgré les précautions méthodologiques, certains biais pourraient influencer les résultats de cette étude :

- biais d'échantillonnage : la diffusion du questionnaire en ligne a permis de cibler les médecins ayant un accès internet et une certaine maîtrise des outils numériques, ce qui pourrait exclure les médecins travaillant en zones rurales ou ayant un accès limité à la technologie.

- biais de sélection : les médecins ayant un intérêt pour la médecine nucléaire pourraient avoir été plus enclins à répondre au questionnaire que ceux qui sont moins sensibilisés à cette discipline, pouvant ainsi entraîner une surestimation de leur niveau de connaissance et d'appréciation.
- biais de désirabilité sociale : certains répondants ont pu être tentés de se montrer plus informés ou favorables à la médecine nucléaire que leur niveau réel, influencés par une volonté de donner des réponses perçues comme valorisantes.
- biais de réponse : la longueur du questionnaire pourrait avoir conduit certains participants à répondre rapidement ou de manière moins réfléchie, surtout en considérant la disponibilité limitée des médecins occupés à prendre en charge les malades.
- biais de non-réponse : les questions plus techniques ou complexes pourraient avoir incité certains médecins à ne pas répondre, influençant la représentativité de nos résultats.

4.3. Discussion des résultats

Peu d'études similaires existent sur la connaissance et la perception de la médecine nucléaire, ce qui limite les possibilités de comparaison directe. Nous tenterons néanmoins de situer nos résultats par rapport aux travaux précédents.

4.3.1. Caractéristiques générales des médecins enquêtés

Notre échantillon, constitué de 316 médecins ayant participé à l'étude, est plus important que celui de l'étude d'Adambounou, publiée en 2015 sur les connaissances et la perception de la médecine nucléaire par les médecins togolais, où la taille était de 197 participants. Cela est en partie justifié par une période de collecte des données plus longue (8 mois contre 2 mois), ainsi que par l'augmentation du nombre de médecins entre 2015 et 2024. En outre, de 2015 à

ce jour, l'usage accru du numérique a facilité la diffusion des questionnaires, permettant ainsi de toucher un plus grand nombre de répondants [4].

L'âge moyen de notre échantillon était de 29,81 ans, témoignant d'une population jeune, ce qui peut s'expliquer par le mode de diffusion numérique utilisé ; en effet, les jeunes médecins sont généralement plus familiers avec les outils numériques.

Au plan professionnel, la moitié des médecins étaient en spécialisation ou déjà spécialistes. Cela s'explique par l'ouverture de Diplômes d'Études Spécialisées dans presque toutes les spécialités dans notre pays, facilitant l'entrée en spécialisation dès l'obtention du diplôme de doctorat en médecine. Par ailleurs, un nombre croissant de médecins optent pour la spécialisation plutôt que la médecine générale, comme en témoigne une enquête menée en 2009 par Lefèvre auprès de futurs médecins en France [69].

De plus, un peu plus de la moitié (59 %) exerçaient dans le secteur privé et avaient moins de 5 ans d'expérience professionnelle. Le nombre médian d'années d'expérience était de 4,52 ans, avec un intervalle interquartile de 1,54 à 8,23 ans. Ce constat est similaire à celui rapporté par Adambounou et al. en 2020, dans une étude sur les connaissances et la perception de la médecine nucléaire par les radiologues en Afrique subsaharienne, où 60,6 % de l'échantillon avait moins de 5 ans d'expérience professionnelle [5]. La faible proportion de médecins exerçant dans le secteur public reflète la pénurie de médecins dans ce secteur ainsi que le grand nombre d'établissements de santé privés au Bénin. Dans une étude d'Adambounou sur un sujet similaire, près de la moitié des participants travaillaient à la fois dans le secteur privé et public, leur permettant d'avoir un revenu plus conséquent [4].

La quasi-totalité des médecins interrogés (93,99 %) avaient été formés au Bénin, dont 73,73 % à la Faculté des Sciences de la Santé (FSS) et 20,26 % à la Faculté de Médecine de Parakou. Ce résultat reflète l'importance des écoles de formation en médecine générale dans notre pays et correspond aux résultats trouvés par

Adambounou et al. en 2013, où 91,04 % des médecins enquêtés au Togo avaient été formés localement [4].

Par ailleurs, seulement 22,15 % de notre échantillon avaient effectué un stage à l'étranger, un taux faible mais supérieur à celui trouvé par Adambounou et al., où seulement 11,7 % des médecins togolais avaient fait un stage à l'étranger [4]. Ce constat soulève la question du manque de bourses de formation et de recyclage à l'étranger en médecine nucléaire. En effet, les stages dans des services disposant de plateaux techniques avancés permettent aux médecins d'améliorer leurs compétences et de contribuer à la modernisation des pratiques diagnostiques et thérapeutiques dans leur pays.

Enfin, 12,34 % des médecins interrogés ignoraient l'existence d'un service de médecine nucléaire dans leur pays de formation, et 49,68 % pensaient qu'il n'existait pas de service de médecine nucléaire dans leur pays de formation en médecine générale. Cette méconnaissance pourrait s'expliquer par le manque d'information des médecins formés au Bénin concernant les activités de radioimmunodosage disponibles dans le pays en tant que pratiques de la médecine nucléaire. En effet, les stages dans les unités de radioimmunodosage ne sont pas intégrés dans le cursus des médecins formés au Bénin.

4.3.2. Connaissances des médecins enquêtés sur la médecine nucléaire

4.3.2.1. Connaissance de la définition de la médecine nucléaire

Concernant la définition de la médecine nucléaire, un peu plus des trois quarts des médecins interrogés savaient qu'elle utilise des rayonnements ionisants. Les deux tiers comprenaient qu'il s'agit d'une spécialité ayant à la fois des visées diagnostiques et thérapeutiques. Sept médecins sur dix savaient également que la médecine nucléaire permet d'observer des fonctions de l'organisme, tandis que la radiologie (notamment le scanner X) fournit des informations sur sa structure. Ces résultats sont relativement satisfaisants et reflètent les notions générales acquises

par les médecins au cours de leur formation en biophysique à la Faculté des Sciences de la Santé de Cotonou et à la Faculté de Médecine de Parakou.

Ces proportions sont similaires à celles trouvées par Adambounou K. et al. en 2013, dans une étude sur les connaissances et la perception de la médecine nucléaire par les médecins togolais, où 83,8 % des participants savaient que cette discipline utilise des rayonnements ionisants [5]. En effet, la médecine nucléaire utilise des radiotraceurs émettant des photons gamma ou des positons. Ces radiotraceurs, administrés aux patients par voie intraveineuse, orale ou par inhalation, permettent de réaliser des diagnostics ou des traitements. Les photons gamma et positons produits par ces radiotraceurs ont la capacité d'arracher un ou plusieurs électrons à la matière biologique, ce qui en fait des rayonnements ionisants [7].

4.3.2.2. Connaissances des composantes techniques de la médecine nucléaire

Moins de 10 % des médecins connaissaient les principales techniques de la médecine nucléaire, à savoir le radioimmunodosage, la scintigraphie, la radiothérapie interne vectorisée et l'irathérapie. Ce pourcentage est inférieur à celui rapporté par Adambounou et al. en 2020 dans leur étude sur les connaissances et la perception de la médecine nucléaire par les radiologues d'Afrique subsaharienne, où 21,13 % des participants connaissaient ces techniques. Cette différence peut s'expliquer par l'absence d'un plateau technique complet de médecine nucléaire dans notre pays. En effet, l'étude d'Adambounou ciblait des radiologues ayant effectué des stages à l'étranger.

Près des trois quarts des médecins interrogés savaient que la médecine nucléaire est une imagerie fonctionnelle, alors que la radiologie est une imagerie morphologique. Ce résultat est nettement supérieur à celui trouvé par Adambounou et al. en 2015 dans leur étude sur les connaissances et la perception de la médecine nucléaire par les médecins togolais, où seulement 48,07 % avaient cette compréhension. Cette différence de proportion pourrait être due à l'année de

réalisation des études. En effet, l'intérêt pour la médecine nucléaire a augmenté, notamment avec l'installation du service de radioimmunodosage. De plus, la collecte numérique des réponses dans notre étude permettait aux médecins de prendre le temps de rechercher des informations en ligne pour répondre plus précisément aux questions, ce qui constitue l'un des principaux biais de notre étude.

La plupart des médecins enquêtés reconnaissaient la scintigraphie (87,03 %), la TEP (78,16 %) et la TEP-TDM (73,10 %) comme des examens d'imagerie relevant de la médecine nucléaire. Cette connaissance des examens d'imagerie en médecine nucléaire a également été observée par Adambounou et al. en 2020 dans leur étude auprès des radiologues en Afrique subsaharienne.

En ce qui concerne le radioimmunodosage, parmi les 316 médecins interrogés, respectivement 82,28 % et 65,82 % savaient que les marqueurs tumoraux et les hormones thyroïdiennes pouvaient être dosés grâce aux techniques de la médecine nucléaire ; moins de la moitié savaient également que le radioimmunodosage permet de doser les hormones de fertilité. Cette connaissance peut s'expliquer par l'existence, depuis 2009, d'un service de radioimmunodosage au Bénin [24]. Le radioimmunodosage utilise en laboratoire (in vitro) des isotopes radioactifs pour détecter et quantifier des paramètres biologiques d'intérêt, dont principalement les marqueurs tumoraux, les hormones thyroïdiennes et les hormones de fertilité [1].

4.3.2.3. Connaissance des indications de la médecine nucléaire

- **En rhumatologie et traumatologie orthopédie**

La maladie de Paget osseuse (39,24 %), la polyarthrite rhumatoïde (37,66 %) et les arthropathies inflammatoires (34,49 %) représentent les principales indications de la médecine nucléaire en rhumatologie. La TEP au 18FDG est devenue, ces dernières années, un outil diagnostique essentiel pour la détection précoce et le suivi des maladies systémiques [50].

La scintigraphie osseuse fournit des informations cruciales pour le diagnostic et la prise en charge des tumeurs osseuses. Sa performance diagnostique est renforcée par l'intégration d'images TDM osseuses haute résolution, grâce à l'utilisation de gamma-caméras couplées à des dispositifs permettant des acquisitions de TEMP-TDM. Par ailleurs, les résultats de notre étude dépassent ceux rapportés par Adambounou et al. en 2020, qui indiquaient des taux de 23,53 % et 17,65 % pour les tumeurs osseuses. Cette différence peut s'expliquer par notre échantillon, qui inclut des médecins généralistes et spécialistes, potentiellement mieux informés sur les indications de la médecine nucléaire en rhumatologie que les radiologues, qui pourraient avoir une connaissance moins approfondie dans ce domaine.

En traumatologie orthopédique, l'ossification para-articulaire est l'indication la plus fréquemment citée (45,89 %). La scintigraphie osseuse reste l'examen de référence pour détecter les anomalies osseuses et les métastases, des informations cruciales pour la stadification et la gestion des tumeurs osseuses. En plus d'identifier l'ossification para-articulaire, la scintigraphie articulaire permet également d'évaluer la stabilité des prothèses articulaires [51,52].

- **En hépato gastro entérologie**

En hépato-gastroentérologie, l'indication la plus fréquemment citée est l'évaluation de la fonction hépatique (40,51 %). La scintigraphie hépatique permet d'analyser la fonction du foie en mesurant la capacité de cet organe à éliminer un traceur radioactif. Cet examen contribue au diagnostic de pathologies hépatiques comme la cirrhose, l'hépatite, ou les métastases hépatiques. Le triméthyl-homo-imino-diacétique marqué au technétium 99, capté par le foie et éliminé par les voies biliaires sans subir de transformation biochimique, permet, après analyse de l'invasion vasculaire, d'estimer le volume fonctionnel hépatique (par captation) et la fonction de vidange vésiculaire [54,55]. De plus, une scintigraphie de la

vésicule biliaire et une gastro-scintigraphie peuvent être réalisées pour évaluer respectivement la fonction biliaire et la vidange gastrique.

- **En cardiologie**

En cardiologie, les principales indications de la médecine nucléaire sont l'infarctus du myocarde et la cardiomyopathie dilatée, cités respectivement par 35,44 % et 32,59 % des participants. Ces chiffres sont légèrement supérieurs à ceux observés par Adambounou et al. en 2020 dans une étude menée auprès de radiologues d'Afrique de l'Ouest. Depuis environ 30 ans, la cardiologie nucléaire occupe une place importante dans la pratique cardiologique des pays développés [3]. Aux États-Unis, en 2006, les examens scintigraphiques cardiaques représentaient environ 55,4 % de tous les actes de médecine nucléaire, et en France, environ 24,4 % en 2007 [72, 73]. Cependant, cette discipline reste peu développée dans les pays francophones d'Afrique. Par exemple, au Burkina Faso, une étude de Tapsoba et al. (2012) a montré que les examens de cardiologie nucléaire représentaient 22,2 % des actes dans les six premiers mois de fonctionnement du service de médecine nucléaire du CHU Yalgado Ouédraogo, après les scintigraphies osseuses (38,9 %) et thyroïdiennes (29,2 %) [23]. Au Niger, d'après Tahirou et al. [74], 37 scintigraphies myocardiques, soit 13,9 % des examens de médecine nucléaire, ont été effectuées entre le 1er janvier 2010 et le 31 mars 2011.

- **En neurologie**

Les tumeurs cérébrales représentent l'indication la plus connue par les médecins interrogés en neurologie, avec un taux de 61,71 %. En complément des techniques d'imagerie morphologique (IRM, TDM), la médecine nucléaire fournit des informations fonctionnelles et moléculaires précieuses sur le cerveau [39]. La TEP au fluorodésoxyglucose (FDG) permet d'évaluer le métabolisme cérébral et contribue au diagnostic et à la caractérisation de plusieurs pathologies

neurologiques, telles que les tumeurs cérébrales, l'épilepsie et la maladie d'Alzheimer [42].

La captation de FDG aide à déterminer le pronostic tumoral, les lésions hypermétaboliques étant généralement associées à un pronostic moins favorable. La TEP au FDG est également précieuse pour le suivi des patients [42, 43]. En cas de tumeurs métastatiques, la scintigraphie est essentielle pour évaluer l'extension, souvent avec une précision supérieure à celle de l'IRM ou de la radiographie.

De plus, la TEP permet d'étudier la neurotransmission en mesurant les niveaux de neurotransmetteurs dans le cerveau, une capacité utile pour mieux comprendre certains troubles psychiatriques [45].

- **En endocrinologie**

Les nodules thyroïdiens constituent l'indication la plus souvent citée dans notre étude, avec un taux de 68,99 %, une proportion supérieure à celle observée chez les radiologues dans l'étude d'Adambounou et al. en 2020, qui était de 48,98 %. En endocrinologie, la médecine nucléaire joue un rôle clé dans le diagnostic, la localisation et le traitement de nombreux troubles hormonaux et glandulaires. La médecine nucléaire est largement utilisée pour le diagnostic et le traitement des dysthyroïdies, le cancer de la thyroïde, les hyperparathyroïdies, les tumeurs surrénaliennes [25-28]. Elle est également utilisée dans le traitement des cancers différenciés de la thyroïde en complément à la chirurgie. Ces nombreuses indications témoignent de l'étendue des applications de la médecine nucléaire en endocrinologie et son importance dans le suivi des pathologies hormonales et glandulaires.

- **En pédiatrie**

Dans notre étude, le neuroblastome est l'indication la plus fréquemment mentionnée par les médecins, avec une proportion de 58,54 %. En revanche, l'étude menée par Adambounou et al. en 2020 auprès des radiologues a révélé que l'ostéomyélite (24,08 %) et les tumeurs osseuses (18,92 %) étaient les indications prioritaires. Par ailleurs, la scintigraphie est précieuse pour le dépistage précoce de la nécrose osseuse liée à la drépanocytose, souvent à un stade infraclinique et avant l'apparition de signes radiologiques, ce qui contribue à améliorer le pronostic des patients [46].

La scintigraphie rénale, quant à elle, est couramment utilisée pour explorer les pathologies du système urinaire, tant en urologie (uropathies obstructives et reflux) qu'en néphrologie (pyélonéphrite, hypertension, suivi post-transplantation rénale, etc.) [47].

La scintigraphie osseuse en trois phases avec l'hydroxy-diphosphonate marqué au technétium-99 (HDP-Tc99m) permet un diagnostic rapide et précis de l'ostéomyélite, dès les 24 premières heures suivant les symptômes. Le signe scintigraphique typique de l'ostéomyélite comprend une hyperhémie marquée de l'os et des tissus adjacents en phase initiale. Dans la majorité des cas, ces observations scintigraphiques suffisent pour diagnostiquer une ostéomyélite aiguë et orienter rapidement le traitement [48, 49].

- **En urologie et néphrologie**

Les principales indications mentionnées sont la lithiase rénale et l'insuffisance rénale chronique, avec des fréquences respectives de 41,33 % et 31,35 %. En effet, le néphrogramme isotopique, une scintigraphie dynamique, permet de suivre l'élimination rénale et le transit urinaire d'un radiotraceur qui est éliminé par filtration glomérulaire et/ou sécrétion tubulaire. Cette technique permet de mesurer les temps de passage du radiotraceur dans trois compartiments anatomiques : les vaisseaux, le parenchyme rénal et les voies urinaires.

Actuellement, deux radiotraceurs sont utilisés pour les explorations dynamiques rénales : le DTPA (acide diéthylène-triamino-penta-acétique), marqué au 99mTc et filtré exclusivement par les glomérules, et le MAG3 (mercapto-acétyl-triglycine), également marqué au 99mTc et le plus couramment employé en routine clinique [59].

- **Niveau de connaissance globale**

En ce qui concerne la connaissance des indications de la médecine nucléaire elle est globalement insuffisante

Ainsi, l'évaluation globale de la connaissance de la médecine nucléaire par les médecins enquêtés montre que moins de 15% possède une connaissance globale satisfaisante de la médecine nucléaire. Cela pourrait s'expliquer par le plateau technique très limité de cette spécialité au Bénin. En effet, les prestations de médecine nucléaire au Bénin se limitent au radioimmunodosage. Cela fait que lors de leur cursus universitaire, les étudiants n'ont presque jamais prescrit des examens de médecine nucléaire, donc de ce fait n'en connaissent pas les indications cliniques. En effet, selon la présente étude, plus de 80% des enquêtés n'avaient jamais prescrit ni vu le compte rendu d'un examen de médecine nucléaire. Cette analyse est d'autant plus vérifiée car selon la présente étude, la non réalisation d'un stage à l'extérieur est associé à une mauvaise connaissance de la médecine nucléaire (OR =3,11[1,54 – 6,21]). Nos résultats sont similaires à ceux d'Adambounou et al, qui mentionnent que les médecins ayant effectué un stage à l'extérieur avaient une meilleure connaissance de la spécialité. Dans notre étude, la France représente le principal pays de stage pour 70% des médecins ayant effectué un stage à l'extérieur. Il est reconnu que ce pays dispose d'un plateau technique de pointe pour toutes les spécialités y compris la médecine nucléaire ; ce qui pourrait expliquer que les médecins y ayant réalisé un stage connaissent mieux la médecine nucléaire.

Par ailleurs, les étudiants en 7ème année de médecine générale et les médecins généralistes avaient 2,4 fois plus de susceptibilité d'avoir une mauvaise connaissance de la médecine nucléaire que les médecins spécialistes et ceux en spécialisation ($p < 0,05\%$). Plusieurs raisons sont susceptibles de l'expliquer. La plupart des spécialités requiert un stage à l'étranger pour leur complétude. Les médecins spécialistes ou en spécialité auront probablement été exposés à la médecine nucléaire lors de leur stage de formation à l'extérieur. D'autre part les médecins généralistes ou en 7ème année ont des connaissances médicales assez basiques adaptées au plateau technique de leur lieu d'exercice.

4.4. Perception des médecins enquêtés sur la médecine nucléaire

Une grande majorité des médecins enquêtés (67,09%) dans notre étude trouvait la médecine nucléaire indispensable à la bonne prise en charge des patients. L'installation d'un tel service permettrait d'améliorer la prise en charge diagnostique et thérapeutique de certaines affections avec une répercussion positive sur l'économie du pays par la réduction des évacuations sanitaires. En effet, selon Amoussou-Guenou et al., l'indication de scintigraphie et radiothérapie concernait 29,8 % de l'ensemble des cas d'évacuation sanitaire effectués sur le budget de l'état de 2006 à 2010 [4].

Malgré cette importance reconnue de la médecine nucléaire par bon nombre de médecins, son accessibilité financière pourrait être un coût à son utilisation. En effet, plus de la moitié des médecins enquêtés pensent que le coût des examens d'imagerie de la médecine nucléaire pourrait être un frein à leur prescription. Cet aspect soulève une réalité qui n'est pas uniquement lié à la médecine nucléaire mais à l'accessibilité aux services sanitaire de choix sous nos contrées, d'un côté du fait du cout de ces services sanitaires et de l'autre côté de l'indisponibilité de certaines unités de soins. Depuis quelles années, le gouvernement béninois s'est engagé dans la création d'un centre hospitalier international, intégrant un service

de médecine nucléaire avec des unités de scintigraphie conventionnelle et de tomographie par émission de positons[70]

Environ 20% des médecins enquêtés pensait que l'installation d'un service de médecine nucléaire au sein d'un hôpital présente plus de risques d'exposition que celle d'un service de radiologie. Cette proportion est de loin moindre à celle trouvée par Adambounou K. et al en 2013 chez qui plus de la moitié avaient cette conception erronée. Selon l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), les doses efficaces associées aux examens de médecine nucléaire courants, comme la scintigraphie, sont inférieures à celles des examens de tomodensitométrie (TDM). Par exemple, une scintigraphie peut délivrer une dose efficace de l'ordre de 1 à 10 mSv, alors que la TDM abdominale peut atteindre 8 à 15 mSv ou plus, en fonction des protocoles appliqués [71].

Par ailleurs, d'après notre étude, près de 90% des médecins auraient souhaité que la médecine nucléaire soit enseignée en faculté de médecine. La prise en compte de ce besoin améliorera sans doute les connaissances de cette discipline par les médecins exerçant au Bénin.

CONCLUSION

En 2024, nous avons évalué les connaissances et apprécié la perception de la médecine nucléaire chez les médecins généralistes et spécialistes exerçant au Bénin, dans les secteurs public et privé. Cette étude révèle qu'en général, les médecins béninois ont un niveau de connaissance insuffisant en médecine nucléaire, ce qui est compréhensible étant donné la quasi-absence de cette spécialité dans le pays. La majorité de ces praticiens estiment qu'il est crucial d'implanter un service de médecine nucléaire au Bénin et souhaitent que l'enseignement de cette discipline soit davantage intégré dans le cursus médical de base.

Toutefois, une infime minorité de médecins possède un niveau de connaissance moyen à bon en médecine nucléaire. Les principaux facteurs associés à cette maîtrise sont les stages effectués à l'étranger, notamment dans des pays dotés d'un service de médecine nucléaire, ainsi que le statut de médecin spécialiste. L'installation d'un service de médecine nucléaire au Bénin, l'inclusion de cette spécialité dans la formation des étudiants en médecine et la formation continue des médecins sur les techniques cette spécialité contribueraient à renforcer les connaissances des médecins en activité et à améliorer la qualité des diagnostics et des traitements disponibles pour les patients.

SUGGESTIONS

Au regard des résultats issus de cette étude portant sur l'évaluation des connaissances et de la perception de la médecine nucléaire par les médecins exerçant au Bénin, nous suggérons à l'endroit :

- **Du gouvernement**
  - Rendre fonctionnel le service de médecine nucléaire comme annoncé dans les perspectives de création du CHIC afin d'offrir des diagnostics et traitements spécialisés, ce qui éviterait aux patients de devoir se déplacer à l'étranger pour des soins dans cette spécialité et réduirait significativement le taux d'évacuation sanitaire.
  - Encourager la formation de spécialistes en médecine nucléaire

- **Des autorités administratives des facultés de médecine du Bénin**
  - Intégrer la médecine nucléaire dans les Unités d'Enseignement de pathologie en médecine générale.
  - Envisager la création d'une formation de DES en médecine nucléaire.

- **Des médecins exerçant au Bénin**
  - Participer à des formations continues ou des séminaires sur la médecine nucléaire.
  - Utiliser des plateformes en ligne pour se former aux bases de la médecine nucléaire, notamment pour les médecins ne pouvant pas effectuer de stages à l'étranger.

RÉFÉRENCES

1. Société française de médecine nucléaire (SFMN). Le Livre blanc de la médecine nucléaire. *Méd Nucl* 2012;36 :700-16.

2. Dubois P. Historique de l'imagerie en médecine nucléaire. *IRBM*. 2009;30(2):40-6.

3. Amoussou-Guenou KM, Fachinan OH, Gbénou S, Komongui DG, Houndétoungan GD. Place de la scintigraphie et de la radiothérapie dans les évacuations sanitaires hors du Bénin de 2006 à 2010. *Méd Nucl.* 2013;37(10-11):507-10.

4. Adambounou K, Adjenou KV, Achy OB, Mossi KE, Gbande P, Adigo AM et al. Connaissances et perception de la médecine nucléaire par les médecins togolais. *Méd Nucl.* 2015;39 :15-20.

5. Adambounou K, Ahonyi KA, Houndetoungan GD, Ouedraogo PA, Ntimon B, Sodogas F et al. Knowledge and perception of nuclear medicine by radiologists in French-speaking sub-Saharan Africa. *Asia Ocean J Nucl Med Biol*. 2022; 10(1): 68-77.

6. Dillenseger JP, Moerschel E, Zorn C, Schmit V. Guide des technologies de l'imagerie médicale et de la radiothérapie. 3e éd. Paris : Elsevier Masson; 2024. 520 p.

7. Zimmermann R. Médecine nucléaire: la radioactivité au service du diagnostic et de la thérapie. Les Ulis: EDP Sciences; 2006.192p

8. Aurengo A, Petitclerc T. Biophysique. 3e éd. Paris: Lavoisier, Médecine-Sciences; 2013. 506 p.

9. American College of Radiology. ACR–SNM–SPR Practice Guideline for the Performance of Cardiac Scintigraphy [Internet]. 2009 [cité le 9 juillet 2014]. Disponible sur: http://snmmi.files.cmsplus.com/docs/Cardiac_Scintigraphy_1382731812393_3.pdf

10. Strauss HD, Miller DD, Wittry MD, Cerqueira MD, Garcia EV, Iskandrian AS, et al. Procedure guideline for myocardial perfusion imaging. *J Nucl Med Technol*. 2008;36(3):155-61.

11. Dorbala S, Di Carli MF, Delbeke D, Abbara S, DePuey EG, Dilsizian V, et al. SNMMI/ASNC/SCCT guideline for cardiac SPECT/CT and PET/CT 1.0. J Nucl Med. 2013;54(8):1485-507.

12. Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging. ACR-SNMMI-SPR Practice Guideline for the Performance of Cardiac Scintigraphy. Disponible sur: http://snmmi.files.cmsplus.com/docs/Cardiac_Scintigraphy_1382731812393_3.pdf, consulté le 15 octobre 2023.

13. Nezzar A. Place de la scintigraphie myocardique dans la prise en charge de la maladie coronarienne. *Batna J Med Sci* 2015 ;2(2):190-5.

14. Arrighi JA, Dilsizian V. Multimodality imaging for assessment of myocardial. *J Nucl Cardiol*. 2012;14(2):234-43.

15. Viability: nuclear, echocardiography, MRI, and CT. *Curr Cardiol Rep*. 2012;14(2):234-43.

16. Sugiyama M, Sakahara H, Igarashi T, Takahashi M. Scintigraphic evaluation of small pulmonary right-to-left shunt and therapeutic effect in pulmonary arteriovenous malformation. *Clin Nucl Med*. 2001;26(9):757-60.

17. Uslu L, Doing J, Link M, Rosenberg J, Quon A. Value of ^{18}F-FDG PET and PET/CT for evaluation of pediatric malignancies. *J Nucl Med*. 2015;56(2):274-286.

18. Turkington TG, Coleman RE. Clinical oncologic positron emission tomography: an introduction. *Semin Roentgenol*. 2002;37(2):102-109.

19. Adejolu M, Huo L, Rohren E, Santiago L, Yang WT. False-positive lesions mimicking breast cancer on FDG PET and PET/CT. *Am J Roentgenol*. 2012;198(3) : 304 -14.

20. Metser U, Miller E, Lerman H, Even-Sapir E. Benign nonphysiologic lesions with increased ^{18}F-FDG uptake on PET/CT: characterization and incidence. *Am J Roentgenol*. 2007;189(5):1203-10.

21. Rosen EL, Turkington TG, Soo MS, Baker JA, Coleman RE. Detection of primary breast carcinoma with a dedicated, large-field-of-view FDG PET mammography device: initial experience. *Radiology*. 2005;234(2):527-34.

22. Avril N, Rosé CA, Schelling M, Dose J, Kuhn W, Bense S et al. Breast imaging with positron emission tomography and fluorine-18 fluorodeoxyglucose: use and limitations. *J Clin Oncol*. 2000;18(20):3495-502.

23. Tapsoba TL, Sanon H, Ouattara TF, Ouédraogo SJ, Gansoré KV. Bilan des six premiers mois de fonctionnement du service de médecine nucléaire du centre hospitalier universitaire Yalgado Ouédraogo. *Méd Nucl.* 2012;36(10):514-7.

24. Soglo RT, Amoussou-Guenou KM, Sosu E, Darko EO, Amuasi JH. Évaluation de l'exposition des travailleurs du service de radioimmunoanalyse du Bénin aux rayonnements ionisants de l'iode 125. *Méd Nucl*. 2013;37(10-11):503-6.

25. Hurwitz R. F-18 FDG positron emission tomographic imaging in a case of ruptured breast implant: inflammation or recurrent tumor? *Clin Nucl Med*. 2003;28(9):755-6.

26. Hoang JK, Sosa JA, Nguyen XV, Galvin PL, Oldan JD. The role of radionuclide imaging in the surgical management of primary hyperparathyroidism. *J Nucl Med*. 2015;56(5):737-44.

27. Hoang JK, Sosa JA, Nguyen XV, Galvin PL, Oldan JD. Imaging thyroid disease: updates, imaging approach, and management pearls. *Radiol Clin North Am.* 2015;53(1):145-61.

28. Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging. ACR–SNM–SPR Practice Guideline for the Performance of Thyroid Scintigraphy and Uptake Measurements. Disponible sur: http://snmmi.files.cmsplus.com/docs/Thyroid_Scintigraphy_1382732120053_10.pdf , consulté le 30 juin 2024.

29. American Thyroid Association (ATA). Revised American Thyroid Association management guidelines for patients with thyroid nodules and differentiated thyroid cancer. *Thyroid*. 2009;19(11):1167-14.

30. Clark P, Wooldridge T, Kleinpeter K, Perrier N, Lovato J, Morton K. Providing optimal preoperative localization for recurrent parathyroid carcinoma: a combined parathyroid scintigraphy and computed tomography approach. *Clin Nucl Med*. 2004;29(11):681-4.

31. Schenk WG, Hanks JB, Smith PW. Surgeon-performed ultrasound for primary hyperparathyroidism. *Am Surg*. 2013;79(7):681-5.

32. Kim NH, Delcroix M, Jenkins DP, Channick R , Dartevelle P , Jansa P, et al. Chronic thromboembolic pulmonary hypertension. J Am Coll Cardiol. 2013;62(25 Suppl) :92-9.

33. Glaser JE, Chamarthy M, Haramati LB, Esses D, Freeman LM. Successful and safe implementation of a trinary interpretation and reporting strategy for V/Q lung scintigraphy. *J Nucl Med*. 2011;52(10):1508-12.

34. Sathekge M, Maes A, D'Asseler Y, Vorster M, Van de Wiele C. Nuclear medicine imaging in tuberculosis using commercially available radiopharmaceuticals. *Nucl Med* . 2012;33(6):581-90.

35. Pupaibool J, Limper AH. Other HIV-associated pneumonias. *Clin Chest Med*. 2013;34(2):243-54.

36. Seabold J E , Palestro CJ, Brown ML, Datz FL, Forstrom LA, Greenspan BS, et al. Procedure Guideline for Gallium Scintigraphy in Inflammation. *Méd Nucl* 1997 ;38(6):994-7.

37. Society of Nuclear Medicine. Procedure Guideline for Gallium Scintigraphy in Inflammation. Disponible sur: http://snmmi.files.cmsplus.com/docs/Gallium_Scintigraphy_in_Inflammation_v3.pdf , consulté le 04 septembre 2024.

38. Criado E, Sánchez M, Ramírez J, Arguis P, de Caralt TM, Perea RJ et al. Pulmonary sarcoidosis: typical and atypical manifestations at high-resolution CT with pathologic correlation. *Radiographics*. 2010;30(6):1567-86.

39. Nasrallah IM, Wolk DA. Multimodality imaging of Alzheimer disease and other neurodegenerative dementias. *J Nucl Med*. 2014;55(12):2003-11.

40. Shivamurthy VKN, Tahari AK, Marcus C, Subramaniam RM. Brain FDG PET and the diagnosis of dementia. *Am J Roentgenol*. 2015;204(1) : 76-85.

41. Estrada K. Notes on Nuclear Medicine Imaging. 2008 ; 528p

42. Frisoni GB, Fox NC, Jack CR, Scheltens P, Thompson PM. The clinical use of structural MRI in Alzheimer disease. *Nat Rev Neurol*. 2010;6(2):67-77.

43. Vitali P, Maccagnano E, Caverzasi E, Henry RG, Haman A, Torres-Chae C et al. Diffusion-weighted MRI hyperintensity patterns differentiate CJD from other rapid dementias. *Neurology*. 2011;76(20):1711-19.

44. Thies W. Alzheimer's disease facts and figures. Alzheimers Dement. 2013;9(2):208-45.

45. Broski S , Hunt CH, Johnson GB, Morreale RF, Lowe VJ, Peller PJ et al. Structural and functional imaging in parkinsonian syndromes. *Radiographics.* 2014;34(5):1273-92.

46. Brooks DJ. Imaging approaches to Parkinson disease. *J Nucl Med.* 2010;51(4):596-609.

47. Gelfand MJ, Parisi MT, Treves ST. Pediatric radiopharmaceutical administered doses. *Méd Nucl*. 2011;53(2):318-319.

48. Gelfand MJ, Parisi MT, Treves ST. Pediatric radiopharmaceutical administered doses: 2010 North American consensus guidelines. *J Nucl Med*. 2011;52(2):318-22.

49. Miyata H, Hori T, Vinters HV. Surgical pathology of epilepsy-associated non-neoplastic cerebral lesions: a brief introduction with special reference to hippocampal sclerosis and focal cortical dysplasia. *Neuropathology*. 2013;33(4):442-8.

50. La Fougère C, Rominger A, Förster S, Geisler J, Bartenstein P. PET and SPECT in epilepsy: a critical review. *Epilepsy Behav.* 2009;15(1):50-5.

51. Drubach LA, Kourmouzi V, Cao X, Zurakowski D, Fahey FH. Gastric emptying in children: what is the best acquisition method? *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2012;55(2):191-3.

52. Bryant LR, Song WS, Banks KP, Bui-Mansfield LT, Bradley YC. Comparison of planar scintigraphy alone and with SPECT for the initial evaluation of femoral neck stress fracture. *Am J Roentgenol.* 2008;191(4):1010-5.

53. Shehab D, Elgazzar AH, Collier BD. Heterotopic ossification. *J Nucl Med*. 2002;43(3):346-53.

54. Fuchs M, Briel M, Daikeler T, Walker UA, Rasch H, Berg S et al. Heterotopic ossification in orthopaedic trauma. *J Orthop Trauma.* 2012;26(12):684-8.

55. ACR-SNMMI-SPR Practice. Guideline for the Performance of Gastrointestinal Scintigraphy. Disponible sur: http://snmmi.files.cms-plus.com/docs/GI_Scintigraphy_1382731852503_4.pdf , consulté le 04 avril 2024.

56. Fuchs M, Briel M, Daikeler T, Walker UA, Rasch H, Berg S et Al. The impact of 18F-FDG PET on the management of patients with suspected large vessel vasculitis. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2012;39(2):344-53.

57. Charito L, Palestro CJ. Radionuclide imaging of inflammation and infection in the acute care setting. *Semin Nucl Med.* 2013;43(2):102-13.

58. Cooper CJ, Said S, Bizet J, Alkahateeb H, Sarosiek I, McCallum RW, et al. Rapid or normal gastric emptying as new supportive criteria for diagnosing cyclic vomiting syndrome in adults. *Med Sci Monit.* 2014;20:1491-4.

59. Taylor AT. Radionuclides in nephrourology, part 1: radiopharmaceuticals, quality control, and quantitative indices. *J Nucl Med.* 2014;55(4):608-15.

60. Itoh K. ^{99m}Tc-MAG3: review of pharmacokinetics, clinical application to renal diseases and quantification of renal function. *Ann Nucl Med.* 2001;15(3):179-90.

61. American College of Radiology. ACR-SPR Practice Parameter for the Performance of Renal Scintigraphy; Disponible sur l'url : https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Practice-Parameters/RenalScint.pdf , consulté le 15 octobre 2024.

62. Ciappuccini R, Nascimento C, Edet-Sanson A, Bardet S. Médecine nucléaire et cancers de la thyroïde en 2024 : iode 131, TEP et nouvelles approches théranostiques. *Bulletin du Cancer* 2024 ; 111(10) : 64 – 72.

63. Uliel L, Royal HD, Darcy MD, Zuckerman DA, Sharma A, Saad NE. From the angio suite to the γ-camera: vascular mapping and ^{99m}Tc-MAA hepatic perfusion imaging before liver radioembolization-comprehensive pictorial review. *J Nucl Med*. 2012;53(11):1736-47.

64. Abi-Ghanem AS, McGrath MA, Jacene HA. Radionuclide therapy for osseous metastases in prostate cancer. *Semin Nucl Med*. 2015;45(1):66-80.

65. Wikipédia. Bénin. Disponible sur l'url : https://fr.m.wikipedia.org/wiki/B%C3%A9nin ; consulté le 15 octobre 2024.

66. Ministère de la Décentralisation et de la Gouvernance Locale du Bénin. Commune de Cotonou. Disponible sur: https://decentralisation.gouv.bj/commune/48/cotonou/ , consulté le 13 août 2024.

67. Bénin Révélé Magazine. Destination Bénin : Parakou, ville cosmopolite et pôle économique du septentrion. Disponible sur: https://www.beninrevele.com/destination-benin-parakou-ville-cosmopolite-et-pole-economique-du-septentrion/ , consulté 30 juin 2024

68. Essi MJ, Njoya O. L'enquête CAP en recherche médicale. *Health Sci.* 2013;14 : 1-3.

69. Lefèvre J, Karila L, Kernéis S. Désintérêt des futurs médecins pour la médecine générale. Résultats d'une enquête nationale sur les choix de spécialisation auprès de 1870 externes français. *La Presse Médicale* 2010; 39 (3): 58-65.

70. Présidence de la république du Bénin. Programme d'Action du Gouvernement de 2021 02026. Disponible sur www.beninrevele.bj/secteur/sante/ ; consulté le 30 septembre 2024.

71. Harrison JD, Balonov M, Bochud F, Martin C, Menzel H-G, Ortiz-Lopez P, et al. Use of dose quantities in radiological protection. *London: SAGE*; 2021. *Ann ICRP* 2021 ; 50(1):9-82.

72. Mettler FA, Bhargavan M, Faulkner K, Gilley DB, Gray JE, Ibbott GS. Radiologic and nuclear medicine studies in the United States and worldwide: frequency, radiation dose, and comparison with other radiation sources-1950-2007. *Radiology.* 2009;253(2):520-31.

73. Roch P, Aubert B. Le point sur les niveaux de référence diagnostiques en médecine nucléaire en 2011. *Méd Nucl*. 2012;36(7):378-89.

74. Tahirou I, Moussa IDJ, Ada A, Djeomboro I, Moustapha A, Harouna H. Analyse des résultats préliminaires de scintigraphie myocardique réalisée à l'institut des radio-isotopes (IRI) du Niger. À propos de 37 cas. *Méd Nucl*. 2012;36(10):591-9.

ANNEXES

ANNEXE 1: QUESTIONNAIRE

Informations générales

1. Quel est votre âge ?

2. Quel est votre sexe ?

- Masculin
- Féminin

3. Quelle est votre nationalité ?

- Béninoise
- Autre (préciser) ……

4. Quelle est votre profession ?

- Etudiant en 7ème année
- Médecin généraliste
- Médecin spécialiste
- Médecin en spécialisation
- Praticien hospitalo-universitaire
- Interne des hôpitaux
- Praticien hospitalier spécialiste
- Autre (préciser) ……

5. Quel est le lieu de votre formation en médecine générale ?

- Bénin, FSS Cotonou
- Bénin, FM Parakou
- Autre

6. Quelle est l'année d'obtention de votre diplôme de doctorat en médecine générale ?

7. Quelle est votre spécialité ? ……

8. Quelle est l'année d'obtention de votre diplôme de spécialisation ?

9. Quel est le pays d'obtention de votre diplôme de spécialisation ?

11. Dans quel département du Bénin exercez-vous ?

- Atlantique
- Littoral
- Ouémé
- Plateau
- Borgou
- Alibori
- Atacora
- Donga
- Zou
- Collines
- Mono
- Couffo

12. Dans quelle ville du Bénin exercez-vous ?.....

13. Quel est votre secteur d'activité ?

- Privé
- Public

14. Avez-vous déjà fait un stage à l'étranger ?

- Oui
- Non

18. Existe-t-il un service de médecine nucléaire dans le pays où vous avez effectué vos études de médecine générale ?

- Oui
- Non
- Je ne sais pas

19. Existe-t-il un service de médecine nucléaire dans le pays où vous avez effectué vos études de spécialisation ?

- Oui
- Non
- Je ne sais pas

20. Avez-vous été enseigné sur des notions de médecine nucléaire durant votre formation en médecine générale ?

- Oui
- Non
- Je ne sais pas

Connaissances en médecine nucléaire

1. La médecine nucléaire est :
   A. Une spécialité médicale utilisant les rayonnements ionisants
   B. Une spécialité à visée exclusivement diagnostique
   C. Une spécialité d'imagerie médicale non irradiante
   D. Une spécialité à visée diagnostique et thérapeutique
   E. Je ne sais pas

2. Quelle différence faites-vous entre la médecine nucléaire et la radiologie ?
   A. Il s'agit de la même spécialité
   B. La médecine nucléaire est une sous discipline de la radiologie
   C. L'imagerie nucléaire permet d'observer une fonction de l'organisme alors que la radiologie (et notamment le scanner X) fournit des informations sur la structure.
   D. L'imagerie nucléaire permet d'observer la morphologie alors que la radiologie (et notamment le scanner X) fournit des informations sur une fonction de l'organisme
   E. Je ne sais pas

3. Quelle différence faites-vous entre la médecine nucléaire et la radiothérapie ?
   A. Il s'agit de deux spécialités différentes
   B. La médecine nucléaire est une sous spécialité de la radiothérapie
   C. La radiothérapie est une sous spécialité de la médecine nucléaire
   D. La médecine nucléaire est une spécialité exclusivement diagnostique tandis que la radiothérapie est exclusivement thérapeutique
   E. Je ne sais pas

4. Quelles sont, selon-vous, les composantes de la médecine nucléaire ?

A. Radiothérapie interne vectorisée
B. Imagerie scintigraphique
C. Radioimmunoanalyse
D. Curithérapie
E. Irathérapie
F. Je ne sais pas

5. Selon-vous, la scintigraphie est-elle une imagerie… ?

A. Anatomique
B. Métabolique
C. Fonctionnelle
D. Moléculaire
E. Je ne sais pas

6. Parmi les examens suivants lesquels relèvent de la médecine nucléaire ?

A. Scintigraphie
B. TDM (tomodensitométrie)
C. IRM (imagerie à résonnance magnétique)
D. Radiographie
E. TEP (tomographie par émission de positons)
F. Tomographie par émission de positons couplée à la tomodensitométrie (TEP/TDM ou TEP scan)
G. Je ne sais pas

7. Pensez-vous qu'un radiologue soit le plus indiqué pour interpréter un examen de scintigraphie ?

A. Oui

B. Non

C. Je ne sais pas

8. Les techniques de dosage des paramètres biologiques de médecine nucléaire peuvent concerner ……

A. Les marqueurs tumoraux

B. Les hormones thyroïdiennes

C. Les gaz du sang

D. Hormones de fertilité

E. Je ne sais pas

9. Selon vous, quels sont les types de rayonnements utilisés en scintigraphie ?

A. Rayons X

B. Rayons γ

C. Particule α

D. Particule β+

E. Rayons β–

F. Je ne sais pas

10. Selon vous quels sont les types de rayonnements utilisés en radiothérapie métabolique ?

A. Rayons X

B. Rayons γ

C. Particule α

D. Particule β+

E. Rayons β–

F. Je ne sais pas

11. Cochez les indications de la médecine nucléaire en rhumatologie

A. Arthropathie inflammatoire
B. Polyarthrite rhumatoïde
C. Maladie de Paget osseux
D. Algodystrophie
E. Sclérodermie systémique
F. Je ne sais pas

12. Cochez les indications de la médecine nucléaire en traumatologie et orthopédie

A. Ossification para-articulaire
B. Fractures ouvertes
C. Fractures de fatigue
D. Douleurs sur prothèse articulaire
E. Infection ostéo-articulaire
F. Je ne sais pas

13. Cochez les indications de la médecine nucléaire en hépato-gastro-entérologie

A. Reflux-gastro-œsophagien
B. Hématémèse de grande abondance
C. Tumeurs hépatiques
D. Evaluation de la fonction hépatique
E. Evaluation de la perméabilité des voies biliaires
F. Je ne sais pas

14. Cochez les indications de la médecine nucléaire en cardiologie

A. Cardiomyopathies dilatées
B. Ischémie myocardique

C. Infarctus du myocarde
D. Amylose cardiaque
E. Péricardite
F. Je ne sais pas

15. Cochez les indications de la médecine nucléaire en neurologie
A. L'épilepsie
B. Les AVC
C. Les tumeurs cérébrales
D. La maladie d'Alzheimer
E. La maladie de Parkinson
F. Je ne sais pas

16. Cochez les indications de la médecine nucléaire en endocrinologie
A. Nodules thyroïdiens
B. Adénome parathyroïdien
C. Maladie de Cushing
D. Hyperthyroïdies
E. Diabète de type 2
F. Je ne sais pas

17. Cochez les indications de la médecine nucléaire en pédiatrie
A. Uropathies malformatives congénitales
B. Neuroblastome
C. Hypothyroïdie congénitale
D. Diverticule de Meckel
E. Gastro-entérite non fébrile
F. Je ne sais pas

18. Cochez les indications de la médecine nucléaire en urologie ou en néphrologie

A. Insuffisance rénale chronique
B. Pyélonéphrite
C. Hydronéphrose Lithiase rénale
D. Cystite non compliquée
E. Je ne sais pas

19. Avez-vous déjà vu le compte rendu ou l'image d'un examen de médecine nucléaire ?

A. Oui
B. Non

20. De quel examen s'agit-il ?

A. Scintigraphie myocardique
B. IRM cardiaque
C. Scintigraphie oculaire
D. TDM de l'œil
E. Je ne sais pas

21. De quel examen s'agit-il ?

A. Tomographie par émission de positons (TEP) – TDM
B. IRM du corps entier
C. Scintigraphie conventionnelle du corps entier
D. Echographie du corps entier
E. Je ne sais pas

22. Cochez les effets secondaires des traitements de la radiothérapie métabolique

A. Vomissements

B. Anémie
C. Dermatoses allergiques
D. Insuffisance cardiaque
E. Je ne sais pas

23. La thérapie en médecine nucléaire est réservée uniquement pour les pathologies cancéreuses

A. Vrai
B. Faux
C. Je ne sais pas

24. La médecine nucléaire est une technique formellement contre indiquée chez les enfants

A. Vrai
B. Faux
C. Je ne sais pas

25. Le Bénin dispose-t-il de médecins spécialistes de médecine nucléaire ?

A. Oui
B. Non
C. Je ne sais pas

26. Quelles sont les prestations en médecine nucléaire disponibles au Bénin en 2023 ?

A. Scintigraphie conventionnelle
B. Scintigraphie TEP
C. Radioimmunodosage
D. Irathérapie
E. Je ne sais pas

27. Quels sont les modes d'exposition aux rayonnements ionisants en médecine nucléaire ?

A. Irradiation

B. Contamination

C. Je ne sais pas

28. A quelle discipline la médecine nucléaire est-elle systématiquement couplée au Conseil Africain et Malgache de l'Enseignement Supérieur (CAMES) ?

……

Perception de la médecine nucléaire

1. Avez-vous déjà prescrit un examen d'imagerie de médecine nucléaire ?

- Oui
- Non

2. Un service de médecine nucléaire est-il indispensable dans un pays pour la bonne prise en charge des patients ?

- Oui
- Non
- Je ne sais pas

3. Pensez-vous indispensable l'existence d'un service de médecine nucléaire au Bénin ?

- Oui
- Nécessaire mais pas indispensable
- Utile mais pas indispensable

- Non c'est inopportun
- Non c'est inutile
- Autre

4. Souhaiteriez-vous que la médecine nucléaire soit enseignée en faculté de médecine ? Justifiez votre réponse

- Oui
- Non

Justifiez votre réponse ……..

5. Pensez-vous qu'un service de médecine nucléaire présente des risques majeurs pour le public si les règles de radioprotection sont respectées ?

- Oui
- Non
- Je ne sais pas

6. Pensez-vous qu'un service de médecine nucléaire présente des risques majeurs pour le personnel si les règles de radioprotection sont respectées ?

- Oui
- Non
- Je ne sais pas

7. Pensez-vous qu'un service de médecine nucléaire présente des risques majeurs pour le patient si les règles de radioprotection sont respectées ?

- Oui
- Non

- Je ne sais pas

8. Pensez-vous que l'installation d'un service de médecine nucléaire au sein d'un hôpital présente plus de risques majeurs d'exposition que celle d'un service de radiologie ?

- Oui
- Non
- Les deux présentent les mêmes risques
- Je ne sais pas

9. Auriez-vous pu choisir (ou choisirez-vous) la médecine nucléaire comme spécialité si le DES existait dans votre pays ou dans la sous-région ?

- Oui
- Non

10. Comparativement aux examens radiologiques, les techniques d'imagerie scintigraphique sont :

- Plus irradiantes
- Moins irradiantes
- Autant irradiantes
- Je ne sais pas

11. Pensez-vous que le coût des examens d'imagerie de la médecine nucléaire pourrait être un frein à leur prescription ?

- Oui
- Non

- Je ne sais pas

12. Sur une échelle de 1 à 5, quelle est votre niveau de confiance dans l'utilité de la médecine nucléaire ?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

13. Quelle est votre opinion personnelle sur l'avenir de la médecine nucléaire au Bénin ?

……

……

……

……

14. Avez-vous des suggestions ou des commentaires supplémentaires concernant la médecine nucléaire au Bénin ?

……

……

……

……

ANNEXE 2 : Feuille de score

Connaissances en médecine nucléaire

Numéro de la question	Réponse(s) juste(s)	Score : 2	Score : 1	Score : 0
1	A et D	A et D	- Une seule bonne réponse choisie - Deux bonnes réponses et une mauvaise réponse	Autre (s) que scores 2 et 1
2	C	C	Non applicable	A, B, D et/ou E
3	A	A	Non applicable	B, C, D et/ou E
4	A, B, C et E	Au moins 3 bonnes réponses sans fausse réponse	- Au moins 2 bonnes réponses sans fausses réponses - Au moins 3 bonne réponses avec une seule fausse réponse	Autre (s) que scores 2 et 1
5	B, C et D	Au moins 2 bonnes réponses sans réponse fausse	Au moins 2 bonnes réponses et au plus une fausse réponse	Autre (s) que scores 2 et 1
6	A, E et F	Au moins 2 bonnes réponses et sans réponse fausse	Au moins 2 bonnes réponses et au plus une fausse réponse	Autre (s) que scores 2 et 1
7	B	Non	Non applicable	A
8	A, B et D	Au moins 2 bonnes réponses et sans réponse fausse	Au moins 2 bonnes réponses et au plus une fausse réponse	Autre (s) que scores 2 et 1
9	B	B	Non applicable	A
10	D et E	D et E	- Une seule bonne réponse choisie - Deux bonnes réponses et une mauvaise réponse	Autre (s) que scores 2 et 1
11	A, B, C et D	Au moins 3 bonnes réponses sans fausse réponse	- Au moins 2 bonnes réponses sans fausses réponses - Au moins 3 bonne réponses avec une seule fausse réponse	Autre (s) que scores 2 et 1

12	A, C, D et E	Au moins 3 bonnes réponses sans fausse réponse	- Au moins 2 bonnes réponses sans fausses réponses - Au moins 3 bonne réponses avec une seule fausse réponse	Autre (s) que scores 2 et 1
13	A, C, D et E	Au moins 3 bonnes réponses sans fausse réponse	- Au moins 2 bonnes réponses sans fausses réponses - Au moins 3 bonne réponses avec une seule fausse réponse	Autre (s) que scores 2 et 1
14	A, B, C et D	Au moins 3 bonnes réponses sans fausse réponse	- Au moins 2 bonnes réponses sans fausses réponses - Au moins 3 bonne réponses avec une seule fausse réponse	Autre (s) que scores 2 et 1
15	A, B, C, D et E	Au moins 4 bonnes réponses	2 ou 3 réponses	Autre (s) que scores 2 et 1
16	A, B, C et D	Au moins 3 bonnes réponses sans fausse réponse	- Au moins 2 bonnes réponses sans fausses réponses - Au moins 3 bonne réponses avec une seule fausse réponse	Autre (s) que scores 2 et 1
17	A, B, C et D	Au moins 3 bonnes réponses sans fausse réponse	- Au moins 2 bonnes réponses sans fausses réponses - Au moins 3 bonnes réponses avec une seule fausse réponse	Autre (s) que scores 2 et 1
18	A, B, C et D	Au moins 3 bonnes réponses sans fausse réponse	- Au moins 2 bonnes réponses sans fausses réponses -Au moins 3 bonne réponses avec une seule fausse réponse	Autre (s) que scores 2 et 1

19	Non applicable	Non applicable	Non applicable	Non applicables
20	A	A	Non applicable	B, C, D et/ou E
21	A	A	Non applicable	B, C, D et/ou E
22	A, B et C	Au moins 2 bonnes réponses sans réponses fausses	Au moins 2 bonnes réponses et au plus une fausse réponse	Autre (s) que scores 2 et 1
23	B	B	Non applicable	A et/ou C
24	B	B	Non applicable	A et/ou C
25	A	A	Non applicable	B et/ou C
26	C	C	Non applicable	A, B, D et/ou E
27	A et B	A et B	Une bonne réponse	C
28	Biophysique	Biophysique	Pas de score = 1	Autre réponse

Total maximum : 54

ANNEXE 3 : Echelle CAP (Connaissances, Attitudes, Pratiques) en recherche médicale

Suivant l'échelle CAP le niveau de connaissance est classé comme suit :

- Plus de 85% de bonnes réponses : Bon
- Moins de 85% de bonnes réponses : Moyen
- Moins de 65% de bonnes réponses : Insuffisant
- Moins de 50% de bonnes réponses : Mauvaise

ANNEXE 3 : Certificat e-plagiat

Certificat d'analyse

Date d'émission: 13/11/2024

Compte évaluateur: OBEY chérifou adebayo ishola

AUTEUR DU DOCUMENT : OBEY Chérifou Adebayo Ishola

TITRE DU DOCUMENT : Connaissances et perception de La médecine nucléaire par les médecins exerçant au Bénin

e-Plagiat est un évaluateur certifié de prévention et de détection de plagiat intelligent et autonome basé sur l'IA

Type de document	Nombre de mots	Nombre de pages (approximatif)	Taux de plagiat	Taux de IA
Thèse	14750	59	3.2%	-%

M. Pierre ROUAN

Ce document est signé électroniquement et certifié. Le fichier constitue un original électronique de valeur probatoire, il est enregistré sous la référence suivante :

2df03d8c9eb91e253efd52cadb4dd8336081

e-plagiat.online, 1er évaluateur de plagiat en Afrique basé sur l'Intelligence artificielle

TABLE DES MATIÈRES

ACTION DE GRÂCE i
DÉDICACES iii
IN MEMORIUM vi
REMERCIEMENTS viii
HOMMAGES xi
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS xiv
LISTE DES TABLEAUX xvi
LISTE DES FIGURES xvii
SOMMAIRE xix
INTRODUCTION 1
OBJECTIF ET HYPOTHÈSES 3
Objectif général 3
Objectifs spécifiques 3
Hypothèses 3
1. GÉNÉRALITÉS 4
1.1. Historique de la médecine nucléaire 5
1.2. Radioactivité 6
1.3. Rayonnements ionisants 8
1.3.1. Définition 8
1.3.2. Effets biologiques des rayonnements ionisants 9
1.3.2.1. Effets moléculaires 9
1.3.2.2. Effets cellulaires 9
1.3.2.3. Effets pathologiques 10
1.3.4. La Radioprotection 12
1.4. Bases physiques de la médecine nucléaire 13
1.4.1. Les radiopharmaceutiques 13
1.4.2. Les différentes techniques de la médecine nucléaire 15
1.4.2.1. L'imagerie scintigraphique 15

1.4.2.2. Le radioimmunodosage 18
1.4.2.3. Radiothérapie interne vectorisée 19
1.5. Les applications cliniques de la médecine nucléaire 20
1.5.1. Applications diagnostiques 20
1.5.2. Radiothérapie interne vectorisé 31
1.6. État des lieux de la médecine nucléaire en Afrique et précisément au Bénin 32
2. CADRE ET MÉTHODE D'ÉTUDE 34
2.1. Cadre d'étude 35
2.2. Durée et type d'étude 36
2.3. Population d'étude 36
2.3.1. Critères d'inclusion 36
2.3.2. Critères d'exclusion 36
2.4. Collecte de données 37
2.5. Variables d'étude 37
2.5.1. Variables dépendantes 37
2.5.2. Variables indépendantes 38
2.5.4. Analyse de données 39
3. RÉSULTATS 40
3.1. Analyse univariée 41
3.1.1. Caractéristiques des enquêtées 41
3.1.1.1. Caractéristiques socio démographiques 41
3.1.1.2. Caractéristiques académiques et professionnelles 43
3.1.2. Connaissances des médecins enquêtés sur la médecine nucléaire 46
3.1.2.1. Connaissances sur la définition de la médecine nucléaire 46
3.1.2.2. Connaissance des composantes et techniques de la médecine nucléaire 46
3.1.2.3. Connaissance des médecins sur l'interprétation des examens de médecine nucléaire 48

3.1.2.4. Connaissance des indications de la médecine nucléaire 48
3.1.2.5. Connaissance sur l'existence de la médecine nucléaire au Bénin 50
3.1.2.6. Niveau de connaissance global 50
3.1.3. Perception des médecins enquêtés sur la médecine nucléaire 51
3.1.3.1. Perception de l'importance de la médecine nucléaire..... 51
3.1.3.2. Perception sur les contraintes de la radioprotection en médecine nucléaire 51
3.1.3.3. Perception sur le coût des examens de médecine nucléaire..... 52
3.2. Analyse bivariée 52
3.2.1. Déterminants du niveau de connaissance des médecins enquêtés sur la médecine nucléaire 52
3.2.1.1. Age et sexe..... 52
3.2.1.2. Facteurs liés au cursus académique des médecins enquêtés 54
3.2.2. Facteurs liés au statut professionnel..... 57
4. DISCUSSION 59
4.1. Atteinte des objectifs de l'étude 60
4.2. Qualité et validité de l'étude 60
4.2.1. Type d'étude et méthode d'échantillonnage..... 60
4.2.2. Technique et outils de collecte 61
4.2.3. Biais..... 61
4.3. Discussion des résultats..... 62
4.3.1. Caractéristiques générales des médecins enquêtés 62
4.3.2. Connaissances des médecins enquêtés sur la médecine nucléaire..... 64
4.3.2.1. Connaissance de la définition de la médecine nucléaire..... 64
4.3.2.2. Connaissances des composantes techniques de la médecine nucléaire . 65
4.3.2.3. Connaissance des indications de la médecine nucléaire 66
4.4. Perception des médecins enquêtés sur la médecine nucléaire 72
CONCLUSION 74
SUGGESTIONS..... 76

RÉFÉRENCES 78
ANNEXES ..... A
TABLE DES MATIÈRES ..... a

SERMENT D'HIPPOCRATE

Devant le peuple béninois et en présence des maîtres de cette faculté, de mes chers condisciples, devant l'effigie d'Hippocrate, je promets et je jure, au nom de l'être suprême, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine.

Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail. Je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires. Admis à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me sont confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime. Je ne permettrai pas que les considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Je garderai le respect absolu de la vie humaine dès la conception. Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.

Respectueux et reconnaissant envers les maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs parents. Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois couvert d'opprobres et méprisé de mes confrères si j'y manque.

Je le jure !

VU LE PRESIDENT DU JURY

VU LE DOYEN

VU ET PERMIS D'IMPRIMER

LE RECTEUR DE L'UNIVERSITÉ D'ABOMEY-CALAVI

RESUMÉ

L'objectif de cette étude est d'évaluer les connaissances et la perception de la médecine nucléaire chez les

Les résultats montrent que 64,87 % des répondants avaient un mauvais niveau de connaissance en médecine nucléaire, 22,47 % un niveau insuffisant, et 12,34 % un niveau moyen, tandis que 0,32 % avaient une bonne connaissance. Les médecins spécialistes et ceux ayant réalisé un stage à l'étranger avaient un niveau de connaissance significativement plus élevé ($p < 0,05$). Par ailleurs, 67,09 % des participants estiment que la médecine nucléaire est indispensable pour une prise en charge optimale des patients, et 88,92 % souhaiteraient qu'elle soit enseignée en médecine générale.

Le niveau de connaissance en médecine nucléaire des médecins au Bénin est globalement insuffisant, mais leur perception reste encourageante.

Mots clés : médecine nucléaire, connaissances, perception, Bénin,Médecins.

ABSTRACT

The objective of this study is to assess the knowledge and perception of nuclear medicine among physicians practicing in Benin.

The results show that 64.87% of respondents had a poor level of knowledge in nuclear medicine, 22.47% had an insufficient level, and 12.34% had a moderate level, while only 0.32% had a good level of knowledge. Specialists and those who had completed an internship abroad had significantly higher levels of knowledge ($p < 0.05$). Additionally, 67.09% of participants considered nuclear medicine essential for optimal patient care, and 88.92% expressed a desire for it to be included in general medical education.

Overall, the level of knowledge in nuclear medicine among physicians in Benin is relatively low, but their perception of the field remains positive.

Keywords: nuclear medicine, knowledge, perception, Benin, pysicians.