

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ ORAN 1 Ahmed Benbella



N° d'ordre...../2018

FACULTÉ DE MÉDECINE

DÉPARTEMENT DE MÉDECINE DENTAIRE

Thèse de doctorat en sciences médicales

Auteur : REZOUG Abdelkader

Spécialité : Odontologie Conservatrice – Endodontie

**RISQUE RADIQUE ET RADIOPROTECTION AU
NIVEAU DES STRUCTURES DE MEDECINE DENTAIRE
DE LA COMMUNE D'ORAN**

Soutenue publiquement le 11 décembre 2018

Composition du Jury

Professeur SOULIMANE Abdelkrim	Président	Faculté de Médecine de Sidi Belabbes
Professeur BOUZOUINA Fatma	Assesseur	Faculté de Médecine d'Oran
Professeur BABA-MEHDID Chafika	Assesseur	Faculté de Médecine d'Alger
Professeur BOUKERCHE Abdelbaki	Assesseur	Faculté de Médecine d'Oran

Directeur de thèse

Professeur TEBBOUNE Cheik el Bachir	Faculté de Médecine d'Oran
-------------------------------------	----------------------------

Co-Directeur de thèse

Professeur SERRADJ Sid Ahmed	Faculté de Médecine d'Oran
------------------------------	----------------------------

Année 2018



REMERCIEMENTS ET DEDICACES

*Je voudrais tout
d'abord exprimer ma
profonde
reconnaissance
envers le bon dieu le
tout puissant, qui
m'a donné la foi et la
force pour réaliser ce
modeste travail.*

A MONSIEUR LE PRESIDENT DE JURY

Le Professeur

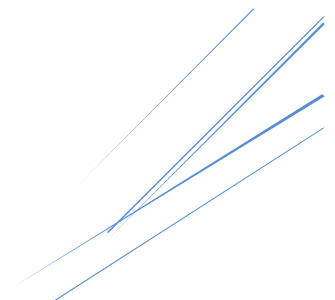
SOULIMANE Abdelkrim

*Vous nous avez fait l'honneur d'accepter de
présider mon jury.*

*Je tiens à vous exprimer ma sincère reconnaissance pour
vos efforts qui ont contribué à la réalisation
de ce travail.*

*Je vous réserverai une place particulière pour la
pertinence de vos suggestions et l'objectivité de votre
expertise.*

*Je vous prie de trouver en ces quelques mots, l'expression
de notre profonde gratitude et de mes sentiments les
plus respectueux.*



A NOTRE DIRECTEUR DE THESE
Monsieur
Le Professeur TEBBOUNE Cheikh el Bachir

*Vous nous avez fait l'immense honneur d'avoir
accepter de diriger ce travail que vous nous avez inspiré.*

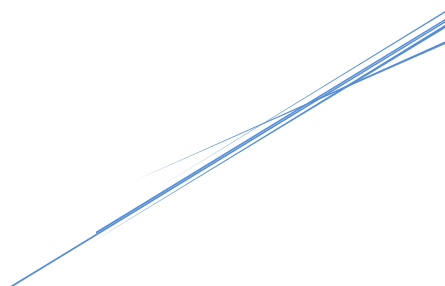
*Vous nous avez accueilli dans votre service, formé et
enseigné des notions de médecine de travail, dont la
radioprotection*

*Vous avez toujours été à l'écoute et très disponible pour
nous prodiguer de précieux conseils.*

*La clarté de votre enseignement a toujours suscité
notre admiration ainsi que la gentillesse avec laquelle
vous nous avez toujours accueilli.*

*Votre bienveillance, votre exigence scientifique, ainsi que
vos qualités humaines nous sont autant de guides
précieux durant notre parcours.*

*Veuillez trouver, par ce travail, l'expression de
notre gratitude et notre respectueuse reconnaissance.*



A NOTRE MAITRE ET CO-ENCADREUR

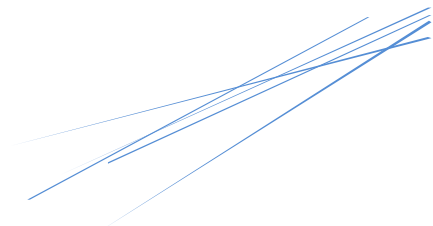
Monsieur

Le Professeur SERRADJ Sid Ahmed

*Vous nous avez toujours accueilli avec
bienveillance, votre clairvoyance, votre
pragmatisme et votre exigence du travail
scientifique été pour nous un atout pour la réussite.*

*Vous nous avez fait l'honneur d'avoir
accepter de co-diriger ce travail.*

*Soyez assuré de notre reconnaissance et de
notre respectueuse considération.*



***A Madame
Le Professeur
BOUZOUINA Fatma***

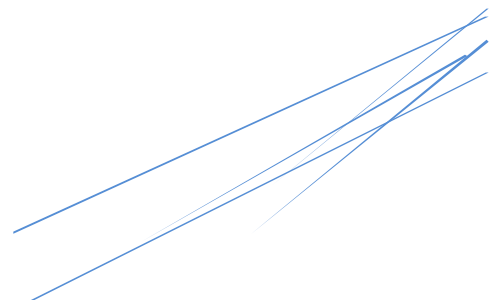
*Votre passion pour l'art médical et votre goût pour la
recherche scientifique alimente notre inlassable quête du
mieux dans notre travail.*

*Vous nous faites honneur de bien vouloir juger notre
travail.*

*Nous vous remercions pour les conseils prodigués, votre
soutien,*

Votre écoute et votre attention.

*Nous vous remercions et nous tenons à vous assurer de
notre gratitude et de notre profond attachement.*

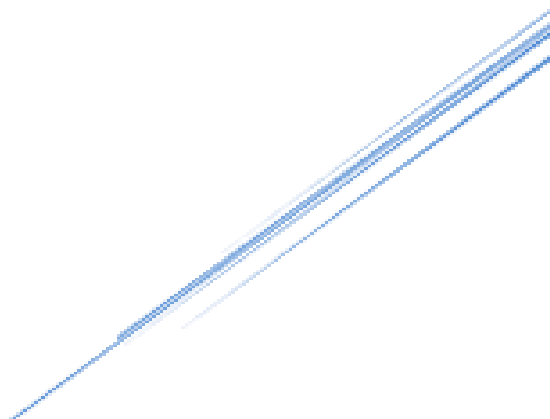


***A Madame
Le Professeur
BABA-MEHDID Chafika***

*Nous sommes très sensibles à l'honneur que
constitue votre présence parmi nos juges.*

*Nous vous remercions pour votre esprit critique,
vos commentaires pertinents et vos conseils
avisés.*

*Veuillez trouver par ce travail, l'expression de nos
remerciements et de notre gratitude.*

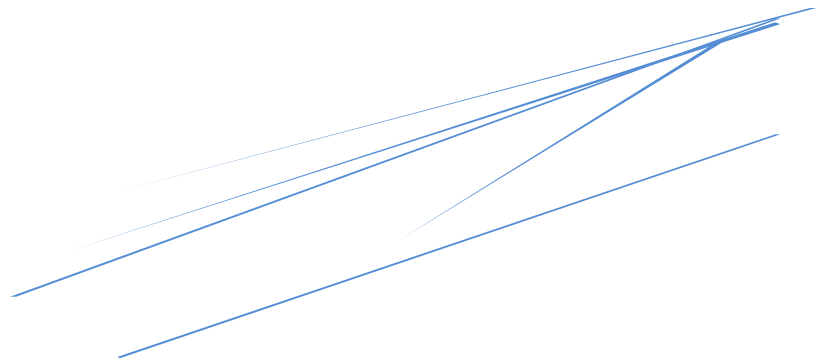


***A Monsieur
Le Professeur
BOUKERCHE Abdelbaki***

*Avec le même enthousiasme et la même
gentillesse que ceux que vous nous avez témoigné
durant votre passage au département de
médecine, vous avez naturellement accepté de juger ce
travail.*

*Nous saluons votre sérieux et votre engagement
sans faille.*

*Votre disponibilité et votre compétence nous ont marqué.
Soyez assuré de notre sincère reconnaissance et de notre
profonde considération.*



Je voudrais aussi exprimer toute ma reconnaissance à mes collègues et amis :

DJAZOULI Mohamed Amine

FERGOUG Ibrahim,

DALI ALI Abdessamad

KHAMLICH Elarbi,

CHAKOURI Mehdi,

BOUJAHFA Samir,

BOUKHRISSA Merouan

TABET AOUL Nabil

BRIXI Fatima épouse Tabet Aoul,

BOUKHARI Youcef

*, dont les qualités humaines, les conseils judicieux et le soutien,
qui m'ont aidé à finaliser ce modeste travail.*

*Je tiens à exprimer ma sincère reconnaissance à toutes les personnes qui, de près ou de
loin, m'ont soutenu dans mes efforts et ont contribué à la réalisation de cette thèse.*

JE DEDIE CETTE THESE

A MA MERE, A MON PERE

Puissent-ils trouver dans ce travail le témoignage de ma reconnaissance et de ma plus tendre affection.

*A ma chère épouse
Khadidja el kobra*

Pour son soutien permanent et infatigable, ainsi que sa contribution dans ce travail, qu'elle trouve ici le témoignage de ma profonde affection.

*A ma fille ABIR, mes deux fils
MOHAMED et MOUNIB.*

A tous mes frères et soeurs, à toute ma famille, à ma Belle-mère, et Belle famille.

*A l'âme de mon deuxième père le professeur
OUAMRI Mohamed qui mérite le vaste paradis.*

Aux professeurs ;

*SNOUBER Abdelmajid,
TOUHAMI El Hadj,
GHABRIOUT Boudjemaa,
BELKAID Mohamed Nouredine,
AHMED FOUATIH Nouredine,
BELBACHIR AHMED Abdelhafidh,
METREF Zoheir*

*SOUABI Ali,
GUEDDA Fiala,
KHEDDAOUI Nouredine.*

Vos conseils précieux m'ont guidé.

*A tous mes maîtres
A tous mes collègues du service
A tous mes amis
A tous mes étudiants
A tous mes patients
A notre enquêteur*

Les rayons de l'espoir

« On peut concevoir encore que dans des mains criminelles le radium puisse devenir très dangereux, et ici on peut se demander si l'humanité a avantage à connaître les secrets de la nature, si elle est mûre pour en profiter ou si cette connaissance ne lui sera pas nuisible ... Je suis de ceux qui pensent avec Nobel que l'humanité tirera plus de bien que de mal des découvertes nouvelles ».

Pierre Curie, 1905, à Stockholm,
Devant l'Académie des sciences de Suède.

À la mémoire de Pierre et Marie Curie...

Abréviations et acronymes

AFSSAPS : Agence française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé.
ADN : Acide Désoxyribonucléique.
AIEA : Agence Internationale de l'Énergie Atomique.
ALARA : As Low As Reasonably Achievable « aussi bas qu'il est raisonnablement possible ».
ASN : Autorité de Sûreté Nucléaire.
BEIR: Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation.
CBCT: cône Beam Computed Tomography.
CDA : Couche de Demi-Absorption.
CDB : Cassure Double-Brin.
CIPR : Commission Internationale de Protection Radiologique.
COMENA : Commissariat de l'Énergie Nucléaire Atomique.
CRNA : Centre de Recherche Nucléaire d'Alger.
CSB: Cassure Simple-Brin.
DDREF: Dose and Dose Rate Effectiveness Factor.
DGSNR : Direction Générale de la Sûreté Nucléaire et de la Radioprotection.
DR : Dispositif Radiogène.
DRM/An : Dose Reçue au niveau de la Main /An
DRO/An : Dose Reçue au niveau de L'œil /An.
DRP/An : Dose Reçue au niveau de la Poitrine /An.
DRM/Tir : Dose Reçue au niveau de la Main /Tir
DRO/Tir : Dose Reçue au niveau de L'œil /Tir
DRP/Tir : Dose Reçue au niveau de la Poitrine /Tir.
DDP : Différence De Potentiel.
EHS : Etablissement hospitalière de santé
EHU : Etablissements hospitalo-universitaire
EPSP : Etablissement publique de santé de proximité
EURATOM : Communauté Européenne de l'Énergie Atomique.
FRD : Facteur de Rétrodiffusé
ICRU : Commission internationale des unités et des mesures radiologiques
IRSN : Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire.
MDCT: Multi-Detector computed Tomography.
MPD : Mannequin Porteur De Dosimètres.
NCRP: National Council on Radiation Protection and Measurements.
NIH: National Institute of Health (États-Unis).
NUREG: Nuclear Regulatory commission (États-Unis).
OIT : Organisation Internationale du Travail.
OMS : Organisation Mondiale de la Santé.
ONU : Organisation des Nations-Unies.
PDS : Produit-Dose-Surface.
RBE : Relative Biologique Effectiveness.
REM: Roentgen Equivalent Man.
RI: Rayonnement Ionisant.
RISC-RAD: Radio-sensitivity of Individual and Susceptibility to Cancer induced by ionizing Radiation.
RMN : Résonance Magnétique Nucléaire.
SOD : SuperOxide Dismutase.
TLE: Transfert Linéique d'Énergie
UNSCEAR: United Nations Scientific Committee on Effects of Atomic Radiations.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les sources de la radioactivité.....	6
Tableau 2 : Historique des rayons X.....	7
Tableau 3 : Le rôle des constituants d'un appareil à rayons X.....	22
Tableau 4 : Les facteurs de pondération tissulaire ^[96]	31
Tableau 5 : Les techniques endo-buccales.....	34
Tableau 6 : les techniques exo- buccales.....	37
Tableau 7 : Les doses efficaces en radiologie dentaire comparées à l'exposition naturelle.....	37
Tableau 8 : Les étapes de l'estimation des risques d'effets cancérogènes ^[50]	44
Tableau 9 : Les valeurs du facteur de réduction de dose ^[58]	44
Tableau 10 : Les valeurs du facteur de risque de décès par cancer ^[50]	46
Tableau 11 : Valeurs du facteur de risque global ^[60]	48
Tableau 12 : Equivalence des risques ^[10]	49
Tableau 13 : Equivalence des risques ^[10]	49
Tableau 14 : Les organismes de radioprotection.....	50
Tableau 15 : Résumé législatif de la radioprotection en Algérie.....	51
Tableau 16 : Documents administratifs relatifs à la radioprotection au CHU Oran.....	52
Tableau 17 : Classification du personnel par doses annuelles ^[129]	53
Tableau 18 : Distribution des doses efficace selon la fréquence ^[4]	54
Tableau 19 : Distribution des doses efficace selon les taux. (France 2000-2012) ^[4]	54
Tableau 20 : Les surfaces minimales des locaux d'implantation des DR ^[10]	59
Tableau 21 : Les structures de médecine dentaire de la commune d'Oran.....	67
Tableau 22 : Structures et DR dentaires de la population d'étude.....	78
Tableau 23 : Les paramètres biométriques et cliniques des patients testés.....	83
Tableau 24 : La variance dosimétrique entre patient réel et milieu hydrique (MH).....	84
Tableau 25 : Répartition de la population d'étude par arrondissements.....	87
Tableau 26 : Répartition des DR selon le local d'implantation.....	90
Tableau 27 : La conformité des superficies des salles d'implantation des DR.....	90
Tableau 28 : Les salles d'implantation des DR selon les établissements et la superficie.....	91
Tableau 29 : Les salles d'implantation des DR par rapport au secteur d'activité.....	93
Tableau 30 : Les règles de radioprotection collective.....	95
Tableau 31 : Les MPI existants dans les locaux d'implantation des DR.....	96
Tableau 32 : Présence de PCR dans les locaux d'implantation des DR.....	97
Tableau 33 : Répartition des DR selon leur continent, pays d'origine et dénomination commerciale.....	99
Tableau 34 : Répartition des DR selon les caractéristiques électriques.....	102
Tableau 35 : La conformité des DR selon les caractéristiques électriques.....	103
Tableau 36 : Répartition des DR selon la longueur des cônes.....	106
Tableau 37 : Répartition des DR selon le type de collimation.....	106
Tableau 38 : Répartition des DR selon les paramètres techniques.....	108
Tableau 39 : Répartition des DR selon Les contrôles techniques, la réparation et la déclaration.....	110
Tableau 40 : Caractéristiques démographiques et professionnelles des manipulateurs des DR.....	115
Tableau 41 : Répartition des manipulateurs des DR selon les connaissances en radioprotection.....	116
Tableau 42 : Moyenne hebdomadaire d'actes radiographiques /manipulateur.....	117
Tableau 43 : La position des manipulateurs pendant l'émission des rayons X.....	118
Tableau 44 : Les manipulateurs des DR selon le mode de maintien des récepteurs.....	119
Tableau 45 : Les manipulateurs des DR selon leurs présences dans la salle.....	119
Tableau 46 : Distribution des manipulateurs des DR selon l'utilisation des moyens de radioprotection.....	120

Tableau 47 : Distribution des manipulatrices en âge de procréer selon le port de tablier plombé.	120
Tableau 48 : La réussite des actes radiologiques réalisée.	120
Tableau 49 : Les causes d'échec des radiographies.	121
Tableau 50 : Moyennes des doses mesurées (par tir) au niveau des points cibles.	122
Tableau 51 : Moyennes des doses annuelles (au niveau des points ciblés).	123
Tableau 52 : Les valeurs moyennes de doses annuelles reçues selon le sexe.	123
Tableau 53 : Doses mesurées au niveau de la poitrine des manipulateurs selon l'usage de l'angulateur.	124
Tableau 54 : Classement des manipulateurs des DR selon les doses Reçues (point cibles).	124
Tableau 55 : Les valeurs moyennes des DRP/An par rapport à la spécialité des manipulateurs des DR.	126
Tableau 56 : Les valeurs du temps d'exposition par rapport aux techniques radiographiques.	126
Tableau 57 : Les doses (DRO/Tir, DRM/Tir et DRP/Tir) selon le secteur dentaire.	130
Tableau 58 : Les durées d'existence du DR utilisés et classement par rapport au DRP/An.	130
Tableau 59 : Les valeurs des DMP/ tir par rapport à la dénomination commerciale.	131
Tableau 60 : répartition des DR selon la dénomination et la dose.	132
Tableau 61 : Les valeurs de DRP par tir et le pays fabricant.	133
Tableau 62 : Répartition des DR selon le pays fabricant et les doses.	134
Tableau 63 : Les valeurs de DMP /tir par rapport à la superficie.	135
Tableau 64 : Répartition des superficies des salle des DR selon les doses.	135
Tableau 65 : Répartition des manipulateurs des DR selon la zon occupée.	136
Tableau 66 : Répartition des valeurs de DRP/An selon la zone occupée.	136
Tableau 67 : Le maintien du recepneur et DRM/An.	137
Tableau 68 : Répartition des DRP/An selon le port de tablier plombé.	137
Tableau 69 : Répartition des manipulateurs selon le secteur d'activité et la dose.	139
Tableau 70 : Répartition des manipulateurs selon le sexe et la dose.	139
Tableau 71 : Répartition des manipulateurs selon l'âge et la dose.	140
Tableau 72 : Les valeurs de la DRP/An par rapport au diplôme d'études des manipulateurs des DR.	140
Tableau 73 : Les valeurs du DRP/An par rapport à l'ancienneté des manipulateurs des DR.	140
Tableau 74 : Les valeurs de la DRP/An par rapport à la position des manipulateurs au tour des DR.	141
Tableau 75 : Les valeurs de la DRP/An par rapport à l'utilisation de l'angulateur.	141
Tableau 76 : Analyse multivariée par regression logistique des facteurs du risque.	142
Tableau 77 : Origine des dangers.	
Tableau 78 : Les catégories des professionnels exposés.	
Tableau 79 : Les risques héréditaires spontanés et radio-induits	
Tableau 80 : La protection des pièces adjacentes aux salles de radiographie.	
Tableau 81 : Protocole des opérations de maintenance.	
Tableau 82 : Protocole des opérations de contrôle de qualité interne .	
Tableau 83 : Optimisation des clichés rétro-alvéolaires.	
Tableau 84 : Optimisation des clichés rétrocoronaires.	
Tableau 85 : Optimisation des clichés occlusaux.	
Tableau 86 : Optimisation des clichés panoramiques	
Tableau 87 : Optimisation des clichés téléradiographiques	
Tableau 88 : Tableau Algérien N°6 des affections provoquées par les RI en milieu de travail	

Liste des figures

Figure 1 :spectre des rayonnements électromagnétiques	8
Figure 2 :Effet photoélectrique.....	8
Figure 3 : L'effet Compto.....	9
Figure 4 : Influences des constantes sur la qualité et la quantité des rayonnements	10
Figure 5 : Diminution de la densité en fonction de la distance.....	11
Figure 6 :Les effets biologiques des RI	18
Figure 7 :La chaine radiologique.	21
Figure 8 :Schéma de trois tubes de tailles différentes.....	23
Figure 9 : Les différents types de collimatio.	24
Figure 10 : Angulatur et portes films.....	24
Figure 11 : Composition du film argentiqu ^l	25
Figure 12 : Radiodermite d'un chirurgien dentiste	39
Figure 13 : Radiographie de la main du Dr Kells.	40
Figure 14 : Cataracte d'origine radique	41
Figure 15 : Différents types de relation dose-effet.	43
Figure 16 :Doses limitées par la CIPR à travers le temps.....	53
Figure 17 : Les zones de positionnement du praticien.....	55
Figure 18 : Valeurs opérationnelles de délimitation des installations fixes.	60
Figure 19 : Le matériel nécessaire utilisé pour l'enquête.	70
Figure 20 : Le DR utilisé pour le contrôle technique.	72
Figure 21 : Radiovisiographie type « X-pod » de Myray.....	72
Figure 22 : Les essais dosimétriques des actes réalisés.....	74
Figure 23 : Simulation du praticien (pré-enquête).	75
Figure 24 : Vérification des noms non trouvés	77
Figure 25 : Codification des secteurs à radiographier.	80
Figure 26 :Techniques et protocole	81
Figure 27: Répartition des structures dentaires concernées par l'enquête.	84
Figure 28 : La répartition des DR selon les structures dentaires étudiées.	85
Figure 29 :Arrondissements et quartiers de la commune d'Oran.....	86
Figure 30 : La conformité électrique des locaux des DR.	88
Figure 31 : Paramètres de sécurité électrique d'installation.....	88
Figure 32 :Branchement électrique non conforme d'un DR.	89
Figure 33 : Branchement anarchique des cables électriques.	89
Figure 34 : Architecture d'une salle d'implantation d'un DR(Oran).	91
Figure 35 : Les superficies des salles d'implantation des DR.	92
Figure 36 :La conformité des parois des salles d'implantation des DR par rapport au secteur d'activité.....	93
Figure 37 :La règle de délimitation des zones /logos.	94
Figure 38 : La règle de signalisation et d'affichage.....	95
Figure 39 :Modèl d'un dosimètre.	95
Figure 40 : Tablier plombé mal stocké.	96
Figure 41 :Kit de radioprotection mal stocké.	96
Figure 42 : Le négatoscopes / les locaux d'implantation des DR.	97
Figure 43 : Cartes d'identification des DR	98
Figure 44 : DR non identifiable.	100
Figure 45 : Répartition des DR selon leur pays d'origine.....	100
Figure 46 :la durée d'existence des DR.....	101

Figure 47 : La conformité par rapport à la durée d'existence des DR.	101
Figure 48 : Ancien Trophy et Vatech (Ht et mA).	103
Figure 49 : Répartition des DR selon le type de la radiographie	104
Figure 50 : Préparation à la radiographie (type cône Beam).	104
Figure 51 : Les différentes longueurs des tubes.	105
Figure 52 : Usage d'un DR à long cône.....	105
Figure 53 : Les types de Collimation.	106
Figure 54 : Affichage du temps d'exposition.	108
Figure 55 : Affichage des paramètres physiques.....	109
Figure 56 : Les types de minuteries.	109
Figure 57: Dispositif radiogène portatif.	109
Figure 58 : Cache défectueux d'un cône radiogène.....	110
Figure 59 : Un tube radiogène en panne stocké dans le cabinet.....	110
Figure 60 : Le sexe des manipulateurs de DR étudiés.....	111
Figure 61 : L'âge des manipulateurs des DR.	112
Figure 62 : la spécialité des manipulateurs de dispositifs DR.....	113
Figure 63 : L'ancienneté à la manipulation des DR.	114
Figure 64 : Les actes radiographiques réalisés sur patient ou sur simulateur.....	117
Figure 65 : La justification des actes radiologiques.....	117
Figure 66 : Les actes radiographiques réalisés selon le secteur dentaire à explorer.	118
Figure 67 : Le temps d'exposition.....	121
Figure 68 : points cibles des mesures.	122
Figure 69 : Classement des manipulateurs des DR selon la DRO/An.....	125
Figure 70 : Classement des manipulateurs des DR selon DRP/An.	125
Figure 71 : Doses moyennes des DRO/An / secteur dentaire.	127
Figure 72 : radiographie de la zone antéro-supérieure.	127
Figure 73 : Doses moyennes de DRM/An / secteur dentaire.	128
Figure 74 : Radiographie de la zone inférieure gauche.	128
Figure 75 : Doses moyennes des DRP/An / secteur dentaire.....	129
Figure 76: radiographie de la zone supérieure droite.	129
Figure 77 : La durée d'existence des DR et DMP/tir.	130
Figure 78 : valeurs de DRP/An selon le type de radiographie.	134
Figure 79 : Echec des actes radiographiques réalisés	138

Sommaire

ABREVIATIONS ET ACRONYMES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
ETAT DE L'ART	5
1. RAPPEL SUR LA RADIOACTIVITE ET L'EXPOSITION HUMAINE	5
2. BIOPHYSIQUE DES RAYONS X	6
3. RADIOBIOLOGIE	12
3.1. LES EFFETS DETERMINISTES.....	12
3.2. LES EFFETS ALEATOIRES OU STOCHASTIQUES	12
3.3. LES TECHNIQUES DE DOSIMETRIE BIOLOGIQUE.....	15
4. RADIOPATHOLOGIE.....	16
4.1. CANCEROGENESE	16
4.2. AUTRES EFFETS STOCHASTIQUES.....	18
5. GROSSESSE ET EXPOSITION MEDICALE.....	20
5.1. EFFETS TERATOGENES	20
5.2. EFFETS CANCEROGENES	20
6. LA CHAINE DE CONCEPTION DE L'IMAGE RADIOGRAPHIQUE DENTAIRE	21
6.1. LE GENERATEUR DES RAYONS X.....	21
6.2. LES FACTEURS INFLUENÇANT LA PRODUCTION DE RAYONS.....	22
6.3. LES DISPOSITIFS COMPLEMENTAIRES.....	22
6.4. LES RECEPTEURS DE L'IMAGE RADIOGRAPHIQUE	24
6.5. LA CHAINE DE TRAITEMENT CHIMIQUE.....	25
6.6. LES MOYENS DE PROTECTION CONTRE LE RAYONNEMENT IONISANT :	28
7. LA MESURE PHYSIQUE DE LA DOSE EN RADIOLOGIE	29
7.1. LES GRANDEURS DOSIMETRIQUES	29
7.2. LES INSTRUMENTS DE MESURE	31
8. LES TECHNIQUES RADIOLOGIQUES DENTAIRES	33
8.1. LES TECHNIQUES RADIOLOGIQUES ENDO-BUCCALES.....	33
8.2. LES TECHNIQUES RADIOLOGIQUES EXO-BUCCALES	34
8.3. EVALUATION DOSIMETRIQUE DES PRINCIPALES TECHNIQUES RADIOLOGIQUES DENTAIRES	37
9. LE RISQUE RADIQUE D'ORIGINE PROFESSIONNELLE EN RADIOLOGIE	38
9.1. LES PATHOLOGIES PROFESSIONNELLES EN RADIOLOGIE :	38
9.2. LA QUANTIFICATION DES EFFETS DES FAIBLES DOSES	43

10. LA RADIOPROTECTION AU CABINET DENTAIRE	50
10.1. LES ORGANISMES DE PROTECTION RADIOLOGIQUE.....	50
10.2. L'ORIGINE DES REGLEMENTATIONS	51
10.3. LA REGLEMENTATION NATIONALE ET LE RISQUE RADIQUE D'ORIGINE PROFESSIONNELLE.....	51
10.4. LES PRINCIPES DE RADIOPROTECTION AU CABINET DENTAIRE	52
10.5. LA REPARTITION DES ROLES EN RADIOPROTECTION :.....	62
ENQUETE EPIDEMIOLOGIQUE :	64
RISQUE RADIQUE ET RADIOPROTECTION DANS LES STRUCTURES DE MEDECINE DENTAIRE DE LA COMMUNE D'ORAN.....	65
1. MATERIEL ET METHODES	65
1.1. TYPE D'ETUDE, CADRE D'ETUDE	65
1.2. EXPLOITATION DES RESULTATS ET ANALYSE STATISTIQUE	81
2. RESULTATS	83
2.1. LA PRE-ENQUETE.....	83
2.2. IDENTIFICATION DES STRUCTURES DE L'ENQUETE	84
2.3. REPARTITION GEOGRAPHIQUE DE LA POPULATION D'ETUDE	86
2.4. L'ETUDE DU PARC RADIOLOGIQUE DENTAIRES	88
2.5. EVALUATION DES COMPORTEMENTS, ATTITUDES ET PRATIQUES DES MANIPULATEURS DES DISPOSITIFS RADIOGENES ..	111
2.6. L'ANALYSE DOSIMETRIQUE ET ESTIMATION DU RISQUE	122
3. DISCUSSION	143
CONCLUSION.....	166
RECOMMANDATIONS	169
BIBLIOGRAPHIE	178
GLOSSAIRE	185
ANNEXES.....	187

INTRODUCTION

L'imagerie dentaire repose sur l'utilisation des rayons X. Ces derniers ont été découverts par Röntgen en 1895. Deux semaines après cette invention, le Dr Otto Walkhoff réalise à Braunschweig la première radiographie dentaire. C'est au même moment qu'on voit apparaître pour la première fois des réactions cutanées accompagnées d'ulcérations au niveau des régions anatomiques ayant été en contact avec des rayons. Les premiers cas de cancers de la main puis d'amputations digitales sont rapportés dès 1897.

Les travaux de Wohlbach en 1921 insistent sur l'action cumulative des rayons X. Cet effet cumulatif des doses est confirmé dans les études de Cole publiées en 1953, qui confirment que les lésions observées suite à des irradiations très sévères au radium peuvent se retrouver chez les chirurgiens-dentistes irradiés à petites doses par des rayons X mais de façon répétée. L'apparition des lésions relève d'un processus tardif ^[1].

Les surexpositions accidentelles passées et, plus généralement, la crainte d'incidents liés à l'utilisation des rayonnements ionisants (RI) ont conduit les autorités à imposer à tout utilisateur des dispositifs de radiodiagnostic un ensemble de mesures de radioprotection, aujourd'hui étendues aux praticiens, aux patients et à l'environnement.

Si les effets néfastes des irradiations, donc de l'exposition aux fortes doses, sont bien documentés, les effets des expositions aux faibles doses, telles que celles mises en œuvre en médecine dentaires, sont encore mal connus. Ils sont extrapolés à partir des données dosimétriques partielles récoltées lors des bombardements japonais d'Hiroshima et Nagasaki et font encore l'objet d'études épidémiologiques actualisées menées sur des cohortes de victimes (catastrophe de Tchernobyl en 1986) ou le suivi des travailleurs du nucléaire.

La médecine dentaire utilise couramment la radiographie dans un but diagnostique ou thérapeutique, mais souvent avec une insuffisance de radioprotection.

Les expositions aux (RI) provoquées par la pratique dentaire sont si faibles qu'elles peuvent être considérées comme négligeables sur le plan de leur impact sur la santé, tant du côté des praticiens que des patients. Ces niveaux sont alors souvent comparés à ceux provoqués par exemple par l'irradiation naturelle.

A cet effet, il faut souligner que les doses ne sont faibles en médecine dentaire que si une bonne pratique est appliquée sur le plan de la radioprotection. Des différences de

doses (doses aux patients et doses aux opérateurs) parfois considérables ont été observées [2].

Par ailleurs, il faut rappeler le cas extrême des radiodermites et cancers de la peau encore observés chez des chirurgiens dentistes qui tiennent eux-mêmes les détecteurs d'image^[1, 3].

L'exposition aux RI a constitué une préoccupation de plusieurs études internationales (France ^[4], Grèce^[5], Angleterre ^[6], Corée^[7], Union des Emirats Arabes ^[8], Côte d'Ivoire^[9]). Les objectifs de ces études visaient l'évaluation du niveau d'application des prescriptions de radioprotection, relevaient les défaillances observées et proposaient des mesures préventives dans les établissements de santé bucco-dentaires.

Le non respect des de bonnes pratiques sur le plan de la radioprotection est fréquent. Ce sont les raisons pour lesquelles l'optimisation et la justification de l'acte radiographique sont tout autant pertinentes en médecine dentaire que dans les autres secteurs qui ont recours aux (RI).

Il convient de rappeler que, malgré les hypothèse proposées par certains concernant l'existence de seuils de nocivité dans la gamme des faibles doses, les principaux comités scientifiques internationaux (commission internationale de protection radiologique (CIPR), united nations scientific committee of effects of atomic radiation (UNSCEAR), National Academy of Sciences des USA ont encore réaffirmé que l'extrapolation linéaire sans seuil montre qu'il n'existe pas de seuil dans la relation dose-effet pour la radio-induction de cancers ^[2]. Donc la notion de faibles doses est dangereuse, car elle va faciliter l'abandon des mesures préventives et le respect strict des bonnes pratiques en médecine dentaire.

Toutes les doses, même les plus réduites, ce qui nous intéresse, provoquent des mutations dans le génome des cellules somatiques et germinales, augmentant ainsi la probabilité d'apparition de cancers et d'effets héréditaires, aussi bien pour le patient et le praticien et leurs descendants que, collectivement, pour toute la population exposée au RI. Ce risque est nettement accru lorsqu'il s'agit d'irradiation d'enfants, alors même que les expositions médicales dentaires ou autres ne cessent de croître^[10].

En Algérie, la législation s'est dotée d'un arsenal juridique étoffé mis à jour par le décret présidentiel n° 05-117 du 2 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 11 avril 2005 relatif aux mesures de protection contre les RI [11].

L'application de ces directives sur les expositions médicales ne pourra être réalisée que par l'implication de tous les acteurs concernés, et en particulier des radiologues, radiothérapeutes, médecins du travail et les médecins dentistes, dans un effort de respecter les mesures de protection contre les expositions aux RI, tout en respectant l'objectif essentiel thérapeutique et/ou diagnostique. Une telle implication personnelle suppose que les praticiens soient et restent informés sur les données scientifiques relatives aux effets avec des formations continues.

Dans notre pays, la demande grandissante en soins dentaires, l'offre par les professionnels dans les structures publiques et dans le secteur privé généralise l'exploration radiologique et expose de plus en plus de patients de tout âge, comme elle expose les praticiens aux conséquences des RI.

Notre recherche bibliographique n'a retrouvé aucune publication nationale concernant ce risque radiologique chez les médecins dentistes. Devant cette carence, il est légitime de se poser plusieurs questions : Quel est le degré d'expositions aux RI ? Courent-ils un risque radiologique ? Sont-ils conscients des risques encourus lors de l'utilisation du RI ? Appliquent-ils les règles de la radioprotection ? Y-a-t-il un contrôle de qualité et de conformité ? Si l'application des règles de radioprotection se fait dans certaines structures de médecine dentaire, est-elle adaptée ? Est-elle complète ? Est-elle Efficace ? Le manque de contrôle de conformités des appareils de radiographie dentaire et des locaux, le manque de contrôle de qualité, l'ignorance du danger, le manque d'information et l'absence d'études exhaustives en radioprotection dentaire dans notre pays entraînent la non utilisation pure et simple ou au contraire un usage intempestif des dispositifs de radiologie(DR) dans certaines structures de soins dentaires.

La ville d'Oran, comme dans la plupart des villes algériennes, les médecins dentistes manipulant quotidiennement des dispositifs de radiologie (DR). Le risque radiologique est présent avec l'utilisation des RI et les dangers sont connus. Les références déjà citées et le manque de réaction scientifique des chercheurs face à ce risque nous ont amené à entreprendre ce travail de recherche dans le but de recenser les DR, de vérifier la conformité des locaux d'implantation de ces DR, de recenser les manipulateurs,

d'évaluer le degré d'application des règles de radioprotection et d'évaluer le risque radiologique dans les structures de médecine dentaire au niveau de la commune d'Oran.

A cet effet, nous avons mené cette étude descriptive exhaustive au niveau de la commune d'Oran pour évaluer ce risque radiologique. Estimer l'écart qui existe entre les pratiques radiologiques des médecins dentistes et un référentiel prédéterminé. Le but recherché est de proposer des stratégies de prévention.

Cette étude s'intéresse également aux données dosimétriques. L'évaluation des doses reçues par le corps entier des praticiens, par la main manipulatrice et au niveau de l'œil (cristallin) sera réalisée dans le but d'élaborer des recommandations simplifiées, standardisées et pratiques sur le terrain.

Le respect de la réglementation devrait donc modifier considérablement les pratiques et, au prix d'un apprentissage nécessaire et de quelques contraintes supplémentaires, améliorer le service rendu à nos patients avec une meilleure maîtrise de l'exposition aux structures de médecine dentaire.

Ce travail va nous permettre de proposer des procédures optimisées de radioprotection adaptées et optimisées à notre contexte. La sensibilisation et l'engagement des médecins dentistes dans la démarche de radioprotection sont indispensables pour assurer une amélioration de la qualité et la sécurité des soins dentaires.

ETAT DE L'ART

1. Rappel sur la radioactivité et l'exposition humaine

La radioactivité c'est le processus par lequel un noyau émet spontanément un rayonnement afin de retrouver une configuration plus stable. Découverte par Henri Becquerel en 1896, nommée par Pierre et Marie Curie en 1898, la radioactivité d'un nucléide se mesure en nombre de transitions nucléaires par seconde (1 Becquerel (1 Bq) = 1 transition nucléaire par seconde)^[12].

Il existe des sources multiples de radioactivité, Naturels (d'origine terrestre, cosmique et interne) ou artificiels (Industrie, essais et accidents nucléaires et l'exposition due à l'activité médicale), le tableau 1 les résume.

Nous vivons dans un monde naturellement radioactif. Nous sommes donc en permanence exposés aux rayonnements ionisants et la valeur de cette exposition diffère considérablement selon les régions.

En effet, selon la nature du sol ou l'altitude, les doses globales peuvent être sensiblement différentes d'une région à l'autre

L'évaluation de la radioactivité dans la wilaya d'Oran a été réalisée dans un but scientifique, par des chercheurs Algériens en 2010, L'étude a montré que les niveaux d'activité moyens et le débit de dose absorbée, des radionucléides naturels ayant été déterminés dans les échantillons de roches collectées ont un débit de dose variant entre 41,27 et 64,64 nGy.h⁻¹ avec une moyenne de 52,83 nGy.h⁻¹ ^[13].

Une étude a été réalisée en (2007) pour la mise en place d'un réseau de bio-surveillance radiologique en Méditerranée, des moules (*Mytilus galloprovincialis*) provenant de 3 stations (Centre, Est et Ouest de la cote Algérienne) ont été analysées. Les résultats indiquent que les moules ne présentent aucune trace de ¹³⁷Cs et que la concentration des radioéléments naturels sont faibles ^[14].

Au nord de l'Afrique ; le nuage toxique radioactif de Tchernobyl a commencé à affecter la Tunisie et l'est de l'Algérie dans la journée de 30 avril au 1^{er} mai 1986. Le taux de contamination radioactif était équivalant à celui enregistré en Italie et dans l'est de la France^[15].

Tableau 1 : Les sources de la radioactivité.

Radioactivité	Origine	Exemples
Naturelle	Terrestre	Source principale de l'exposition ; très inférieur à ce qu'il était lors de l'apparition de la vie.
	Cosmique	Interagit avec des éléments terrestres ou atmosphériques pour former des radionucléides secondaires. Elle augmente avec l'altitude, à cause de la moindre filtration atmosphérique
	Interne	L'exposition interne est endogène (isotopes radioactifs d'éléments constitutifs de l'organisme), et exogène (radionucléides incorporés par inhalation, ingestion ou injection). La désintégration d'un atome de (radon+descendants) est de 5 Bq. L'alimentation est source exogènes.
Artificielle	Industrie, Essais et Accidents nucléaires	30 TBq par an pour une puissance électrique de 1 000 MWe.
		Algérie(sud) pendant la période coloniale Française ; La population est plus exposée au risque de maladies graves (poussières radioactives, flore). Alger, Oran et Tlemcen contaminées le 24 /02/1960.
	Médicale	Des accidents ont conduit à des rejets atmosphériques incontrôlés (Windscale (1957), Three-Mile Island (1979), Tchernobyl (1986) Ukraine et Fukushima (2011), Japon). Ajoute environ 1 mSv à l'exposition naturelle de chaque individu dans un pays développé. Le radiodiagnostic dentaire considérés comme « radiologie légère » par rapport à la radiologie interventionnelle ou les explorations à clichés multiples

* : Tableau élaboré par l'auteur.

2. Biophysique des rayons x

2.1.1. Historique

À l'aube du XXe siècle, la nature des rayons X était déjà bien connue. La mise en évidence de l'ionisation des gaz par les rayons X va rapidement permettre la mise au point de détecteurs quantitatifs de l'intensité des faisceaux de rayons X. Ainsi, les chercheurs du début du siècle vont pouvoir étudier en détail l'interaction entre les rayons X et la matière solide. Ces travaux conduisent logiquement à l'observation et à l'analyse quantitative de la diffusion puis de la diffraction de ces rayons [16] [17].

Le tableau (2) résume l'avancée fulgurante des applications des rayons X.

Tableau 2 : Historique des rayons X.

An	L'Application des rayons X ^[18-21]
1895	Annonce de la découverte des rayons X par le professeur WILHELM CONRAD RÖNTGEN.
1896	L'apparition de la 1 ^{ère} radiographie dentaire du Dr OTTO WALKHOFF dentiste à Braunschweig appliqué 14 jours après la publication de Röntgen ; F. HARISSON était le premier utilisateur du tube dentaire.
	KÖNIG présente 14 radiographies devant l'assemblée de la société de physique de Francfort. Le temps de pose a été réduit de 25 minutes à 9 minutes.
	1 ^{ers} usages médicaux des R X. Une balle est repérée dans une main blessée,
	EDISON a mis au point un fluoroscope qui permet d'observer directement à travers les corps. Il a été proposé pour la première fois aux médecins.
1897	GODON et CONTREMOULIN : communication (radiologie) au congrès national de Paris.
1915	A. CIESZYNSKI publie le manuel de techniques radiographiques stomatologique.
1922	BOCAGE et VALLEBOUG décrivent un procédé original : La Tomographie.
1958	PAATERO met au point l'orthopantomogramme : « panoramique dentaire ».

* : Tableau élaboré par l'auteur.

2.1.2. Nature des rayons X

Les photons X, d'origine péri nucléaire, admettent une énergie, variant de quelques électrons-volts (eV) à plusieurs dizaines de méga-électrons-volts (MeV), et sont capables d'arracher des électrons aux atomes des structures moléculaires. Ils sont donc ionisants et susceptibles d'effets biologiques sur le vivant ^[22]. Les rayonnements électromagnétiques de longueur d'onde inférieure à 315 nm sont considérés comme ionisants (figure 1).

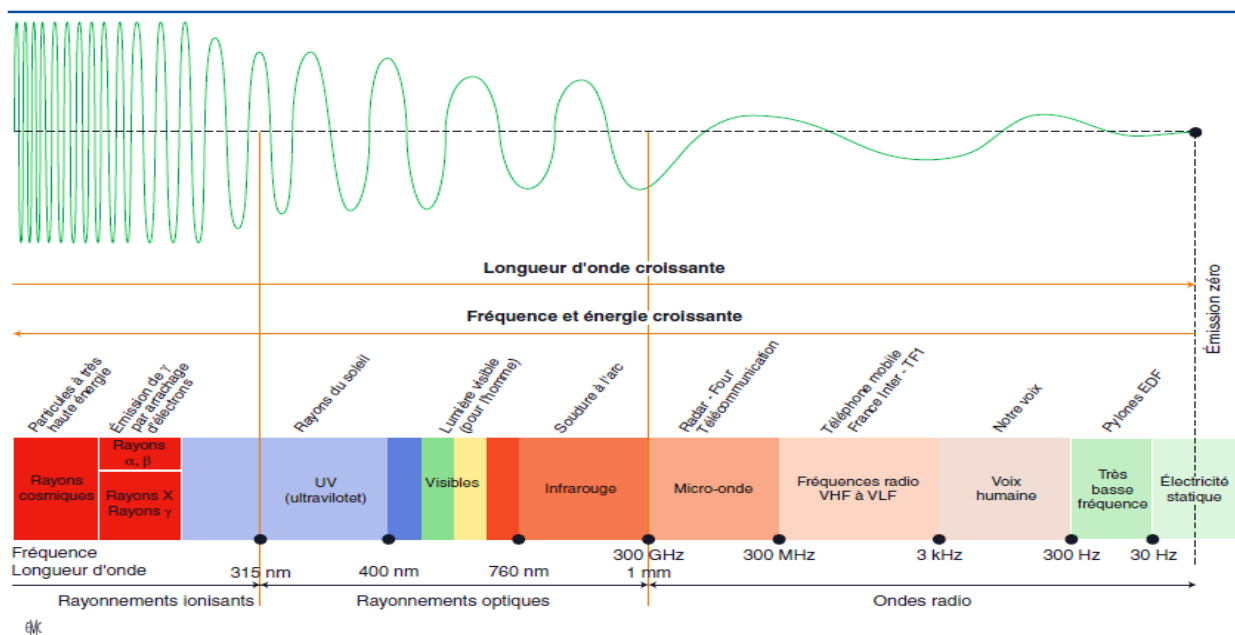


Figure 1 :spectre des rayonnements électromagnétiques [23].

2.1.3. Interactions des rayons X avec la matière

- **L'effet photoélectrique :**

Exprimé par un photon qui cède la totalité de son énergie à un électron. Celui-ci est expulsé de sa couche électronique avec une énergie cinétique suffisante pour créer des ionisations et des excitations [24](Fig 2).

- **L'effet Compton :**

L'électron est éjecté et le photon diffusé selon une trajectoire différente de son incidence initiale aux énergies utilisées dans le radiodiagnostic, le photon diffusé a une énergie proche du photon incident et la probabilité d'une rétrodiffusion dans la direction opposée au photon incident (backscattered) est importante[24] (Fig 3).

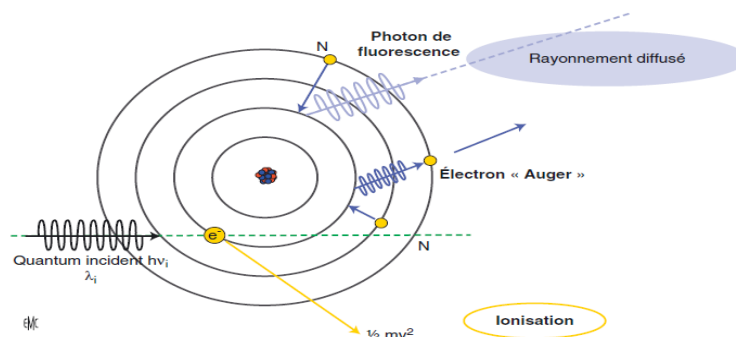


Figure 2 :Effet photoélectrique[23] .

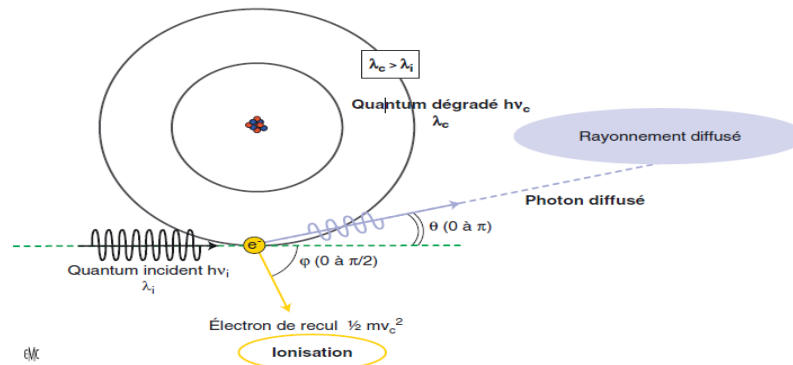


Figure 3 : L'effet Compton^[23].

2.1.4. Les tubes radiogènes dentaires

La plupart des tubes générateurs actuels sont alimentés par des hautes tensions de 60 à 90 kV haute fréquence (140 kHz à 300 kHz) remplaçant avantageusement les anciens tubes autoredressés en fournissant un débit de courant quasi constant et mieux adapté au fonctionnement des capteurs numériques (rendement amélioré, temps d'exposition réduit, obtention plus rapide d'un faisceau de photons homogène)^[25].

2.1.5. Les paramètres de fonctionnement des tubes radiogènes

Les caractéristiques quantitative et qualitative du faisceau de RX dépendent respectivement de l'intensité (6 à 10 mA) et de la haute tension appliquée (60 à 90 kV) au tube. Ainsi, pour augmenter le nombre de photons émis, le filament incandescent doit fournir plus d'électrons ; il convient d'augmenter le chauffage, donc l'intensité, ou d'augmenter le temps d'exposition. On obtient alors une augmentation de la densité du cliché (fig 4).

Idéalement, les praticiens devraient maîtriser les trois paramètres: tension, intensité et temps d'exposition. En réalité, souvent seule la durée d'exposition est réglable sur le dispositif en fonction de l'incidence et de la corpulence du patient ^{[23] [18]} .

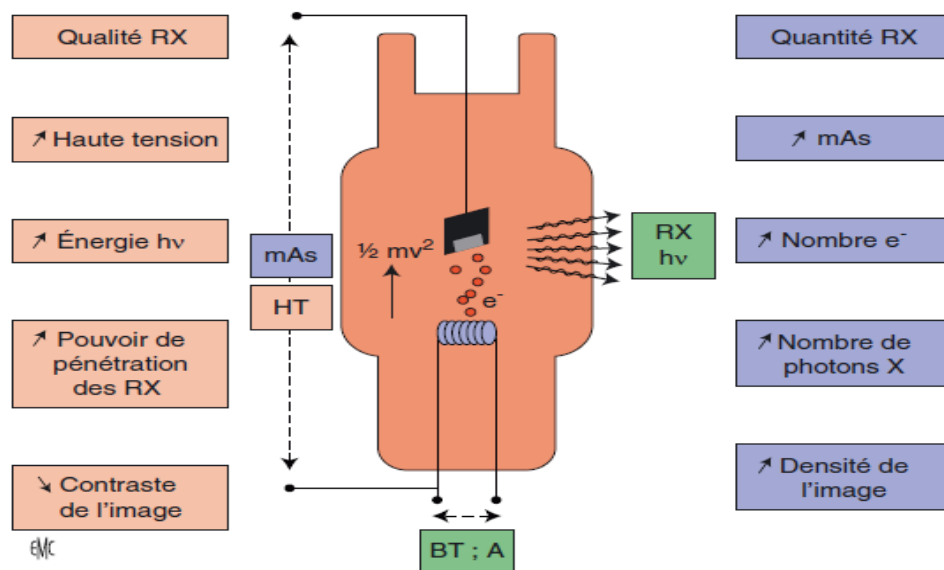


Figure 4 : Influences des constantes sur la qualité et la quantité des rayonnements^[23].

2.1.6. Mise en œuvre des tubes à rayons X

Les tubes sont associés à des applicateurs de faisceaux dont la longueur détermine la distance entre la source et le couple objet-détecteur. L'augmentation de cette distance va limiter l'agrandissement de l'image de l'objet. En outre, l'utilisation du collimateur de forme rectangulaire adaptée aux récepteurs d'images (films ou capteurs) au lieu d'un système de collimation cylindrique diminue notablement la surface de la peau et le volume de tissu exposé ^[23].

2.1.7. Les propriétés des rayons X

Trois d'entre elles ont une influence directe sur notre exercice.

2.1.7.1. Diminution de la densité en fonction de la distance

Si les rayons X sont émis par une ouverture ronde, le faisceau de rayons est un cône dont la base est une calotte sphérique. La surface d'une sphère est égale à $4 \pi R^2$, avec R rayon de la sphère. Pour une quantité initiale de photons X à la source, la densité par unité de surface suit une loi en $\frac{1}{R^2}$. Ainsi, lorsque la distance de la source est doublée, la densité de photons X est divisée par 4 (comme le montre la figures 5) ^[26-28].

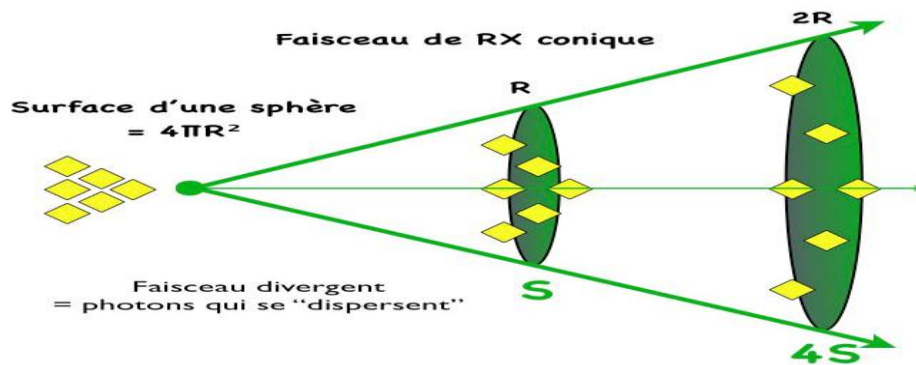


Figure 5 : Diminution de la densité en fonction de la distance^[28].

2.1.7.2. *La diffusion*

C'est la déviation des photons X lors de leur passage dans un milieu matériel. Elle est significative dans l'air, et surtout très importante dans l'eau, donc dans les tissus organiques vivants (principalement constitués d'eau). Lors du contrôle technique en radioprotection, le technicien réalise des tirs de rayons X à travers une bouteille de cinq litres d'eau pour simuler la tête du patient et prendre des mesures d'exposition proches de la situation réelle (en présence d'un patient). La feuille de plomb placée dans l'emballage derrière les films permet d'éliminer le rayonnement transmis inutilement ^[28].

2.1.7.3. *L'absorption*

Ce phénomène est à l'origine de la création de l'image radiologique qui est une dégradation produite par les différences d'atténuation des RX selon les tissus traversés.

Enfin, l'absorption des matériaux permet de déterminer les épaisseurs requises pour se protéger des rayons X. Un faisceau de photons de 100 keV est divisé par 2 à l'aide de 0,01 cm de plomb ou 4,2 cm d'eau ^[24, 28, 29].

3. Radiobiologie

En 1898, Rollins (dentiste à Boston) décrit, la mort de cobayes dans les jours qui suivirent leur irradiation. Plus tard, il met en garde contre l'incidence sur des tissus sensibles comme le cristallin de l'oeil mais aussi le fœtus en réalisant des expériences sur des animaux révélant le caractère tératogène des rayons. Il indique que les rayonnements sont délétères dans un article intitulé « X light kills » publié en 1901 dans le "Boston Medical and Surgical Journal" [19].

La découverte des effets tissulaires de la radioactivité suivra de peu le prix Nobel attribué en 1903 à Henri Becquerel, Pierre et Marie Curie. En 1904, le premier décès suivant une surexposition aux RX est annoncé, peu de temps après qu'on ait découvert leur intérêt pour le traitement du cancer [30].

Les effets des RI englobent une vaste gamme de réactions très différentes les unes des autres dans leur relation dose-effet. On subdivise souvent par souci de commodité les effets en deux grandes catégories : déterministes et stochastiques.

3.1. Les effets déterministes

Les effets dits déterministes résultent de la mort cellulaire et ainsi perturbent l'homéostasie tissulaire [30]. Ils apparaissent au-dessus d'un seuil, dépendant de l'effet et du tissu considéré, et leur gravité augmente ensuite avec la dose, la fraction de mort immédiate augmente et l'accélération de l'élimination des cellules souches est corrélée à la gravité de l'état clinique observé à la phase d'état [12, 30-32].

3.2. Les effets aléatoires ou stochastiques

Terme reflétant le caractère aléatoire que l'on accorde aux impacts entre les RI et les cibles que constituent les gènes répartis sur les chromosomes.

La gravité des effets stochastiques est indépendante de la dose. C'est la probabilité d'apparition de ces effets qui en est dépendante. Les lésions les plus sérieuses intéressent surtout l'ADN aux faibles doses et les membranes cellulaires aux fortes doses [23, 30].

3.2.1. *Effets directs sur l'acide désoxyribonucléique (ADN)*

L'ADN est la cible biologique la plus critique à cause de la redondance limitée de l'information génétique qu'il contient [30], il consiste en une rupture d'une ou de plusieurs de ses liaisons chimiques pouvant provoquer sa dissociation et la formation de radicaux

libres au cours du métabolisme cellulaire de l'oxygène. Ce dernier peut donc être considéré comme indispensable à la vie cellulaire mais également comme la source des espèces chimiques les plus toxiques pour l'ADN [4]. La lésion directe de l'ADN résulte de la création d'ionisations au sein de la molécule elle-même, qu'elles surviennent dans les bases ou le squelette phosphodiester [33].

3.2.1.1. *Cassures monobrin*

Peuvent consister en la perte d'une base, d'un nucléotide ou la modification d'une base. La création d'un pontage intrabrin entre la formation de radicaux libres résulte de la rupture de la liaison covalente et chaque fragment conserve un électron non apparié qui lui confère une très forte réactivité. Ces lésions induisent des altérations du code génétique et des anomalies de transcription [4].

3.2.1.2. *Cassures double brin*

L'atteinte de la structure phosphodiester des deux brins aboutit à une cassure double brin qui correspond à une rupture complète de la molécule d'ADN. Cet événement conduit nécessairement à la perte d'une séquence plus ou moins longue de nucléotides et donc d'information génétique [34].

3.2.1.3. *Lésions complexes*

Enfin, les lésions de l'ADN peuvent impliquer des structures adjacentes sous la forme de pontages avec des protéines nucléaires, des histones, ou avec des molécules d'ARN par la formation de dimères entre la thymidine et l'uracile [34].

3.2.1.4. *Lésions chromosomiques*

Les lésions de la molécule d'ADN ont également des conséquences à une échelle supérieure, chromosomique ou chromatidique, visible macroscopiquement. Elles sont liées à la survenue de lésions double brin qui rompent la molécule d'ADN. Une telle lésion comporte nécessairement une perte de matériel génétique et de la fonction protéique correspondante. Plusieurs mécanismes sont invoqués pour expliquer ce phénomène : des altérations des protéines de signalisation de dommages de l'ADN (protéine P53), ou des altérations des télomères (portions terminales des chromosomes impliquées dans le bon déroulement de la méiose, la protection et la réparation de l'ADN) [4, 35-40].

3.2.2. *Les effets indirects*

L'effet indirect résulte de l'action, à distance de l'ionisation initiale, des produits de la radiolyse de l'eau sur la cellule exposée et sur les cellules voisines. [4, 41].

3.2.2.1. *Création de radicaux libres*

L'eau est le composant majoritaire de toute structure vivante et, à ce titre, les interactions des RI avec les molécules d'eau sont les plus probables. La molécule d'eau subit une radiolyse qui conduit à la formation des radicaux libres ($\text{HO}^\cdot$ et H^+). ils vont pouvoir réagir avec l'ADN et altérer sa structure par oxydation ou réduction [33]. C'est par l'intermédiaire de la « radiolyse de l'eau » que les RI provoquent la formation de radicaux fortement oxydants [30]. La présence de l'oxygène dans la cellule favorise la formation d'eau oxygénée H_2O_2 , ainsi que d'autres espèces oxydantes, qui pourront également provoquer des lésions de l'ADN. Une cellule bien oxygénée est plus radiosensible qu'une cellule en hypoxie[42].

3.2.2.2. *Effet abscopal (bystander)*

L'effet dit (bystander) a été observé lors d'irradiation de cultures cellulaires par des faisceaux de particules suffisamment étroits pour ne frapper qu'une cellule. On observe des modifications des cellules voisines, notamment des modulations de l'expression de certains gènes, des mutations et des lésions de l'ADN et, éventuellement, la mort de cellules n'ayant pas réparé les lésions de l'ADN[4].

3.2.3. *Les mécanismes de protection et de réparation*

L'intégrité de l'ADN est en permanence compromise par la survenue de lésions spontanées en relation avec le métabolisme oxydatif de la cellule. On peut distinguer deux grandes fonctions de maintenance. L'une est dévolue à la détoxification de radicaux libres et l'autre à la détection et à la réparation des lésions [34, 43-49].

3.2.3.1. *Défense contre les radicaux libres et le stress oxydatif*

Après exposition à faible dose de RI, la cellule réagit en stimulant des mécanismes de défense enzymatiques qui sont des capteurs de radicaux libres et des antioxydants (superoxyde dismutase ou SOD, catalase, déméthylase et glutathion notamment), ces enzymes et anti-oxygènes sont mis en œuvre très rapidement pour les intercepter ou les neutraliser dès leur formation[50].

3.2.3.2. *La réparation des cassures monobrin*

Le système enzymatique prend modèle sur le brin restant pour obtenir une copie fidèle de la molécule, synthétise la portion manquante et la recolte à l'emplacement du segment lésé. Une telle réparation est rapide (en moins de 10 minutes) [34, 51].

3.2.3.3. *La réparation des cassures double brin*

Il existe deux modes de réparation de ce type de lésions. Le premier est la ligature non homologue qui aboutit à la simple réunion des deux extrémités sans respect des nucléotides perdus. Le second mode est plus complexe puisqu'il implique la reconstruction homologue des brins d'ADN à partir du second chromosome. Dans ce cas, la réparation peut être fidèle. La complexité de la réparation de ces lésions double brin allonge le temps de réparation (supérieur à 30 minutes) [43].

3.2.3.4. *Elimination des cellules lésées*

Les systèmes de surveillance des lésions de l'ADN ont pour finalité d'éviter toute rémanence d'une lésion qui pérenniserait une altération génétique. Si les lésions sont trop importantes ou non réparables, la cellule meurt immédiatement ou après quelques divisions (apoptose). Le système immunitaire peut, indépendamment, intervenir pour éliminer cette cellule altérée [4, 33, 47, 52].

3.3. Les techniques de dosimétrie biologique

Il est possible, par la mesure d'un effet biologique donné, d'estimer la dose délivrée au volume étudié. Ceci constitue le principe de base de la dosimétrie biologique.

3.3.1. *La technique de dosimétrie par étude du caryotype*

Le dénombrement des chromosomes dicentriques dans les lymphocytes du sang circulant, son intérêt est de disposer d'une méthode sensible permettant une évaluation de la dose reçue avec une précision de l'ordre de la dizaine de millisieverts [4, 32].

3.3.2. *La technique de dosimétrie moléculaire*

Elle est basée sur les méthodes utilisant l'hybridation in situ pour repérer des séquences caractéristiques de lésions stables telles que les translocations. Elle utilise une séquence spécifique d'acide nucléique, appelée sonde moléculaire, qui se fixe sur un point particulier du chromosome et peut être marquée par un agent fluorescent [53].

4. Radiopathologie

Les effets stochastiques sont la conséquence de modifications du matériel génétique cellulaire qui induiront des cancers si elles portent sur des cellules somatiques, des modifications du phénotype de la descendance de l'individu exposé si elles portent sur des cellules germinales. Si ces effets n'ont, en théorie, pas de seuil, ils ne sont en réalité observables qu'à partir de doses moyennes et fortes au moyen d'études épidémiologiques. Pour ne pas sous-estimer le risque, on considère que l'augmentation de la probabilité d'apparition de cancer est proportionnelle à la dose reçue. Si l'effet apparaît, il évolue ensuite indépendamment de la dose, c'est-à-dire que sa gravité ne dépend pas de la dose initiale [41, 54].

4.1. Cancérogenèse

Quelque soit le facteur déclenchant, ce processus passe par trois étapes essentielles : l'initiation, la promotion et la progression [55].

4.1.1. *L'initiation*

Elle résulte de l'activation d'un oncogène ou de l'inactivation d'un antioncogène.

4.1.1.1. *Activation d'un oncogène*

Les oncogènes dérivent de proto-oncogènes qui ne sont fonctionnels qu'au cours de l'embryogenèse, durant laquelle ils permettent la multiplication de lignées cellulaires. Ils sont ensuite inactifs mais peuvent être réactivés par mutation, translocation ou amplification, portant toujours sur un point précis. Un exemple d'induction de cancer par ce mécanisme est le lymphome de Burkitt de l'enfant africain, où l'oncogène C-myc est activé à l'occasion d'une co-infection par le virus Epstein-Barr et le paludisme. Les cancers causés par ce processus peuvent survenir à tout âge [4, 34, 40, 48, 50].

4.1.1.2. *Désactivation d'un anti-oncogène*

Ce mécanisme est plus souvent en cause dans la genèse d'un cancer. Les deux allèles d'un gène ayant une fonction de contrôle de la multiplication cellulaire ont une fonction équivalente. Une inactivation de l'allèle restant, dans la même cellule, sera nécessaire pour donner naissance à une lignée cellulaire incontrôlée, c'est-à-dire un cancer. Certain nombre de maladies héréditaires sont dues à la mutation transmissible d'un allèle réprimant la multiplication cellulaire. Ce sont par exemple l'ataxie-

télangiectasie, l'anémie de Fanconi, le xeroderma pigmentosum ou le syndrome de Li-Fraumeni [4, 34, 56].

4.1.1.3. **Action des agents cancérogènes**

Lorsque le nombre de lésions induites devient trop important, Les mécanismes de réparation peuvent être dépassés, réparation incomplète ou de façon incorrecte. Ceci explique le rôle fondamental du débit de dose dans la genèse des lésions du matériel génétique^[34].

4.1.2. **La Promotion et la progression**

4.1.2.1. **Incidence spontanée**

Les données des examens autoptiques systématiques montrent la présence de cancers occultes chez une majorité d'individus morts d'une autre cause.

4.1.2.2. **Cancérogenèse induite**

Parmi cent (100) cancers déclarés, on estime schématiquement que 20 sont dus à l'intoxication tabagique, 10 à l'intoxication alcoolique, 33 à des facteurs alimentaires, 5 à des carcinogènes environnementaux, parmi lesquels les RI qui arrivent loin derrière les ultraviolets (cancers cutanés).

- *Etudes épidémiologiques : Life span study (LSS)*

À partir des données épidémiologiques d'Hiroshima et de Nagasaki, a été mise en évidence une relation indiscutable entre l'exposition et la survenue de cancers avec une relation sensiblement linéaire entre la dose reçue et la probabilité d'apparition^[49, 57].

- *Expositions diagnostiques médicales*

Au début des années 2000, plusieurs études épidémiologiques ont essayé de déterminer le risque potentiel de l'exposition des patients aux rayons X dans un but diagnostique. Certaines de ces études, extrapolant le risque à l'ensemble de la population à partir de doses collectives de rayonnement délivrées, évaluaient ainsi le nombre de morts par cancer induit par RI dans les pays développés à plusieurs milliers annuellement [34, 49, 50, 58].

- *Rayonnement naturel*

La seule corrélation établie entre une exposition au rayonnement naturel et l'augmentation de l'incidence des cancers est celle des cancers broncho-pulmonaires chez les mineurs d'uranium [49, 59].

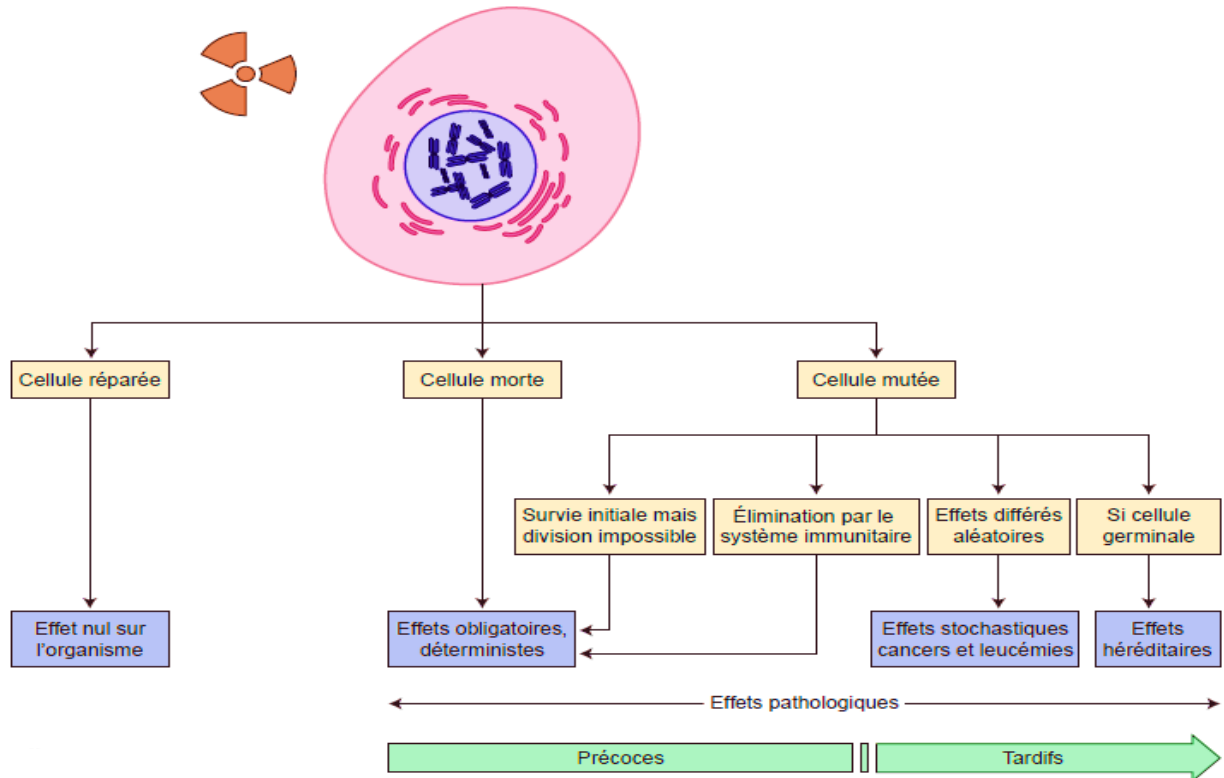


Figure 6 : Les effets biologiques des RI [60].

Les effets des faibles doses ont été d'abord analysés par la cytogénétique, puis les technologies basées sur l'immunofluorescence permettent de suivre l'évolution d'un dommage de l'ADN au sein-même du noyau cellulaire. Cette avancée rend possible une étude rigoureuse des phénomènes au moins jusqu'à 25 μSv [61].

En effet, si les expérimentations radio-biologiques ont rendu crédible un effet cancérogène des faibles doses, l'analyse statistique des études cliniques, et donc leurs conclusions, ont fait l'objet de beaucoup de critiques [42].

4.2. Autres effets stochastiques

4.2.1. Augmentation des affections non cancéreuses

Une augmentation statistiquement significative est observée des maladies cardiaques, digestives, respiratoires, hématopoïétiques et des accidents vasculaires cérébraux. [30, 58, 62].

4.2.2. *Hormèse*

Ou *hormesis* correspond à l'induction d'un effet bénéfique (réduction de la fréquence des cancers, allongement de la durée de vie) par une exposition à une faible dose d'un agent toxique. Chez les survivants d'HN exposés à moins de 150mSv, la fréquence des leucémies est diminuée. À Taiwan, la mortalité par cancer dans une cohorte d'environ 10 000 habitants d'immeubles en béton armé de ferrailles contenant du cobalt 60 est inférieure à celle de la population prise dans son ensemble [4, 50].

4.2.3. *Réponse adaptative*

Une réduction de la radiosensibilité des chromosomes a été observée chez des travailleurs ayant reçu en quelques semaines une dose de quelques millisieverts (inférieure à 10 mSv), par rapport à une population de travailleurs témoins. [4, 49, 63]. La réponse adaptative a souvent été une source d'erreurs d'interprétation à l'origine de l'hypothèse de l'innocuité des faibles doses de radiation^[61].

5. Grossesse et exposition médicale

Les effets de RI sont de deux types, un risque malformatif (tératogène) et l'induction de cancer à long terme.

5.1.Effets tératogènes

Avant l'implantation (J8), l'œuf est au stade de morula. Chacune des cellules qui le constituent est capable de produire un embryon normal. Si une ou plusieurs d'entre elles sont tuées, la multiplication des autres permet de compenser. L'effet d'une exposition obéit donc à la loi du tout ou rien : si toutes les cellules ont été lésées la grossesse s'arrête et n'est même pas décelée. Si les lésions ne portent que sur une partie des cellules, la grossesse se poursuit normalement.

Pendant l'organogenèse (du 9^{ème} jour au début de la 9^{ème} semaine), Il s'agit d'un risque (dose ≥ 200 mGy). La radiosensibilité est la plus forte, particulièrement entre la 3^{ème} et la 5^{ème} semaine. La mort d'un groupe de cellules peut occasionner l'arrêt de développement, engendrant une malformation majeure.

Au cours de la maturation fœtale (de la 9e semaine au 9e mois), les organes sont formés. Le cerveau, qui connaît, jusqu'à la 15e semaine une phase de développement cruciale, dont l'exposition aux RI, comporte un risque de « maldéveloppement » cérébral, se traduisant par un retard mental [59, 64, 65].

5.2.Effets cancérogènes

L'incertitude sur le risque cancérogène est la raison principale pour éviter, dans la mesure du possible, toute exposition *in utero*. Quand cette exposition est justifiée médicalement, il faut se limiter à la dose la plus faible possible compatible avec le résultat diagnostique ou thérapeutique recherché^[59].

6. La chaîne de conception de l'image radiographique dentaire

Il ya dans l'image anagramme du mot « *magie* » quelque chose de fascinant qui nous dépasse. Comme l'écrit R. Debray, « l'art nait funéraire » (fresque rupestre des sépultures de l'aurignacien, sarcophages de Haute-Egypte, nécropoles étrusques, catacombes gisantes de moyen- âge...). L'étymologie nous aide à comprendre : *imago* désigne le masque mortuaire que le magistrat romain conserve dans une niche de l'atrium ; *figura est*, dans son sens premier, le spectre comme eidôlon qui donne le mot idole et d'où dérive icône (eikôn) [18, 66, 67].

6.1.Le générateur des rayons X

La formation de l'image radiographique se fait schématiquement en quatre étapes au sein d'une chaîne radiologique qui comporte la production des (RX), la formation de l'image radiante, la modulation du faisceau de RX par la traversée de l'objet, la détection de l'image radiante recueillie sur un détecteur (analogique ou numérique) et en fin la présentation de l'image définitive (Figure 7)

Le schéma du montage d'un appareil à rayons X montre qu'il est constitué essentiellement de plusieurs constituants comme le montre le tableau3.

Les minuteriers utilisés suivent la révolution technologique passant par les minuteriers mécaniques, électromécaniques et électroniques, ces derniers sont de très grande précision[46, 68, 69].

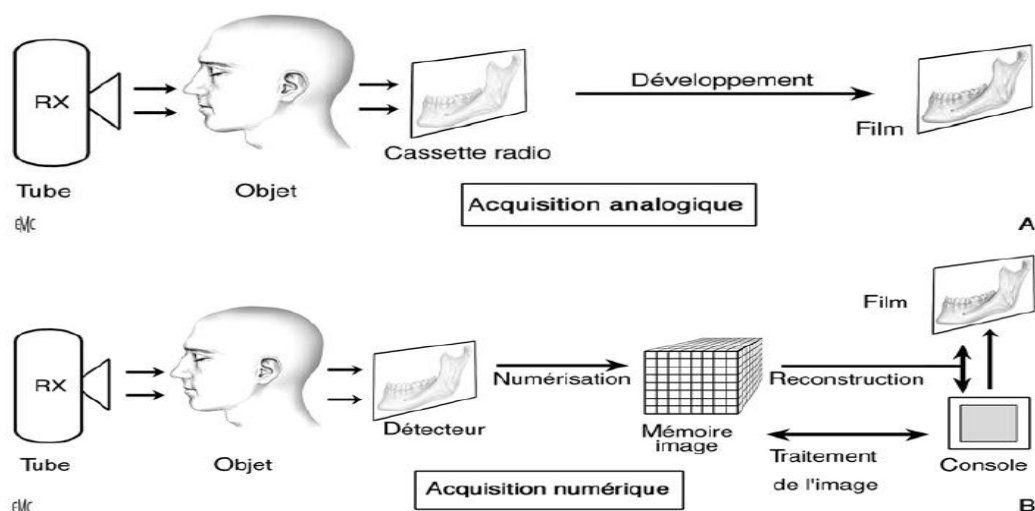


Figure 7 :La chaîne radiologique.

[70]

Tableau 3 :Le rôle des constituants d'un appareil à rayons X.

Constituants [66, 71]	Rôle
Autotransformateur	Correcteur de tension et contrôler les variations du Courant.
Transfo/ élévateur	Production des tensions jusqu'à 100 000volts
Un rhéostat	Réglage de chauffage du filament par le courant.
Transfo/ abaisseur	Assure un bas voltage du circuit
Milliampèremètre	Mesure la quantité de courant
Minuterie	Réglage du temps d'exposition

* : Tableau élaboré par l'auteur.

6.2.Les facteurs influençant la production de rayons

6.2.1. L'intensité du courant et le temps d'exposition

Le courant (mA, milliampère) traversant le filament de la cathode détermine la quantité d'électrons produits de façon à ce qu'une augmentation d'intensité du courant se traduit par une production accrue d'électrons percutant la cible en un temps donné. Le temps est un facteur qui influence la quantité de rayons X [23].

6.2.2. La tension du générateur

Plus la tension est élevée, plus l'énergie cinétique est grande. En outre, plus elle est élevée, plus elle est susceptible de permettre à un plus grand nombre d'électrons d'atteindre l'anode. Nous pouvons systématiquement choisir, une tension allant de 60 à 70 kV pour tous types de clichés radiographiques [25].

6.2.3. L'alimentation du circuit haute tension

Le circuit de haute tension est alimenté par le courant alternatif du secteur caractérisé généralement par une tension de 220 volts sous une fréquence de 50 Hz. [25, 72, 73].

6.3.Les dispositifs complémentaires

6.3.1. Les tubes applicateurs de faisceaux

Les générateurs possèdent tous un tube applicateur, voie de sortie du faisceau de rayons X. Ce tube est doublé de Plomb ou de Zamak (alliage de Zinc, d'Aluminium et de Magnésium, parfois de Cuivre), susceptibles d'absorber une partie des rayons diffusés dans une certaine limite non modifiable[25].

La longueur du tube détermine la distance entre la source et la peau et influe, par conséquent, sur la distance entre la source et le récepteur. La variation dimensionnelle de l'image par rapport à l'objet radiographié dépend de ce facteur. Cette longueur joue un rôle important dans la qualité de l'image. Un long cône de 30 ou 40 cm, est préconisé depuis de nombreuses années pour réduire au maximum la divergence du faisceau [66, 74-76].

Le faisceau de rayons X est " canalisé " par le long cône et sa grande partie sert à radiographier la région anatomique désirée sans aller irradier une autre partie du patient.

Cette solution (longs cônes) est préférable en raison de la réduction importante de l'irradiation dans les structures profondes[25].

Il existe une collimation automatique fournie au niveau des appareils. Elle est localisée près de la source : c'est la collimation initiale. Il ne faut pas s'en contenter. Une seconde collimation doit être placée à distance pour éliminer le rayonnement diffusé à partir de la première collimation. Cette collimation sera d'autant plus efficace qu'elle sera proche de la peau .La (figure 8c) montre qu'une collimation externe, placée à la sortie du tube, proche de la peau, permet de diminuer considérablement la surface d'exposition et la divergence du faisceau [16, 25, 75].

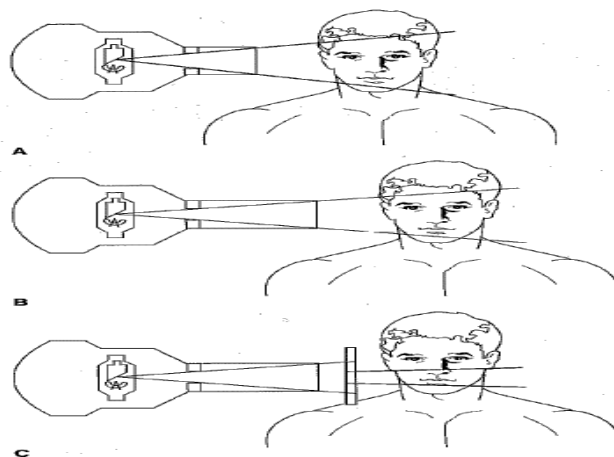


Figure 8 :Schéma de trois tubes de tailles différentes[1].

Réduire la surface d'exposition aux dimensions des récepteurs utilisés permet de diminuer la taille du faisceau et, par conséquent, le volume de tissus exposés. La surface du faisceau à la sortie d'un tube cylindrique de 6 cm de diamètre est de 28,27 cm². Elle est de 15,75 cm² avec un tube à collimation rectangulaire (3,5 cm x 4,5cm), soit une

diminution de 44% environ. Il est particulièrement important de limiter cette irradiation par une collimation soignée au voisinage des organes sensibles [1, 77-80].

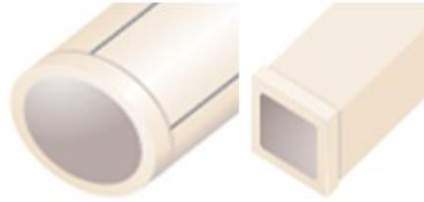


Figure 9 : Les différents types de collimation^[81].

6.3.2. *Les angulateurs*

Les angulateurs sont des systèmes de positionnement des films radiographiques. Le praticien ne doit jamais tenir le film en bouche, il doit se protéger des irradiations et il n'est également pas souhaitable que ce soit le patient qui le maintienne. Les angulateurs sont très précis, ils permettent un bon positionnement du film en bouche ainsi qu'une excellente orientation du tube évitant les déformations radiographiques (figure 10) [1, 81].



Figure 10 : Angulatur et portes films^[18].

6.4. Les récepteurs de l'image radiographique

6.4.1. *Les récepteurs analogiques (films argentiques)*

Le film argentique est emballé dans trois éléments qui sont : le papier noir (Fig. 11 C), la feuille de plomb (Fig. 11 B) et l'enveloppe en plastique (Fig. 11A).

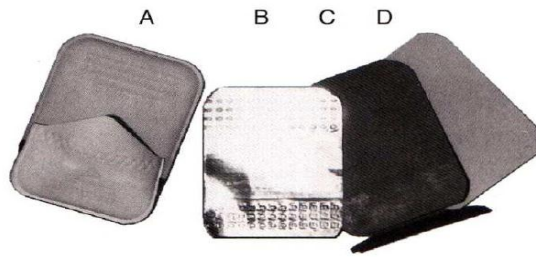


Figure 11 : Composition du film argentique^[1].

Le papier noir entoure le film radiographique et le protège de l'exposition lumineuse, l'exposition salivaire et/ou sanguine. La feuille de plomb située en bouche du côté opposé à la source du rayonnement, permet de diminuer l'irradiation des tissus situés derrière le film et de le protéger de l'irradiation secondaire diffusée, ce qui supprime le flou qui en résulterait^[81].

L'enveloppe en plastique évite la contamination du film par la salive et/ou le sang du patient. Il existe des films de différentes dimensions adaptées au secteur à radiographier (antérieur, postérieur, occlusal, etc.) ainsi qu'au patient (adulte ou enfant) ^[1,81] .

6.5.La chaîne de traitement chimique

L'exposition d'un film radiographique crée une image latente(virtuelle) que le traitement chimique approprié va transformer en image réelle. Cette phase, est essentielle puisque la totalité des informations potentielles doit être retrouvée dans l'image obtenue.

Sa réalisation dépend de l'établissement d'un protocole technique (la chaîne de traitement) rigoureux et reproductible, faisant intervenir des produits industriels utilisés strictement selon les recommandations (dilution, température d'utilisation et renouvellement périodiques). Elle peut être indifféremment exécutée manuellement ou par une machine automatisée. Les clichés peuvent être développés selon deux modes :

- Traitement standard (cliché de diagnostic) qui implique des temps incompressibles dans la chaîne de traitement, selon la température du bain, et garantit une qualité optimale des images.
- Traitement accéléré (cliché peropératoire) qui ne peut être obtenu que par l'utilisation d'un produit spécifique à température ambiante (ex. : Rapid Access) ou de bains standard chauffés, en aucun cas l'augmentation du temps d'exposition ne devra être utilisée pour raccourcir le temps de traitement. Après rinçage pendant 20 secondes, la désopacification dans le fixateur permet la lecture par

transparence au bout d'une minute, mais le temps optimum de fixation pour l'archivage doit être respecté (10minutes) le temps de lavage ne doit pas être écourté, sous peine de dégradation ultérieure du cliché (4 à 10minutes).

Après séchage complet des films, leur manipulation sans contact digital avec la surface du film (manipulation par la tranche) sera suivie d'un marquage (nom, date, éventuellement numéro de dent) pour archiver à l'abri de la chaleur, de l'humidité, de la poussière.

Un protocole de contrôle qualité approprié à chacune de ces deux options (manuelle ou automatisée) devra permettre de maintenir les résultats du traitement des clichés dans une fourchette étroite de densité et de contraste garantissant leur valeur diagnostique.

Le film auto développant est un film constitué par une enveloppe principale hermétique en matériau plastique bicolore renfermant dans sa partie supérieure, la pellicule radiographique et dans sa partie inférieure légèrement renflée, un dispositif contenant une solution exclusive de développement et de fixation. Ce film permet une manipulation plus aisée et instantanée en pleine lumière.

Les principaux dangers du stockage sont : la température, l'humidité excessive, l'exposition aux produits chimiques et les rayons X. On doit les déposer dans des boîtes aux parois doublées d'acier ou de plomb [18, 82-85].

6.5.1.1. *Le matériel essentiel au traitement du film*

La chambre noire est indispensable pour l'obtention d'images de qualité. Elle doit être étanche à la lumière et de température constante. Elle est constituée de quatre baignoires, placées de gauche à droite : (révélateur, eau de rinçage, fixateur et eau de rinçage). Le traitement mono bain nécessite un bain unique ; par contre la développeuse automatique fonctionne suivant des procédés différents selon le modèle.

Les pinces à développer permettent leur manipulation aisée. Elles peuvent se présenter sous différentes formes et dimensions. Un thermomètre est indispensable afin de vérifier la stabilité de la température des baignoires. La durée optimale de développement est indiquée par le fabricant en fonction de la température [81, 85].

6.5.1.2. *Le matériel essentiel à l'observation du cliché*

Les conditions de lecture jouent un rôle primordial dans les résultats de l'interprétation, celles-ci peuvent aller du simple examen à la lumière du jour devant une

fenêtre à l'utilisation de dispositifs très élaborés comme le négatoscope. Grâce à la loupe, certains détails sont ramenés dans le domaine de la perceptibilité [74, 85, 86].

6.5.1.3. *Le matériel essentiel à l'identification, stockage et la pérennité du cliché*

Ce sont des feutres spéciaux qui permettent d'écrire aisément et de façon permanente sur les clichés des données obligatoires d'identification de la radiographie devenant un élément à part entière du dossier médical. Le film doit être manipulé avec précaution afin d'éviter toute altération de sa qualité [1, 25, 87].

Les conditions de conservation sont : le respect de la date de péremption, la température ambiante, l'abri de l'humidité, la distance d'une zone de rayonnement et le film doit être rangé dans une pochette attachée au dossier [85].

6.5.2. *Les récepteurs ou capteurs numériques*

Le numérique n'invente rien ; il utilise les faiblesses du système argentique pour palier à tous ses défauts et tenter de se rapprocher de l'outil le plus précis possible, de manière à obtenir des résultats reproductibles.

Pour l'imagerie en technique directe, la constitution (CCD et/ou CMOS) de la majorité des capteurs permet de transformer un rayonnement X en un signal lumineux, directement quantifiable et interprétable par le CCD et/ou CMOS qui le compose. Le capteur est relié à l'unité informatique par un câble, Il s'agit d'un capteur de petite taille contenu dans un boîtier plat, mobile, relié directement au système de numérisation, le capteur est composé d'un scintillateur et d'un dispositif à transfert de charges CCD reliés par des fibres optiques, Les capteurs solides ont une zone de sensibilité réduite qui impose de travailler entre 60 et 70 kV pour un résultat d'image optimum.

L'imagerie en technique indirecte, souvent appelée plaques au phosphore, nécessite le passage du détecteur dans une unité de lecture : un faisceau laser révélera l'image. Il s'agit des Ecrans Radio Luminescents à Mémoire (ou ERLM).

Dans l'imagerie indirecte, toutes les tailles de capteurs utilisés sont absolument identiques à celles que nous avons l'habitude de manipuler en imagerie argentique[16, 68, 76, 81, 88] .

6.6. Les moyens de protection contre le rayonnement ionisant :

6.6.1. Les équipements de protection collective (EPC)

Ce sont les protections plombées ou « blindage » des parois et cloisons de locaux avec des feuilles de plomb auto-adhésives. Leur facilité d'utilisation les rend polyvalentes pour des blindages de cloisons ou des objets de formes variées ; des plaques de paravent en plâtre recouvertes de plomb ; les portes plombées ; les pupitres fixes ou paravents plombés mobiles avec parois et vitres plombées^[58, 89].

6.6.2. Les équipements de radioprotection individuels (EPI)

Lorsque le risque d'exposition ne peut être limité par les EPC, il est fait appel aux EPI afin de ramener les doses individuelles au niveau le plus faible raisonnablement possible. Les épaisseurs équivalentes de plomb les plus fréquemment utilisées sont : (0,5 à 0,35 mm) sachant que la différence de poids entre un tablier 0,5 mm et 0,35 mm est d'environ 30 %, alors que la différence de pouvoir d'atténuation est de quelques centièmes (2 à 8 %). On distingue dans le milieu médical les chasubles, les tabliers et les ensembles veste ^[58, 89].

7. La mesure physique de la dose en radiologie

La mesure physique de dose en radiologie n'est effectuée que pour les contrôles de qualité et lors de travaux de recherche ou d'expertise [90-92].

7.1. Les grandeurs dosimétriques

La dosimétrie a pour but de mesurer la quantité d'énergie déposée dans un matériau ou un tissu vivant lors d'une exposition à des RI. Si les grandeurs physiques telle que la fluence (nombre de particules ou énergie par unité de surface) permettent de caractériser directement le faisceau RX, la dosimétrie nécessite la définition de grandeurs de protection et opérationnelles [92, 93].

7.1.1. La dose absorbée

On la définit (en Gray) comme l'énergie par unité de masse à l'équilibre électronique :

$$D = dE/dm \text{ (1 Gy = 1 J/kg)}.$$

Elle ne peut rendre compte à elle seule de la nocivité des rayonnements ionisants sur le vivant. La nuisance de rayonnement due à l'énergie déposée et dépend également de la nature du rayonnement électromagnétique. On introduit alors la notion de la dose (biologique) équivalente.

7.1.2. La dose (bio) équivalente

Elle est exprimée en Sievert, c'est la dose absorbée par l'organe (T) par le rayonnement (R) :

$$H_{T,R} = W_R \cdot D_{T,R}$$

W_R : facteur de pondération des rayonnements. (Selon les tables de la Commission Internationale de protection radiologique (CIPR)).

Néanmoins, on retient $W_R = 1$ pour les rayons X. La dose équivalente est donc numériquement égale à la dose absorbée mais l'unité est différente. $H_{T,R}$ ne se mesure pas mais se calcule. Le risque d'effets biologiques résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants n'est pas uniforme pour l'ensemble de l'organisme. Afin de prendre en compte la radiosensibilité des différents organes, on introduit la dose efficace (Sievert), somme des doses équivalentes reçues par tous les organes ou tissus exposés pondérées par W_T :

$$E_{T,R} = \sum W_T \cdot H_{T,R}$$

La dose biologique équivalente dépend à la fois du facteur individuel et de l'intervalle de temps entre les doses^[94].

7.1.3. *La dose efficace (e)*

C'est la dose fictive administrée de façon homogène au corps entier qui induit le même risque stochastique (aléatoire et retardé) que l'ensemble des doses reçues par les différents organes. (E) permet ainsi d'estimer le risque lié à des expositions d'organes différents ou délivrées selon des modalités distinctes. (E) rapporte l'exposition locale à un effet théorique de cancers radio-induits ou d'éventuels effets héréditaires sur le corps entier. Les coefficients de radiosensibilité des organes ou groupes d'organes W, dont la somme est égale à 1, sont régulièrement révisés par la CIPR qui a par exemple inclut dans la liste des organes les glandes salivaires ($W = 0,01$) ; ce qui a modifié le calcul final des doses efficaces estimées lors des examens de radiodiagnostic(E) offre une échelle de référence mais demeure une valeur calculée, dépendante des valeurs W, susceptible de masquer des doses absorbées élevées. Lorsque l'irradiation est localisée, il est ainsi plus judicieux d'utiliser la dose absorbée à l'organe^[28, 90, 94, 95] (tableau 4).

7.1.1. *La dose absorbée dans l'air, D_{AIR}*

Elle se mesure grâce à une chambre d'ionisation placée à une distance donnée et caractérise une installation. La dose dans l'air est proportionnelle au courant haute tension du tube, à la durée d'exposition et théoriquement proportionnelle au carré de la tension du générateur X (sans tenir compte de l'effet de filtration).

$$D_{AIR} = V^{2,5} \cdot V \cdot I \cdot t$$

Tableau 4: Les facteurs de pondération tissulaire^[96].

Tissus	W_T^*	ΣW_T
Moelle épinière, sein, colon, poumon, estomac et autres	0,12	0,72
Gonades	0,08	0,08
Vessie, œsophage, foie, thyroïde	0,04	0,16
OS, cerveau, glandes salivaires, peau	0,01	0,04

* W_T : facteur de pondération tissulaire pour le tissu exposé.

Pour tenir compte du rayonnement diffusé par les tissus recevant le rayonnement, on introduit la dose d'entrée (DE) reflet de la dosimétrie à la peau du patient : **DE = DAIR.FR**D, avec FRD facteur de rétrodiffusé ; FRD varie de 1,2 à 1,4. Elle peut se mesurer grâce à un dosimètre adapté positionné sur la peau du patient. A titre d'exemple, la dose d'entrée pour un cliché rétroalvéolaire est de l'ordre de 1 à 2 mGy^[23, 97].

Les doses en profondeur se mesurent à l'aide de fantômes anthropomorphiques dans lesquels sont placés des dosimètres.

On distingue les grandeurs opérationnelles pour les appareils de surveillance de l'ambiance ou de l'environnement et de surveillance individuelle (dosimétrie personnelle). L'équivalent de dose individuel pénétrant $HP_{(d)}$ $HP_{(10)}$ est un bon estimateur de la dose efficace corps entier. Elle est utilisée pour la surveillance dosimétrique et le classement des personnels. $Hp_{(3)}$ et $Hp_{(0,07)}$ estiment respectivement la dose équivalente au cristallin et à la peau. L'équivalent de dose individuel est directement obtenu avec des dosimètres étalonnés [28, 29, 92, 94, 98, 99]

7.2.Les instruments de mesure

7.2.1. La chambre d'ionisation

C'est l'instrument principal de mesure du RI, constitué d'une enceinte contenant un gaz et de deux électrodes entre lesquelles est établie une différence de potentiel. Lorsqu'un RI traverse l'enceinte, il ionise le gaz. L'électron et l'ion positif se dirigent respectivement vers l'anode et la cathode et un courant s'établit, dont l'intensité est proportionnelle au flux de RI. C'est la méthode de référence pour mesurer la dose d'entrée.

La chambre d'ionisation en sortie de tube indique directement le PDS (produit-dose-surface), en multipliant l'intensité du flux de rayons X qui la traverse par la surface délimitée par les lames de collimation. On peut ainsi connaître la valeur du PDS pour chaque cliché (en réinitialisant le compteur après chaque dose) ou la valeur du PDS pour toutes les expositions (graphie et scopie) d'un examen [90, 91, 97].

7.2.2. *Le dosimètre radiothermoluminescent*

Il permet des mesures directes (mais différées) de la dose in vivo en radiologie. Soumis au RI, le matériau utilisé (fluorure ou borate de lithium) est excité, puis désexcité par chauffage au moment de la lecture. Il émet lors de cette désexcitation un photon lumineux. La mesure de cette luminescence permet de quantifier l'exposition à laquelle a été soumis le détecteur. Constitués de pastilles de quelques millimètres, ces détecteurs peuvent être placés sur la peau, sans créer d'artefacts importants sur l'image radiologique, ce qui permet leur utilisation sur des patients. Ils sont notamment utilisés pour mesurer les doses d'entrée lors des campagnes de mesure destinées à établir des niveaux de référence[23, 96].

7.2.3. *Le détecteur à scintillations*

Il est destiné à la mesure directe instantanée de la dose à la peau. Le capteur (scintillateur) est à base de phosphore, mesure 1 à 2 mm de diamètre et est solidaire d'une fibre optique. Il est guidé par la fibre optique jusqu'à un semi-conducteur photosensible. L'intensité du signal lumineux capté par le semiconducteur est proportionnelle à la dose. Chaque détecteur peut servir pour 50 mesures environ. Radios transparents, ils se fixent très facilement par un adhésif à la peau du patient et sont parfaitement adaptés à la mesure de la dose en temps réel, lors de procédures de radiologie interventionnelle par exemple.

Le calculateur de dose est utilisé par beaucoup de tables de radiologie conventionnelle modernes qui n'ont pas de chambre d'ionisation en sortie de tube, sous réserve d'un étalonnage régulier avec une chambre d'ionisation [94, 100-102].

8. Les techniques radiologiques dentaires

8.1. Les techniques radiologiques endo-buccales

La radiographie endo-buccale rend depuis longtemps des services inestimables au praticien, dans sa pratique quotidienne, elle fait appel à un matériel spécifique (tube dentaire, film argentique ou capteur numérique). Elle se classent en trois incidences principales résumées dans le tableau 5 [103].

8.1.1. *Les incidences rétroalvéolaires*

Techniques fondamentales et des outils de travail encore irremplaçables pour le diagnostic, le contrôle et la surveillance des traitements.

8.1.1.1. *La méthode de cône court*

Ancienne méthode (1911) réalisée par le praticien au fauteuil d'où le récepteur est maintenu en arrière des dents à examiner par le patient lui-même. L'extrémité du tube est placée à hauteur de la ligne des apex et le rayon directeur est perpendiculaire à la bissectrice de l'angle formé par le grand axe de la dent et le plan du récepteur (règle d'isomètre de CIESZINSKI). Il en résulte, théoriquement, une image de mêmes dimensions que l'objet. Cette technique dite « de la bissectrice » ou méthode de Dieck est en voie de disparition au profit du « long-cône » [66, 85].

8.1.1.2. *La méthode de long cône*

Appelée encore des « plans parallèles » ou « téléradiographie intra-buccale » (TIB), elle assure une projection de l'image avec un minimum de déformation, matérialisé par un focalisateur de grande taille (dit long-cône) qui réduit la divergence du faisceau par l'orthogonalité du rayon directeur à la dent examinée et au récepteur, maintenu en bouche et parallèle au grand axe de la dent. Les conditions strictes d'orthogonalité et de parallélisme du rayonnement sont assurées par l'utilisation d'angulateurs spéciaux. Une fois le système de positionnement du film en bouche, on place l'extrémité du cylindre « long cône » au contact de l'anneau et on assure le parallélisme de la tige et le cylindre pour une bonne direction du rayonnement [67, 85].

8.1.2. *Incidence rétrocoronaire ou Bite wing*

Il a été proposé par RAPER en 1931, le film argentique est facilement mis en place en arrière des couronnes dans le secteur prémolaire ou molaire et maintenu par morsure

d'une ailette de papier destinée à être mordue par le patient «bite-Wing», le rayon incident est incliné de 5 à 10° vers le bas par rapport au plan d'occlusion [66]. Cette technique ignore délibérément les racines pour donner une image précise des couronnes affrontées. Elle est facile à réaliser et très appréciée en odontologie pédiatrique[67].

8.1.3. *Les incidences occlusales*

Méthode ancienne, diffusée par BELOT dès 1907, utilise un film 57 x 76 mm dit mordu maintenu dans le plan occlusal par morsure légère du patient. Ses incidences utilisent un cône court et le rayon directeur est perpendiculaire au plan de morsure.

Cette technique est caractérisée par l'isolement d'une arcade sur le plan horizontal dans un but topographique (localisation simple d'une dent incluse, extension lésionnelle dans le sens antéropostérieur...)[81].

Il faut s'assurer qu'au niveau du maxillaire supérieur (incidences ortho-occlusales supérieures) la tête étant fléchie, le rayon directeur aborde la région frontale.

Il existe plusieurs incidences occlusales comme l'incidence de Simpson, l'incidence transcrânienne, incidences ortho-occlusales et autres.

Il est à noter l'existence de plusieurs autres incidences type : Dysocclusale inférieure (droite ou gauche), L'incidence unilatérale de Michel Bonneau et l'incidence dite « face basse » bouche ouverte [66, 104] .

Tableau 5 :Les techniques endo-buccales.

Technique	Zone cible	Indications
Rétroalvéolaire	Dent	Maladies parodontales, lésions endodontiques, résorption, sclérose pulpaire, caries, Inclusion, tartre, traumatismes.
Rétrocoronaire	Couronnes	Caries ; contrôle des restaurations ; pulpathies.
Occlusal	Maxillaires	Inclusion, corps étranger, traumatisme, lithiase, sinus maxillaire.

8.2.Les techniques radiologiques exo-buccales

Elles sont représentées essentiellement par l'Orthopantomographie (OPT), ou cliché panoramique dentaire et les tomographies (tableau 6).

8.2.1. *L'Orthopantomographie (OPT) ou panoramique dentaire*

Méthode d'exploration radiologique dentaire synonyme d'ortho-pantomogramme (OPT), Imaginé par Heckman et réalisé dans les années 1950, Il réalise une coupe tomographique épaisse (zonographie) courbe, épousant la forme de l'arcade dentaire

selon un balayage continu d'une articulation temporomandibulaire (ATM) à l'autre. Il intègre les dents et les structures osseuses alvéolaires dans leur environnement naturel locorégional et il permet une comparaison utile droite-gauche [105, 106] .

8.2.2. *La tomographie conventionnelle*

Réalisée en 1930 par Vallebona, elle propose d'isoler un plan de coupe déterminé par déplacement homothétique en sens inverse du tube à rayons X et de la cassette. De nombreux appareils panoramiques possèdent des programmes tomographiques sectoriels plans complémentaires et performants que l'on peut réaliser au cours du bilan panoramique. Cette technique (répandue, éprouvée, peu coûteuse et faiblement irradiante) possède un pouvoir de discrimination plus qu'honorable^[66].

La numérisation, par la mise en concordance avec l'imprimante laser des transparents permet d'obtenir des images en taille réelle (intérêt principal en implantologie dentaire) ^[66].

8.2.3. *La téléradiographie (céphalométrie)*

Elle n'est qu'une variante de la radiographie craniofaciale traditionnelle. L'allongement de la distance foyer-objet permet de minimiser l'agrandissement radiographique. La dose efficace correspondant au cliché de profil est de 2,5 à 7 μSv soit une demi-journée d'exposition au rayonnement naturel^[66].

8.2.4. *Le scanner et dentascan*

L'imagerie sectionnelle, ou imagerie en coupes, discrimine plan par plan des structures anatomiques complexes, on distingue plusieurs types de scanner.

Par l'invention du scanner Rx dans les années 1970 par G. H. Hounsfield et A. MC Leod Cormack (prix Nobel de médecine en 1979), argentique ou analogique l'image devient numérique ou digitale avec les possibilités de reconstructions 2D et 3D dans le volume acquis.

Le tube radiogène, inclus dans le statif de l'appareil, tourne autour du patient en décubitus dorsal sur un lit mobile, qui se déplace de l'épaisseur de coupe entre deux rotations. Le faisceau de rayons X calibré (collimaté) à l'épaisseur de la coupe axiale souhaitée est recueilli à son émergence par une couronne de détecteurs (chambres d'ionisation). La différence de potentiel ainsi créée est mesurée, et mise en mémoire.

On cite les Scanners hélicoïdaux ; Apparus au début des années 1990, ils inaugurent une nouvelle ère d'acquisition volumique rapide (imagerie vasculaire), les scanners multibarrettes introduits fin 1998, et qu'ils sont ultrarapides d'où le tube à rayons X est couplé à plusieurs rangées de détecteurs qui peuvent être matriciels (de même taille et jointifs) ou à réseau de détection modulable (la largeur croît du centre vers la périphérie). L'acquisition est de 0,5 seconde pour une rotation de 360° se faisant sur plusieurs niveaux, elle en réduit d'autant la durée [18, 107].

Le logiciel Dentascan® apprécié en implantologie, trouve également son application dans les autres disciplines odonto-stomatologiques [84].

8.2.5. *La méthode Cône Beam (CBCT)*

Ou faisceau conique qui est la dernière-née de l'imagerie sectionnelle. Elle est appelée à un avenir certain en imagerie dentaire sachant qu'elle est illustrée initialement par deux catégories d'appareils, répondant au même principe mais d'applications sectorielles différentes. Des secteurs limités peuvent être analysés sur certains appareils se présentant comme de volumineux appareils panoramiques où le patient est sur fauteuil.

Les opérateurs devraient optimiser le CBCT protocoles, en utilisant les réglages de la machine et de collimation (champ réduit des scans limited-volume) qui n'incluent pas les yeux et la tête en plein champ d'irradiation), afin de réduire la dose globale tout en conservant une qualité d'image diagnostique appropriée. C'est très important de comprendre que les doses impliquées lors des acquisitions Cône Beam sont extrêmement variables selon les machines. Il faut retenir qu'à champ égal, l'imagerie CBCT est plus avantageuse que la tomodensitométrie [108, 109].

Si l'imagerie numérique présente de nombreux avantages telles que l'obtention ergonomique et instantanée d'images de qualité et facilement archivables, la première tentation est de multiplier les clichés, entraînant une augmentation drastique des doses^[1].

Tableau 6 :les techniques exo- buccales.

Technique	Zone cible	Indications
Panoramique	Maxillaires	Inclusions, fractures ; les larges lésions.
Téléradiographie	Crâne, maxillaires	Chirurgie, céphalométrie, inclusions ; ATM.
Dento scan/ TDM	Coupes très fines	Chirurgie maxillo-faciale, implants ; oncologiques.

8.3.Evaluation dosimétrique des principales techniques radiologiques dentaires

Le tableau 7 synthétise les doses efficaces comparées à l'exposition naturelle^[23, 97].

Tableau 7 :Les doses efficaces en radiologie dentaire comparées à l'exposition naturelle.

Modalité d'imagerie	Dose efficace moyenne (μSv)	Equivalence en Jours et heures d'exposition naturelle
Rétroalvéolaire/rétro coronaire	1-8	< 1jour ou un vol Paris New York
Téléradiographie de profil	2-3	< 1jour ou l'incidence d'une centrale nucléaire sur le voisinage
Occlusal maxillaire	8	1 jour
Panoramique dentaire	5-30	1 à 5 jours
Bilanrétroalvéolaire (16-20 films)	30-150	5-20jours
CBCT (selon champ)	13-200	3 à 30 jours
Tomodensitométrie /arcade	200-300	30 à 45 jours

9. Le risque radiique d'origine professionnelle en radiologie

9.1. Les pathologies professionnelles en radiologie :

Plusieurs enquêtes anciennes ont porté sur les radiologues ayant exercé entre 1920 et 1940, à une période où la radioprotection était rudimentaire ; chez eux, un excès du nombre des cancers de la peau, des leucémies et des lymphomes a été mis en évidence, par rapport au nombre constaté chez les médecins qui n'utilisaient pas les radiations ionisantes. En revanche, chez ceux qui avaient pratiqué après 1946, à une époque où les règles de radioprotection étaient mises en pratique, aucune augmentation de la fréquence des leucémies et des autres cancers n'a été notée [4].

9.1.1. *Les leucémies*

L'apparition de leucémies chez les radiologues a conduit la Société Internationale de radiologie à édicter en 1928 les recommandations concernant les premières limites professionnelles d'exposition. Jusqu'en 1939, l'incidence des leucémies chez les radiologues reste 10 fois supérieure à celle des autres médecins pour revenir au même niveau à partir de 1950 [110, 111].

Des excès de risque significatifs de décès par leucémie et par cancer solide ont été mis en évidence ; pour l'intervalle de dose 0 - 100 mGy (dose à la moelle pour les leucémies et dose au côlon pour les cancers solides), cet excès n'est toutefois plus significatif pour les leucémies et il est à la limite de la significativité pour les cancers solides [43].

9.1.2. *Cancer du sein*

Weiderpass et al. (1999) ont démontré que les radiations à des doses suffisamment élevées peuvent causer un cancer du sein. Un risque relatif de seulement 1.07 à 100 mSv est prévisible selon une extrapolation linéaire à partir des études sur les doses élevées. La revue de la littérature faite par Richardson et al en 2001 souligne la possibilité d'une grande sensibilité aux radiations ionisantes à partir de 45 ans, avec un risque plus élevé pour les tumeurs solides.

Petralia et al en 1999, ont montrés dans l'étude de mortalité des excès de décès par cancer du pancréas, du poumon, du sein, de l'utérus et des ovaires ont été observés parmi les techniciens de radiologie. Des excès de décès par cancer du sein, des ovaires et de l'utérus sont survenus parmi les femmes médecins blanches [51].

9.1.3. *Cancer de la thyroïde*

Wingren et al en 1997 ont analysé les données de deux études cas témoins suédoises concernant les déterminants du cancer de thyroïde (186 cas, diagnostiqués entre 1977 et 1989, et deux fois pour les témoins de la population générale). Ils ont constaté qu'un risque élevé a été trouvé pour le groupe professionnel des médecins dentistes et les assistantes dentaires.

Cartsen et al en 1990 ont eu les résultats montrant une augmentation du risque de cancer de la thyroïde, après avoir travailler dans un environnement ou les rayons X sont utilisés. Un risque augmenté a été trouvé pour les utilisateurs de rayons X et les assistants de laboratoire. Ces conclusions sont en accord avec une étude basée sur les données du registre cancer environnemental suédois [110, 112].

9.1.4. *Radiodermites, Mélanomes et Carcinomes :*

En radiologie interventionnelle, plusieurs cas de lésions cutanées ont été rapportés dans la littérature. Les radiodermites siégeant habituellement au niveau des mains qui se caractérisent par un amincissement du revêtement cutané et une fissuration des ongles relèveraient de lésions vasculaires. Elles évoluent en donnant des télangiectasies et des hyperkératoses autour des ongles qui s'étendent ensuite aux doigts et peuvent se canceriser (épithélioma baso-cellulaire ou spino-cellulaire). Une radioexposition chronique peut provoquer des altérations micro-vasculaires sous-unguéales non spécifiques [4]. Si Les doses efficaces professionnelles annuelles sont faibles en odontostomatologie, quelques cas de radiodermite ont été rapportés pour des praticiens assurant le maintien manuel du film chez leurs patients[1].



Figure 12 : Radiodermite d'un chirurgien dentiste[1].

Matanoski et al, Pion et al en 1975, ont rapporté un risque significatif de mortalité par mélanome pour l'exposition professionnelle aux rayons X dans leur étude cas témoins

au sein de la cohorte suivie dans le cadre du *cancer prevention study II* (CPS II) par l'*American cancer society* [110].

Un rapport documente le cas d'un manipulateur syrien de radiologie dentaire, ayant développé un carcinome du pouce après 15 ans de pratique de la profession, probablement par négligence envers les directives de la radioprotection X.

Le Dr Kells a été la première victime de rayons X dentaires avec nombreuses tumeurs cancéreuses des doigts. La CIPR a publié des lignes directrices pour la protection contre les radiations qui ont été mises à jour. La protection de la main des radiations en radiologie interventionnelle n'est pas aisée, néanmoins il est nécessaire de l'améliorer [113].

En Syrie, la Commission de l'énergie atomique a adopté des directives strictes et elle a insistée sur l'importance de leur application par les institutions publiques et privées. L'un des principes directeurs énonce clairement que « le film ne doit jamais être tenu par un membre du personnel de cabinet dentaire, même pour les patients ayant des besoins spécifiques » [114, 115].



Figure 13 : Radiographie de la main du Dr Kells^[3].

9.1.5. Pathologies vasculaires :

Tomei et al en 1996 ont employé la capillaroscopie sous-unguéale pour étudier les atteintes de la microcirculation du derme résultant de l'exposition professionnelle aux radiations à des doses inférieures à 5 rem/an.

Leurs données confirment que l'exposition professionnelle aux faibles doses peut entraîner des altérations morphologiques et fonctionnelles de la microcirculation du derme.

Une méta-analyse des données de la LSS (*Life Span Study**) et des études sur les travailleurs publiés entre 1990 et 2010 a mis en évidence une association positive

significative entre une exposition à des doses faibles à modérées (< 500 mSv) et la mortalité par maladies cardio-vasculaires.

Il faut cependant noter une forte hétérogénéité entre ces études. La grande majorité des cohortes ne recensant pas les cofacteurs (tabac, alcool, surpoids, diabète, hypertension artérielle, etc).

Après ajustement sur ces cofacteurs, l'association entre cardiopathies ischémiques ou lésions vasculaires cérébrales et exposition aux RI n'est pas modifiée. La cohorte américaine des personnels de radiologie et médecine nucléaire permettra probablement de mieux appréhender ce risque potentiel ^[43].

9.1.6. *Les effets sur l'œil*

Le cristallin est parmi les tissus les plus radiosensibles du corps, et des opacités peuvent se développer conduisant à une détérioration de la vue. La littérature montre un excès de risque d'effets tissulaires non cancéreux comme des cataractes observées chez 30% d'astronautes ^[61]. Il est peu vraisemblable que la majorité des radiologues soient à risque de cataractogénèse, mais ceux impliqués dans les procédures interventionnelles peuvent l'être^[113].

Ouaghebeur et al en 1997 insistent sur l'intérêt d'un examen périodique de la vue, incluant l'acuité visuelle et la discrimination des niveaux de gris^[110].

Une étude (US Radiologic Technologists cohort) a montré une association positive non significative de risque de présenter une cataracte aux faibles doses ; la dose médiane au cristallin est de 28 mSv ^[43, 116].



Figure 14 : Cataracte d'origine radique ^[1].

9.1.7. *Les aberrations lymphocytaires*

Ces aberrations ont été utilisées comme des dosimètres biologiques pour estimer les expositions à hautes doses.

Wojewodzka et al. (1998) ont trouvé une augmentation significative des dommages de l'ADN en utilisant le test des comètes dans un groupe de personnes à risque professionnel d'exposition aux faibles doses de RI^[110].

9.1.8. *L'Alzheimer*

La confirmation scientifique de ce risque demande une étude plus approfondie pour déterminer si le rayonnement ionisant lié à l'imagerie dentaire est à l'origine du vieillissement prématuré et la mort des cellules cérébrales. Une expérience qui aiderait à établir les bases pour tester l'hypothèse serait d'exposer des cerveaux de souris à des doses de rayons X comparables aux expositions dentaires, suivi d'un examen génétique des télomères microgliales pour détecter tout dommage subi, ces télomères endommagés sont les clés de la maladie d'Alzheimer ^[117].

9.1.9. *Mortalité par cancer*

Yoshinaga et al en 1999 ont étudié la mortalité par cancer parmi les techniciens de radiologie au Japon. Ils ont conclu que des risques élevés de cancers lymphatiques et hématopoïétiques ont été observés. Les résultats de cette étude peuvent suggérer que l'exposition chronique aux faibles doses de radiation augmente le risque de cancers lymphatiques et hématopoïétiques.

Petralia et al en 1999 ont examiné la mortalité par cancer des femmes des professions de santé. Ils ont utilisé les certificats de décès collectés dans 24 états nord-américains, entre 1984 et 1993. Les techniciennes de radiologie ont eu une mortalité plus élevée pour l'ensemble des cancers^[110].

9.2. La quantification des effets des faibles doses

9.2.1. Quantification du risque cancérogène

En 1946, lors de la réception pour son prix Nobel, H.J. Muller évoque l'hypothèse que le risque de cancer et la probabilité de mutation sont proportionnels à la dose, suggérant le modèle linéaire sans seuil (LSS). La figure 15 montre le risque de cancers radio-induits (BEIR2006) [61].

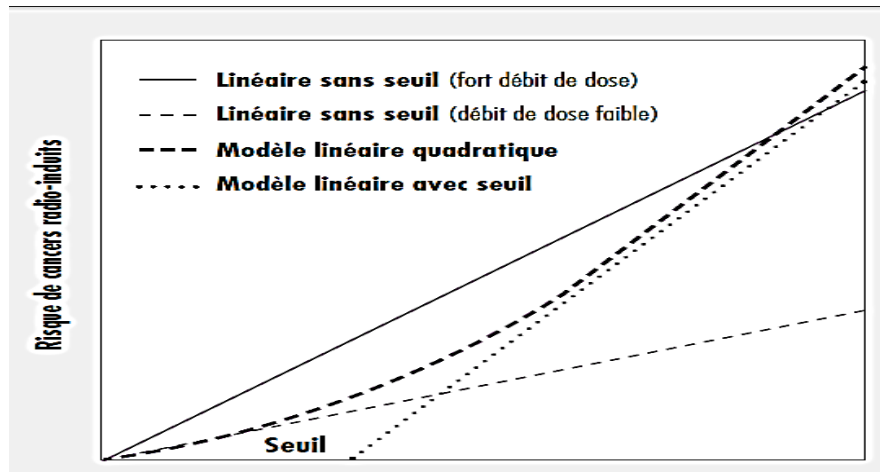
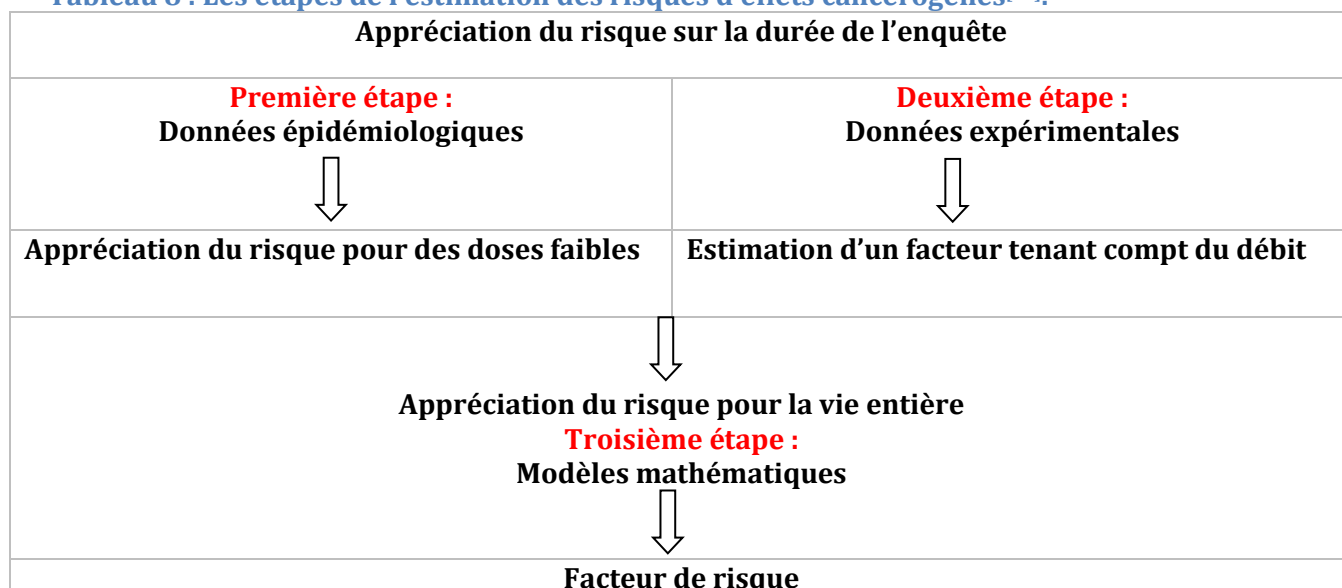


Figure 15 : Différents types de relation dose-effet[61].

9.2.1.1. La méthode d'évaluation des risques d'effets cancérogènes :

la CIPR a formulé trois hypothèses qui sont toujours l'objet de controverses (*Académie des sciences Healthphysics society*) due à : **Absence de seuil**, toute dose a, si faible soit-elle, un effet et correspond à un certain risque ; **Linéarité de la relation dose-effet**, la probabilité de survenue de l'effet proportionnelle à la dose, même pour les faibles doses ; actuellement, Cette équation serait vérifiée jusqu'à des doses de 20 à 50 mSv ; **Proportionnalité** entre la somme des doses reçues par chacun des individus d'une population et le risque collectif encouru par cette population[50]. La CIPR a adopté une méthode d'estimation du risque cancérogène et elle a suivi une démarche comportant plusieurs étapes :

Tableau 8 : Les étapes de l'estimation des risques d'effets cancérogènes^[50].



- La première étape : Les résultats des études épidémiologiques, notamment celle d'Hiroshima et Nagasaki (HN) observés pour une dose moyenne de 200 mSv sont extrapolés à une population mondiale composite exposée à des doses plus faibles.
- La deuxième étape : Elle a pour but de tenir compte de l'influence connue de débit de dose sur les effets cancérogènes des RI à faible TLE, plus la dose est étalée dans le temps, plus les effets cancérogènes sont réduits. Elle utilise pour cela un facteur appelé facteur de réduction de dose ou DDREF (Dose and Dose Rate Effectiveness Factor), calculé à partir de l'étude de courbes dose-effet expérimentale obtenue pour des doses identiques délivrées en irradiations, unique, fractionnée ou débit différent. La pondération par ce facteur de probabilité de cancer mortel observée aux fortes doses délivrées à forts débits donne la probabilité pour de faibles débits. Les valeurs proposées par différents organismes internationaux figurent sur le (Tableau 9).

Tableau 9 : Les valeurs du facteur de réduction de dose^[58].

Organismes de radioprotection	Année	DDREF
NCRP	1980	2 à 10
UNSCEAR	1986	5
	1988	2 à 10
BEIR V	1990	2
CIPR	1990,2007	2

La CIPR a retenu un DDREF égal à 2 pour les rayonnements de faible TLE. Dans ces conditions, la probabilité de cancer étant pour la CIPR de $10 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ à fortes doses, forts débits, elle est, pour les faibles doses délivrées à faibles débits de $5 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$

- La troisième étape : Le facteur de risque ainsi calculé n'est applicable que pour la durée de l'enquête qui ne représente qu'une fraction de la vie des individus de la population observée. La courbe de fréquence des cancers dans la population exposée est parallèle à celle des cancers dans la population témoin. Dans le modèle multiplicatif ou modèle du risque relatif retenu par la CIPR, le nombre des cancers radio-induits est proportionnel au nombre des cancers naturels.

En fait, le suivi des survivants d'Hiroshima et de Nagasaki montre que l'âge lors de l'exposition intervient : les enfants présentent une plus grande sensibilité que les adultes mais la fréquence des cancers radio-induits, après avoir atteint un pic, diminue avec le temps écoulé depuis l'exposition dans le cas des sujets irradiés avant l'âge de 10 ans, tandis qu'elle augmente pour ceux irradiés à l'âge adulte. Le facteur de risque est généralement plus élevé avec le modèle multiplicatif mais l'écart entre les estimations données par les deux modèles est variable selon les Caractéristiques (âge, sexe) de la population exposée et la relation dose-effet choisie^[39, 50, 58].

9.2.1.2. *La valeur des facteurs de risque de cancer*

Ces valeurs sont trois fois plus élevées chez l'enfant à naître et jusqu'à l'âge de 10 ans, cinq à dix fois plus faibles chez l'adulte de plus de 60 ans. Ces valeurs, voisines de celles calculées par d'autres instances sont plus élevées que celles de la CIPR en 1977. Cette augmentation s'explique par plusieurs raisons : la révision de la dosimétrie (baisse de 30 % des Iles), la prolongation du suivi (augmentation de 20 % du risque) et l'utilisation d'un modèle de projection différent sont considérées raisons valables de cette augmentation.

On pourrait ainsi calculer, par exemple, qu'un adulte recevant accidentellement 25 mSv verra son risque de décès par cancer augmenter de 0,1 % (c'est-à-dire passer de 25 %, taux moyen spontané, à 25,1 %). Notez que ce calcul ne tient pas compte de l'âge auquel l'exposition a eu lieu (le risque décroît considérablement, voire disparaît avec l'âge) et qu'il n'est qu'un outil de travail dont la CIPR déconseille l'emploi pour « prédire » des décès par cancer dans une population exposée à de faibles doses de rayonnement ^[58, 118].

Le tableau 10 montre les valeurs des facteurs de risque de cancer mortel et non naturel après exposition aux RI proposés par la CIPR^[50].

Tableau 10 : Les valeurs du facteur de risque de décès par cancer^[50].

Organisme	Facteur de risque (Sv ⁻¹ homme ⁻¹)	Décès excédentaires * pour 10000 personnes au maximum, pour :	
		1Sv /100	mSv
UNSCEAR1977	1.10 ⁻²	100	10
BEIR 1980	0,7à 5.10 ⁻²	70 à 500	7 à 50
NUREG 1985	0,3 à 5,7.10 ⁻²	30 à 570	3 à 57
NIH 1985	2.10 ⁻²	200	20
UNSCEAR 1988*	4à11.10 ⁻²	40 à 550	4 à 55
CIPR 1977	1,25.10 ⁻²	125	12,5
CIPR 1990, 2007	4à5.10 ⁻²	400 à 500	40 à 50

* Le nombre des décès excédentaires est calculé en appliquant un facteur de réduction de 2 à 10 au facteur 4 à 11.10⁻² Sv⁻¹ correspondant aux fortes doses.

9.2.2. Quantifications du risque héréditaire

Les données expérimentales et l'absence d'effets observables chez l'homme (seulement quatre générations après la découverte des RI) et l'absence d'effets observables à la deuxième génération des survivants d'Hiroshima et de Nagasaki, ont conduit la CIPR à revoir ce risque à la baisse, après les publications de l'UNSCEAR.

Dorénavant, en tenant compte des études sur la souris, la CIPR estime le risque génétique à la deuxième génération à 2.10⁻³. Sv⁻¹ au lieu de 1.10⁻². Sv⁻¹ dans les recommandations précédentes (CIPR60). Cette réévaluation, divisant le risque par 5, de 1 % à 0,2 %, a conduit à diminuer le coefficient de pondération des gonades, de 0,2 à 0 [50, 119].

Il apparaît que l'homme est remarquablement radiorésistant, à la fois pour les effets sur le phénotype de la descendance et pour la présence d'aberrations chromosomiques. La raison probable de cette résistance réside dans la capacité d'éliminer la majorité des défauts, soit durant la maturation du gamète, soit dans les premiers jours à semaines suivant la fécondation [30].

9.2.2.1. Méthode d'évaluation du risque d'effets héréditaires

L'évaluation de ce risque suite à une exposition aux rayonnements d'une seule génération ou de toutes les générations utilise la méthode dite la dose de doublement, fondée sur la théorie de l'équilibre. Cette théorie suppose qu'il existe au sein d'une population, un équilibre entre les mutations observées dans chaque génération et la

sélection qui élimine certaines en fonction de leurs effets. Celles qui entraînent la mort avant reproduction sont éliminées en une seule génération, d'autres peuvent persister au sein de la population pendant des périodes plus ou moins longues.

L'estimation du nombre de cas de maladies héréditaires radio-induites chez l'homme est fondée sur l'utilisation des données acquises sur les mutations radio-induites chez la souris. Or, celle-ci conduit à surestimer la fréquence de la maladie humaine causée par la mutation radio-induite, ainsi que l'ont montré différentes études.

Pour tenir compte de cette surestimation, le facteur PRCF est introduit dans le calcul. La valeur de ce facteur, inférieure à 1, est déterminée en distinguant 3 catégories de gènes selon que leur récupération après mutation radio-induite improbable, incertaine, probable.

Pour l'UNSCEAR, le PCRf a une valeur comprise entre 0,15 et 0,30 pour les maladies autosomiques dominantes et liées au sexe, entre 0,02 et 0,09 pour les maladies chroniques multifactorielles ; il est sans objet pour les maladies autosomiques récessives.

Dans le cas d'une population dont une seule génération est exposée, à première génération, le nombre des anomalies radio-induites est le même que dans le cas d'une exposition génération après génération ; à la deuxième génération, le risque d'anomalies dominantes autosomiques liées au sexe diminuent en raison de la sélection. La valeur des facteurs de risques d'effets héréditaires :

Comparés à leur incidence naturelle, le nombre des effets héréditaires dus à une exposition aux rayonnements ionisants est difficile à estimer avec précision, compte tenu des incertitudes sur son évaluation, paraît minime. Néanmoins, la CIPR a recommandé d'en tenir compte et a proposé des facteurs de risque d'effets héréditaires (les valeurs du facteur d'effets héréditaire sont précisées dans le tableau 11)^[50, 58] .

9.2.3. *Les valeurs du facteur de risque global*

À partir des probabilités de cancer mortel, de cancer non mortel et d'effets héréditaires, la CIPR a calculé un facteur de risque global résultant d'une exposition aux rayonnements ionisants sur la vie entière et qui permet la quantification du détriment sanitaire, réduction de l'espérance et de la qualité de vie d'une population exposée.

Les facteurs de risque, utiles pour fixer les règles de radioprotection, ne permettent pas, toutefois, de calculer le risque des faibles et très faibles doses puisque l'existence de celui-ci n'est pas démontrée. Le tableau 11 résume les valeurs des risques^[50, 60].

Tableau 11 : Valeurs du facteur de risque global^[60].

Population exposée	Facteur de risque (Sv ⁻¹ . Homme ⁻¹)					
	Cancers		Effets héréditaires Détriment			
	Mortels + non mortels	Mortels				
	2007	1990	2007	1990	2007	1990
Tous les âges	5,5.10 ⁻²	6,0.10 ⁻²	0,2.10 ⁻²	1,3.10 ⁻²	5,7.10 ⁻²	7,3.10 ⁻²
De 18 à 65 ans	4,1.10 ⁻²	4,8.10 ⁻²	0,1.10 ⁻²	0,8.10 ⁻²	4,2.10 ⁻²	5,6.10 ⁻²

9.2.4. L'estimation du risque radique en radiodiagnostic odontologique

Il est clair que le risque est maximal chez les enfants, puis décroît avec l'âge. Le processus de cancérogenèse n'est pas simple, mais fait intervenir de nombreux facteurs, dont l'effet est difficile à quantifier. Plus concrètement, la faible irradiation induite par un examen de radiodiagnostic dentaire peut être exprimée en jours d'irradiation naturelle, en heures de vol ou en nombre de cigarettes fumées (tableau 12) [37, 120].

Tableau 12 : Equivalence des risques^[10].

Technique radiologique	Dose effective (μSv)	Jours et heures d'irradiation naturelle	Heures de vol/ séjour à 3 000 m	Nombre de cigarettes
Rétroalvéolaire/rétro coronaire	1-8	4h-1j	1-2	1-2
Bilan rétroalvéolaire (16-20 films)	30-150	5-20j	8-40	10-40
Occlusal maxillaire	8	1j	2	2
Panoramique	4-30	10h-5j	1-8	1-10
Tomographie (1 coupe)	1-190	4h-30j	1-50	1-50
TDM maxillaire ou mandibulaire	25-100	4-15j	8-30	8-30
Téléradiographie de profil	2-3	12h	1	1

Il est ainsi proposé d'exprimer ce risque en nombre de jours de vie perdus et de rapporter aux risques issus de différentes activités humaines [10].

Tableau 13 ; Equivalence des risques^[10]

Risque	Jours Perdus
Alcoolisme	4000 (11ans)
Pauvreté	3650 (10ans)
Fumer 20cigarettes /jour	2250 (6ans)
Surcharge pondérale (15%)	750 (2ans)
Exposition professionnelle : agriculture	320 (10,5mois)
Exposition professionnelle : bâtiment	227 (7,5 mois)
Accident de voiture	207 (7mois)
Exposition professionnelle (4,5mSv)	23
Hasards naturels	7

10. La radioprotection au cabinet dentaire

La radioprotection est définie comme l'ensemble des règles, des procédures et des moyens de prévention et de surveillance visant à empêcher ou à réduire les effets nocifs des RI produits sur les personnes, directement ou indirectement, y compris par les atteintes portées à l'environnement. Cette définition a une portée générale quel que soit le secteur considéré^[36, 57, 121, 122].

10.1. Les organismes de protection radiologique

Tableau 14 : Les organismes de radioprotection.

Organismes	Dénomination	Missions
Internationaux ^[60, 123, 124]	Commission Internationale Des Unités Et Des Mesures Radiologiques (ICRU)	Mise au point d'un système cohérent de grandeurs et d'unités pour les RI.
	Commission Internationale De Protection Radiologique (CIPR)	Élaboration des règles de radioprotection, guide pour la réglementation.
	Comité Scientifique Des Nations Unies Pour L'étude Des Effets Des Radiations Ionisantes (UNSCEAR)	Etablit des synthèses des données scientifiques.
	Agence Internationale de L'Energie Atomique (AIEA)	Mise en place de projets modèles, directives pratiques.
	La Communauté Européenne de l'Energie Atomique (CEEA ou Euratom)	Uniformité des normes de base de protection de la population et des travailleurs.
	l'UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiations) et BEIR (Board on Radiation Effects Research).	Principales sources scientifiques.
Nationaux ^[11, 125]	Commissariat de l'Energie Nucléaire Atomique (COMENA).	Assure la radioprotection.
	Centre de Recherche Nucléaire d'Alger (CRNA).	Contrôle de l'application des règles de radioprotection.

* : Tableau élaboré par l'auteur.

10.2. L'origine des réglementations

Depuis 1965, la Commission européenne a la possibilité de prendre des décisions sous deux formes : **le règlement**, dont l'application, obligatoire, est immédiate dans tous les pays de l'Union européenne ; et **la directive**, plus souple, permettant à chaque pays de choisir les moyens de transposition dans le cadre d'une loi ou de décrets nationaux.

En pratique, ces principes et normes, proposés par la CIPR ont été introduits par l'intermédiaire de la législation communautaire, dans la réglementation nationale ^[126] .

10.3. La réglementation nationale et le risque radiologique d'origine professionnelle

La législation Algérienne s'est dotée d'un arsenal juridique étoffé mis à jours, oblige tout médecin prescrivant ou pratiquant des actes radiologiques diagnostiques et / ou thérapeutiques, d'assurer la protection et la sûreté globale des patients lors de la prescription et de l'exécution de l'acte » ^[11]. Il est à rappeler que la radioprotection est toujours un objectif de la santé publique comprise dans les programmes de prévention. Les derniers textes réglementaires sont cités dans le tableau 15.

Tableau 15 : Résumé législatif de la radioprotection en Algérie.

Décrets / arrêté ^[11, 127]	Radioprotection
Le décret présidentiel n° 05-117 du 11 avril 2005	Relatif aux mesures de protection contre les RI
Le décret présidentiel n° 05-119 du 11 avril 2005	Relatif à la gestion des déchets radioactifs.
L'arrêté interministériel du 20 janvier 2011	Définissant les niveaux d'intervention, d'action et de doses en cas de situation d'urgence radiologique et nucléaire.
	Fixant la signalisation particulière des zones réglementées contenant des sources de RI.
	Fixant les conditions d'utilisation des dosimètres individuels. Relatif à la désignation et aux missions de la personne compétente en radioprotection dans les établissements de santé publiques et privés.
L'arrêté 10 novembre 2015	Fixant les règles d'optimisation et les niveaux indicatifs pour les expositions médicales à l'intention des professionnels de la santé
Arrêté n 50 du 02 juillet 2016	Relatif à la désignation et aux missions de la personne compétente en radioprotection dans les établissements de santé publiques et privés.

* : Tableau élaboré par l'auteur.

Sur le plan d'exécution administrative, les établissements de santé utilisant les RI sont rappelés à la réglementation en vigueur par des lettres adressées aux chefs de ces établissements. On cite quelques exemples de ces documents du CHU Oran, envoyés au service de médecine du travail :

Tableau 16 :Documents administratifs relatifs à la radioprotection au CHUOran.

Documents/références	Dates	Objet
1-La lettre (référence n°293/CHU/DG /2016	24 /03/2016	La conformité des installations de radiologie adressée au directeur du CHUOran venant de (COMENA).
2-La lettre (référence n°1620/CHU/DG /2016)	24/05/2016	Le dossier à fournir pour la conception et l'exploitation des installations de radiothérapie adressée au directeur CHUOran venant de (COMENA).
3-L'instruction n 03	15 /05/2017	Le port des dosimètres individuel.
4-La note N°16 la référence n° 293/CHU/DG /2016.	09/03/ 2016	Les règles d'optimisation et les niveaux indicatifs pour les expositions médicales. Adressé au service de médecine de travail émanant de la direction du CHUOran.
5-Une lettre (référence n° 511/CHU/DG /2016.	27 juin 2016	Rappel l'optimisation et les niveaux indicatifs pour les expositions médicales à l'intention des professionnels de la santé

Tableau élaboré par l'auteur.

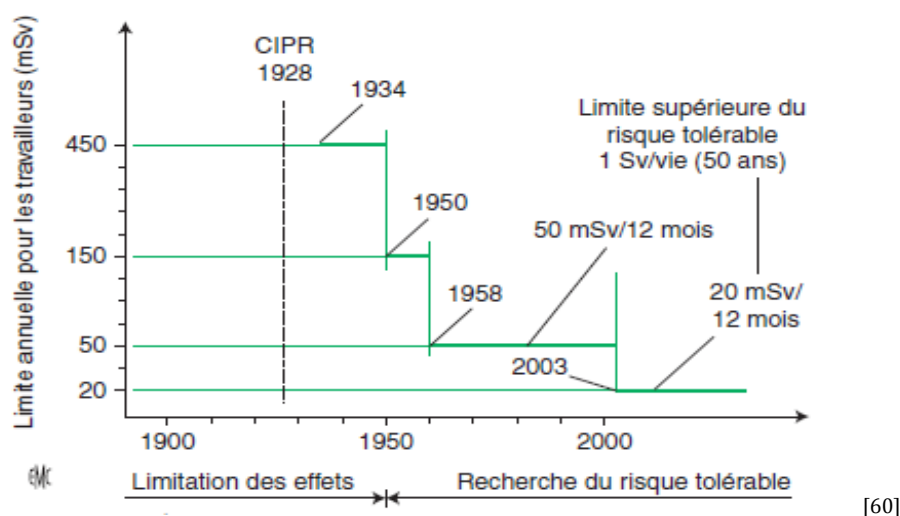
10.4. Les principes de radioprotection au cabinet dentaire

10.4.1. *L'étude de poste de médecin dentiste*

Dans une étude de poste en médecine dentaire et dans un but de mesurer les doses dans l'air en différents points de la pièce, la valeur la plus pénalisante simulant une position anormale du praticien (durant la prise de cliché) est de se tenir à 50 cm du côté du patient présentant le plus de rayonnement diffusé. Le patient et l'effet de protection de la tête du fauteuil sont des paramètres à prendre en considération pour expliquer le rayonnement diffusé. [23, 128].

10.4.2. La classification du personnel manipulateur

la CIPR a baissé la valeur de la limite de dose admissible par le corps entier^[60] ;



[60]

Figure 16 :Doses limitées par la CIPR à travers le temps

Tableau 17 : Classification du personnel par doses annuelles^[129].

Classification du personnel			
Limites de doses annuelles	Public et (femme enceinte)	Travailleurs B (et 16-18 ans)	Travailleurs A
E	1 mSv	6 mSv	20 mSv
H Cristallin	15 mSv	150 mSv	
H Peau, Mains, Pieds	50 mSv	500 mSv	
E : dose efficace ; H : équivalent de dose.			

Il est utile de comparer les doses efficaces professionnelles enregistrées dans les établissements de radiodiagnostic dentaire en France entre 2000 et 2012. Avec la rigueur d'application des règles de radioprotection, le taux d'exposition des personnes qui dépassaient **6 mSv/an** a nettement diminué au dixième (tableaux 18 -19selon l'IRSN France 2000-2012).

Le médecin-dentiste est tenu de s'assurer que son personnel et lui-même sont exposés aux doses les plus faibles qu'il est possible d'atteindre ^[130, 131] .

Dans des conditions normales de travail au cabinet dentaire, les salariés et les praticiens appartiennent à la catégorie B (qui est de 6 mSv /an), les assistantes dentaires peuvent ne pas être classées si elles sortent systématiquement du local lors de la prise des clichés ^[4, 23].

Tableau 18 :Distribution des doses efficace selon la fréquence^[4].

Année de l'étude	Nombre de personnes	Dose efficace (mSv)				
		<1	1-6	≥6		
				6-20	20-50	>50
2000	24752	24570	140	33	7	2
2012	46239	46057	174	7	1	0

*: Tableau élaboré par l'auteur.

Tableau 19 :Distribution des doses efficace selon les taux. (France 2000-2012)^[4].

Année de l'étude	N	Dose efficace (mSv)			
		<6		≥6	
		n1	%	n2	%
2000	24752	24710	99,83	42	0,17
2012	46239	46231	99,98	8	0,017

*: Tableau élaboré par l'auteur.

10.4.2.1. *La classification des lieux de travail*

La salle contenant un appareil de radiodiagnostic dentaire constitue une zone surveillée (salle dédiée à un appareil panoramique, par exemple) ou une zone surveillée intermittente, si l'appareil émettant des RI peut être verrouillé temporairement sur une position interdisant toute émission de ceux-ci (cabinet dentaire équipé d'un appareil de type rétro-alvéolaire), ses accès sont signalés par un panneau normalisé « trèfle bleu » et par un signal lumineux rouge pour les locaux contenant un appareil de radiographie panoramique ou téléradiographique [60, 132].

10.4.2.2. *La triade temps, distance et écrans de protection*

La protection de l'odontologiste et des personnels repose sur la triade temps, distance, écran.

Limiter le temps d'exposition aux rayons X en choisissant des capteurs sensibles et des générateurs performants, augmenter la distance entre l'opérateur et le générateur de rayons X et interposer des écrans entre cet opérateur et le dispositif radiogène.

Une radioprotection efficace au cabinet dentaire est basée sur des mesures pratiques considérables, ce sont les suivantes :

- Le recours systématique à des angulateurs ou des porte-films : Lorsque le praticien s'obstine à tenir les films en bouche, l'application de faibles doses répétées peut entraîner l'apparition après quelques années d'une épidermite exsudative.

- L'éloignement du générateur : Si l'installation ne le permet pas, seul le praticien doit y séjourner (ce qui explique que seul le praticien est susceptible d'être classé dans la catégorie B). Afin de se protéger du faisceau primaire de rayons X et des rayons diffusés (principalement par le patient, il doit se tenir à une distance minimum de **2** mètres dans un angle de **90** à **135** degrés par rapport au faisceau primaire (figure 18). Idéalement, un déclencheur à l'extérieur de la pièce, avec dispositif de surveillance du patient, évite toute exposition [10, 133].

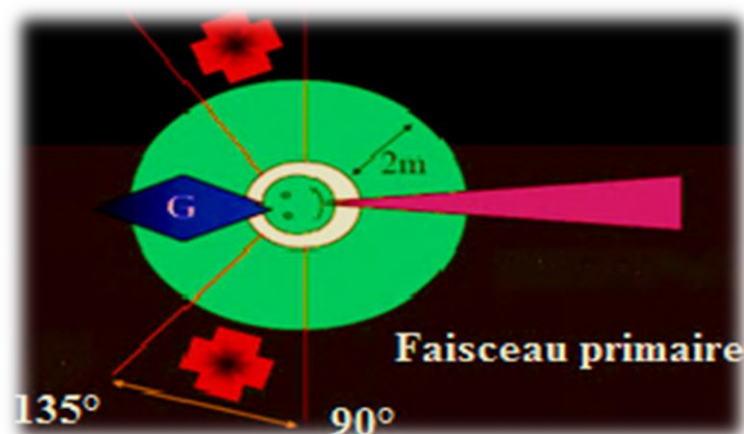


Figure 17 : Les zones de positionnement du praticien^[10].

- Le principe de précaution (principe **ALARA**) impose qu'aucune personne non indispensable au déroulement de la procédure radiologique ne doit stationner dans la zone contrôlée durant l'exposition du patient. Le praticien, son assistante et les personnes accompagnant les patients doivent quitter la salle destinée à l'acte radiologique [134]. En cas d'absence de dispositif porte-film « angulateur », le récepteur d'image doit être maintenu en bouche par le patient lui-même.
- Exceptionnellement, une assistance extérieure (chez un patient à besoins spécifiques ou un enfant) peut être portée par l'un des membres volontaires de la famille du patient et le praticien fournit les informations nécessaires à la compréhension des démarches. L'adulte assistant porte une protection plombée dans une zone sécurisée et ses mains ne doivent pas intercepter le faisceau primaire. Un dispositif de maintien à distance du récepteur doit être utilisé (pincées...) [8, 60].

Si les conditions de travail ne permettent pas d'obtenir cette protection, il est nécessaire de disposer de paravent plombé.

10.4.2.3. ***La dosimétrie d'ambiance***

On doit trouver au cabinet dentaire trois types de dosimètres passifs :

1-le dosimètre témoin toujours placé en dehors du cabinet (hors zone à accès réglementé), 2- le dosimètre personnel (identifié au nom du praticien bénéficiant de cette surveillance dosimétrique) , 3- le dosimètre d'ambiance placé dans la zone surveillée ou contrôlée [23].

10.4.3. ***Principes de radioprotection des patients***

L'évolution des connaissances ont amené à un renforcement progressif des mesures de radioprotection même des patients [23]. Pour les praticiens demandant ou réalisant des examens radiologiques, l'application des principes fondamentaux de justification, d'optimisation et de limitation des doses sont devenus des obligations légales.

10.4.3.1. ***Le principe de justification***

Aucune pratique impliquant une exposition aux RI ne doit être adoptée à moins qu'elle n'apporte un avantage suffisant, aux individus exposés ou à la société, par rapport au détriment qu'elle induit. La pertinence des informations diagnostiques ou thérapeutiques attendues doit donc guider la juste indication des actes radiologiques [56, 130, 135, 136].

Dans la législation nationale ; Ce principe est rendu une obligation légale. Tout acte radiologique a des fins diagnostiques ou thérapeutiques doit être justifié... [11].

Les procédures et les examens radiologiques en odontostomatologie sont justifiés par la sémiologie et les indications cliniques de chaque technique [23].

Bien qu'ouvrant de nouvelles perspectives diagnostiques, le scanner et le cône beam demeurent des indications de seconde intention qui ne doivent être demandées que si elles sont susceptibles d'apporter des informations complémentaires décisives pour la prise en charge thérapeutique [137].

10.4.3.2. ***Le principe d'optimisation***

Désormais l'optimisation est une obligation qui consiste à éviter de délivrer des doses inutiles, tout en assurant une qualité d'image nécessaire à l'obtention de l'information diagnostique recherchée au moyen de la dose d'exposition la plus faible possible [138]. Ce principe est devenu une règle légale applicable dans la législation nationale et l'utilisateur doit veiller à la mise en œuvre d'un programme d'optimisation

de la radioprotection pour chacune des installations dont il a la responsabilité^[11] Pour plus de détails sur l'optimisation des techniques utilisées en odonto-stomatologie, les tableaux cités en annexe 5 et qui sont considérés comme guides pratiques. le praticien réalisateur est tenu, à partir de ces guides, d'établir des protocoles pour chaque type d'examen ^[138, 139].

10.4.3.3. ***Le principe de limitation des doses***

La limitation des doses est un principe et au même temps objectif de chaque acte de radiodiagnostic dentaire qui suit les normes de radioprotection ; le programme d'optimisation de la radioprotection a comme objectif de maintenir les doses au niveau le plus bas que l'on puisse raisonnablement atteindre ^[57, 140].

10.4.4. *Les mesures pratiques de radioprotection des patients*

10.4.4.1. ***Les Mesures générales***

Chaque examen de radiodiagnostic est donc obligatoirement fondé sur l'analyse de l'anamnèse, des examens cliniques du patient ou des nécessités du traitement en cours. La notion d'examens de première et de seconde intention doit être respectée.

L'évaluation du rapport bénéfices/risques implique une bonne connaissance des doses mises en œuvre dans les techniques employées (différences dosimétriques entre l'imagerie intra-buccale et les imageries de coupes tridimensionnelles) et la prise en compte de l'âge du patient. L'optimisation dosimétrique et qualitative des images relève de la technologie du tube, des constantes appliquées en adéquation avec la morphologie du patient, les incidences et les récepteurs d'images utilisés, le système de lecture des clichés adapté (négatoscope, loupes, écrans numériques) et une maintenance régulière de l'ensemble de cette chaîne radiologique.

La multiplication inutile des clichés doit être évitée dont l'étiquetage, l'archivage et la sauvegarde informatique sont organisés pour exclure toute perte ou dégradation dans le temps^[23].

10.4.4.2. ***Les mesures spécifiques en fonction des techniques***

Au cabinet dentaire, on assiste souvent à la réalisation des techniques simples où le médecin dentiste est le seul maître de la situation ; il est appelé à optimiser les paramètres de réglage pour obtenir une image cliniquement exploitable.

10.4.4.2.1. Mesures spécifiques à la grossesse

En regard des doses délivrées, la grossesse ne contre-indique pas les actes de radiodiagnostic dentaire, si le principe de justification est respecté et qu'un tablier de plomb est porté [59].

10.4.4.2.2. Mesures spécifiques chez l'enfant

Bien que les doses délivrées en radiodiagnostic dentaire soient particulièrement modestes, des précautions sont nécessaires d'autant que la radiosensibilité des tissus, en particulier de la thyroïde, est maximale chez l'enfant. Par rapport à un individu de 30 ans, un enfant de moins de 10 ans présente un risque d'apparition d'effets stochastiques multiplié par 3, et un adolescent un risque multiplié par 2 [141, 142].

10.4.5. Les principes de radioprotection liés aux dispositifs, locaux et installations radiologiques.

10.4.5.1. La déclaration de l'appareil radiogène

En Algérie, cette réglementation de déclaration pour tout générateur à rayons X (avant son installation dans le cabinet dentaire) est devenu obligatoire par l'article 05 du décret présidentiel n°5-117 du 11 avril 2005 qui stipule que les appareils émettant des RI sont soumis à la procédure de déclaration conformément à la réglementation en vigueur » [11].

Nous avons constaté que Le dossier de déclaration, téléchargeable sur le site internet de l'Autorité de Sûreté Nucléaire (www.asn.fr) repose sur des éléments d'identification, des différents intervenants, le générateur et les conditions d'installation [30].

10.4.5.2. Les règles d'aménagement et de conformité des locaux

Pour une protection optimale, une structure radiographique selon les normes est obligatoire. La conformité des locaux est principalement liée à la dimension des salles (surface minimale en fonction de la puissance du générateur), à la sécurité électrique (protection du circuit, mise à terre) et à la sécurité radiologique (opacité des parois aux rayons X) en répondant aux normes et à la publication 21 de la CIPR. Cette conformité de l'installation relève exclusivement de la compétence des constructeurs et installateurs de matériels de radiologie[10, 23].

10.4.5.2.1. La règle de surface minimale

La surface minimale pour une Installation de radiologie dentaire est de 9 m² pouvant être réduite dans certaines conditions à 3 m² et aucune dimension n'est inférieure à 1,5 m avec un déclencheur situé à l'extérieur. Le patient est surveillé durant l'examen (oculus plombé ou vidéosurveillance). S'il y a plusieurs appareils, Il faut disposer de 3m² par appareil supplémentaire avec un interrupteur bloquant leur utilisation simultanée (tableau 20) [10, 143].

Tableau 20 : Les surfaces minimales des locaux d'implantation des DR^[10].

Appareils	Conditions d'utilisation	Surface
1	Dispositions spéciales permettant d'assurer la surveillance du patient et radioprotection de l'opérateur au poste de travail*	3m ² ; Dimensions ≥ à 1,5m
1	--	9m ² ; Dimensions ≥ à 2,5m
2	1 seul patient dans la salle	12m ²
2	2 patients dans la même salle (dispositions spéciales réciproques de radioprotection	15m ²
+supplémentaire	--	3m² par appareil

*Si ces dispositifs ne sont pas permanents, il est prévu un système de sécurité s'opposant à la mise sous tension des générateurs en cas d'absence de protection.

10.4.5.2.2. Règles de détermination des épaisseurs des parois

Dans le cas d'un générateur dentaire, toutes les parois du local doivent comporter une équivalence de plomb de 0.5mm. Cette équivalence s'impose également pour les ouvertures vitrées et aucune personne n'est appelée à stationner habituellement

Un millimètre de plomb est équivalent à 6 mm de fer, 70 mm de béton, 20 mm de béton baryté, 30 mm de plâtre baryté, 100 mm de brique pleine, 200 mm de parpaing et 300 mm de brique creuse. Il est à noter qu'il existe du BA 13 comportant une feuille de plomb en son centre [10].

En pratique, il n'est pas forcément obligatoire de plomber les différentes parois du local. Le pouvoir d'atténuation de ces dernières, qui dépend de leur composition et de leur épaisseur, doit être pris en compte.

10.4.5.2.3. Règles de délimitation et signallement des zones réglementées

La délimitation d'une zone réglementée ou zonage au tour d'une source de RI en application vise à circonscrire un espace de travail dûment identifié soumis à des mesures de prévention, compte tenu du danger potentiel des RI, ceci se marque par le trèfle.

La législation fixe les modalités de la délimitation, de la signalisation et d'accès qui s'impose en distinguant différentes zones surveillées, contrôlées, spécialement réglementées voire interdites, selon les niveaux d'exposition externe, qui résultent de l'utilisation de la source dans des conditions normales.

Certains appareils mobiles destinés à réaliser des radiographies dentaires demandent une gestion spatiale particulière, il faut alerter nos confrères sur le fait que, à l'exclusion de ceux utilisés à poste fixe, ou couramment dans une même salle, le zonage implique la délimitation d'un espace dit « zone d'opération » qui correspond à une zone contrôlée dont l'accès est strictement réservé à l'opérateur [115, 130, 140].

Les Valeurs dosimétriques opérationnelles de délimitation des installations fixes sont résumées dans la figure 32 avec une codification colorimétrique indiquées par des trèfles.

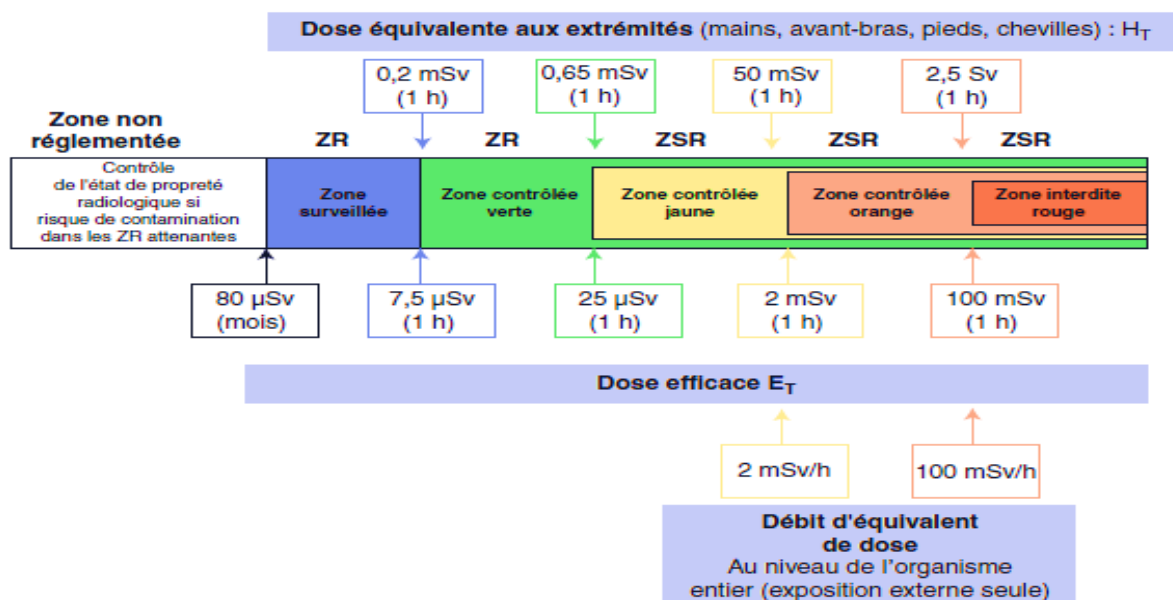


Figure 18 : Valeurs opérationnelles de délimitation des installations fixes^[96].

10.4.5.2.4. Règles d'installation des appareils de radiodiagnostic dentaire

Les actes autorisés au cabinet dentaire sont déterminés par la catégorie du générateur de rayons X (la Catégorie E1 pour la radiographie rétro alvéolaire, la catégorie E2 pour le panoramique et la catégorie E3 pour la téléradiographie). L'installateur doit remettre au praticien pour chaque tube un plan des locaux précisant les dimensions de la pièce, la position de l'appareil, la nature et l'épaisseur des parois et le statut des locaux adjacents. Pour être recevable, ce plan doit être « précis, dûment signé et daté » [10, 18, 144].

10.4.5.2.5. Règles de sécurité électrique

L'installation s'accompagne d'un certificat de conformité d'installation électrique. Pour les tubes radiogènes dentaires, l'alimentation doit être protégée par un disjoncteur différentiel de (30 Ma) et mise à la terre. Concernant les appareils panoramiques, l'alimentation doit être directement reliée au tableau électrique avec protection 30 mA et mise à la terre. Le fil d'alimentation électrique doit être de 2,5 mm de section. Un système de coupure interrompt l'exposition en cas d'intrusion accidentelle, un signal rouge externe fixe ou clignotant figure à l'accès du local lorsque l'appareil est sous tension, un coupe-circuit d'urgence à déclenchement manuel dit « coup de poing » doit être installé [23, 129].

10.4.5.2.6. Règles de maintenance de l'appareil radiogène

Le principe d'optimisation nous oblige à maintenir les dispositifs radiogènes dans un état de fonctionnement avec l'exécution des travaux d'entretien, de réparation ou d'expérimentation. Après chaque intervention de maintenance, l'identité de la personne qui l'a réalisée et la date de l'opération doivent être mentionnés dans un registre [60].

10.4.5.3. Les contrôles techniques et d'ambiance des installations radiologiques

En matière de radioprotection, trois types de contrôles sont obligatoires :

1. Le contrôle de l'ambiance afin de prévenir les risques d'exposition des personnels, internes (dosimétrie trimestrielle).
2. Les contrôles techniques pour évaluer les procédures de radioprotection, dysfonctionnements des générateurs et la conformité des locaux.
3. Le contrôle de qualités pour assurer le maintien des performances des installations.

Pour le contrôle des générateurs, les appareils de mesure doivent faire l'objet d'un certificat d'étalonnage de moins d'un (01) an et les éléments essentiels de ce contrôle sont : L'absence de fuite d'huile autour du diaphragme, l'intégré du filtre aluminium filtrant les RX mous inutiles au diagnostic (minimum 1,5 mm) ; l'absence de rayonnement de fuite selon EN 60601-1-3 : plus de 0,25 mGy/h à 1 m en arrière du tube (la normale 0), l'ancienneté du tube ne doit pas excéder 25 ans. Une image floue peut être ainsi liée aux inhomogénéités de faisceau créant une sous-exposition locale, le contrôle des kV (tolérance $\pm 10\%$ entre 50 et 100 kV), de la durée d'exposition (durée affichée et durée effective), tolérance $\pm 10\%$ entre 0,1 et 2 s, la géométrie du faisceau : le diamètre du faisceau à la (collimation) doit être inférieur à 60 mm^[145, 146].

10.5. La répartition des rôles en radioprotection :

La radioprotection au cabinet dentaire est assurée par trois acteurs principaux :

10.5.1. *La personne compétente en radioprotection (PCR)*

Désignée par l'employeur, la PCR a un rôle de prévention, de formation, de surveillance, de contrôle et d'intervention. C'est au PCR de délimiter les zones, de définir les règles qui s'y appliquent, de réaliser l'étude de poste, de participer à l'élaboration du dossier de déclaration, d'assister l'employeur dans la rédaction des fiches d'exposition et de classer des personnels. Elle définit les objectifs de doses individuelles et collectives et assure la formation des assistantes dentaires (tous les 3 ans) et élabore les conduites à tenir en cas d'incident ^[147-149].

10.5.2. *Le médecin du travail*

Son rôle est surtout d'assurer le suivi des salariés, il collabore à l'action de la PCR correspondante, apporte son concours à leur employeur pour établir et actualiser la fiche d'exposition, participe à l'élaboration de la formation à la sécurité, peut proposer à l'employeur le choix des EPI. Il détermine leur durée de port ininterrompu, établit un bilan dosimétrique pour toute exposition conduisant à un dépassement de valeur limite, traite les contaminations corporelles et internes. Lorsque les résultats de la dosimétrie passive et de la dosimétrie opérationnelle sont discordants, il détermine la dose si nécessaire avec l'appui technique des agences de radioprotection. Dans le cas où l'une des limites réglementaires d'exposition individuelle a été dépassée, il prend toute disposition qu'il estime utile. Toute exposition ultérieure du travailleur concerné requiert son avis ^[96, 131].

En Algérie, les travaux exposant des travailleurs au rayonnement dans les établissements de santé sont cités dans le tableau des affections provoquées par les RI au milieu de travail et qui nécessitent une indemnisation et un délai de prise en charge, les informations sont détaillées dans le tableau n°6 des maladies professionnelles cité en annexe 6. Il classe la médecine dentaire parmi les professions à risque radique^[127] .

10.5.3. *Comite d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail*

L'employeur a des obligations d'information du comité d'hygiène^[60].

ENQUETE EPIDEMIOLOGIQUE :

RISQUE RADIQUE ET RADIOPROTECTION DANS LES STRUCTURES DE MEDECINE DENTAIRE DE LA COMMUNE D'ORAN.

Nous avons mené la présente étude pour réaliser les objectifs suivants :

➤ **L'objectif principale :**

- Évaluer le risque radique dans les structures de médecine dentaire de la commune d'Oran.

➤ **Les objectifs secondaires :**

- Recenser les sources d'irradiation ionisantes dans ces structures.
- Recenser les personnes exposées au risque radique.
- Évaluer l'exposition du personnel manipulateur.
- Évaluer le niveau de protection contre ce risque (par une étude des connaissances, comportements, attitudes et pratique).
- Évalue l'application des règles de radioprotection au sein de ces structures.

➤ **Le but attendu :**

Cette étude va nous permettre d'analyser la situation en matière de radioprotection pour proposer des procédures optimisées et des mesures adaptées pour le renforcement de la radioprotection dans les établissements médico-dentaires à Oran et en Algérie.

1. Matériel et méthodes

1.1.Type d'étude, Cadre d'étude

Il s'agit d'une étude transversale descriptive, exhaustive au niveau de la commune d'Oran. Elle concerne l'ensemble des structures dentaires de la commune, publiques et privées ainsi que le personnel manipulateur des appareils de radiographie (médecins dentistes, assistant(e)s ou autres). Les structures disposant des sources radiogènes de médecine dentaire seront particulièrement

ciblées. Les locaux destinés à l'acte radiologique seront visités et les dispositifs radiogènes utilisés seront étudiés.

1.1.1. *Population d'étude*

L'étude porte sur tous les dispositifs de radiologie dentaire intra et extra oraux, nous avons inclus l'ensemble des manipulateurs des ces dispositifs exerçant dans les structures de médecine dentaires (publiques et privées) de la commune d'Oran, pleinement informés sur la nature, les buts et les modalités de l'enquête et qui ont consenti à en faire partie (tableau 21).

1.1.2. *Critères d'inclusion*

Tout le personnel exerçant au niveau des structures de médecine dentaires (publiques et privées) de la commune d'Oran manipulant des DR à condition que ces structures disposent d'appareils de radiodiagnostic dentaires intra et/ou extra orale utilisés pour des actes radiologiques. Le personnel est pleinement informé sur la nature, les buts et les modalités de l'enquête et le consentement est obtenu.

1.1.3. *Critères d'exclusion*

- Toute personne non exposée aux RI.
- Les structures qui ne disposent pas d'appareils radiogènes.
- Les structures qui possèdent des appareils radiogènes mais qui sont non exploités.
- Toute personne qui a refusé la passation de questionnaire et/ou la visite de sa structure de médecine dentaire.

1.1.4. *Le déroulement de l'enquête*

Le recrutement des structures dentaires, des DR et du personnel manipulateur se fera sur la base d'une liste nominative des médecins dentistes délivrée par la direction de la santé et complétée par celle fournies par le conseil de l'ordre et par l'annuaire médical.

L'ensemble des structures dentaires de la commune d'Oran (arrondissements et quartiers) recensées sur cette liste est de **278** structures réparties comme suit :

➤ Secteur privé : **n1=232** dont :

- 182 cabinets pour médecins dentistes généralistes.
- 48 cabinets pour médecins dentistes spécialistes.
- 02 cliniques privées

➤ Secteur public : **n2=46** dont :

- 01 centre hospitalo-universitaire CHU (comptant 05 services dentaires)
- 01 établissement hospitalo-universitaire EHU (un service de maxillo-faciale)
- 01 établissement hospitalier de santé EHS (un service de soins dentaires)
- 04 établissements publics de santé de proximité EPSP (qui gèrent 72 structures médicales de soins dont 39 cabinets de soins dentaires).

Au total, notre étude porte sur les sources radiogènes existantes dans les structures de médecine dentaire de la commune d'Oran et sur le personnel médical ou autre qui les manipule.

Sur le plan des ressources humaines, nous avons identifié 715 médecins dentistes (généralistes et spécialistes) grâce à la liste communiquée par le fonctionnaire chargé de la gestion de ces ressources au niveau de la direction de santé publique de la wilaya. Concernant la commune d'Oran, les médecins dentistes se répartissent en 372 en exercice libérale (secteur privé) et 343 en exercice dans le secteur public. Le tableau 21 nous informe sur la population d'étude.

Tableau 21 : Les structures de médecine dentaire de la commune d'Oran.

Structures		n	%
Privées	Cabinets (généraliste)	182	65,5
	// (spécialiste)	48	17,3
	Cliniques	02	0,7
Publiques	CHU	5	1,8
	EHU	01	0,3
	EHS	01	0,3
	EPSP	39	14
Total		278	100

1.1.4.1. Les enquêteurs

Un staff composé de deux professeurs (en odontologie conservatrice et en médecine du travail) et un maître de conférences formé en radioprotection a

animé, encadré et assuré, la formation et le suivi de deux enquêteurs ; un maître assistant comme enquêteur principal et un agent technique formé sur le terrain.

L'agent qui assiste l'enquêteur principal, est un agent polyvalent, retraité et natif d'Oran, ayant une bonne connaissance de la ville d'Oran, ayant travaillé 35 ans au sein de la clinique dentaire du CHU Oran comme agent d'accueil, et qui a un bon potentiel communicationnel, un niveau technique suffisant et des bases de secrétariat. Il a bénéficié d'une formation adaptée à l'enquête durant deux jours.

L'agent formé procède aux entretiens auprès des médecins dentistes sous le contrôle de l'enquêteur principal documenté et averti des problèmes de radioprotection afin de s'assurer qu'il a compris les principes de cette opération, l'importance d'en suivre fidèlement la procédure et qu'il possède les compétences nécessaires pour réaliser les entretiens dans les meilleures conditions. Les enquêteurs ont une expérience et un niveau suffisant pour comprendre et remplir correctement le questionnaire. L'agent formé maîtrise les langues, nationales, le dialecte local et le français dans lesquelles seront posées les questions. Il a d'autres qualités requises (diplomatie, respect et patience).

La formation de l'enquêteur assistant a été effectuée au service d'odontologie conservatrice du CHU Oran et dans un cabinet privé.

1.1.4.2. *Pré-enquête*

Il s'agit au préalable d'éprouver les aspects méthodologiques et les précautions à prendre pour la validation des données recueillies.

La pré-enquête est une mise en situation en condition réelle. Son grand intérêt, c'est d'identifier les problèmes potentiels du terrain, tester le questionnaire et le matériel de mesure et de vérifier que l'enquêteur a bien compris son rôle et le mandat qui lui a été assigné.

Sur le terrain, ce pré enquête a été réalisée par la visite de quelques sites d'implantation des DR par l'observation, l'interview et la passation des questionnaires semi-fermés, en français par les deux enquêteurs formés et appliquant le même protocole standard et à l'aide des techniques de communication adaptées.

Cette étape nous a servi à relever les insuffisances, compléter les questions non comprises, enrichir les questionnaires, étudier la faisabilité et déterminer approximativement la durée de l'enquête dans les délais raisonnables (moins de

06 mois). Ce délai est imposé par les dosimètres qui ne sont pas fiables après six mois suivant étalonnage.

Le questionnaire utilisé a été testé au préalable et validé au cours de cette étape par des experts (en radioprotection, en épidémiologie, en médecine de travail, en médecin dentaire et en médecine nucléaire). Au final, la dernière validation a été faite par deux professeurs (en médecine dentaire et en médecine du travail).

1.1.4.2.1. Préparation de la logistique et du matériel nécessaire

Nous avons envisagé la logistique et l'organisation générale de l'enquête en amont. Pour cela, nous avons anticipé et mobilisé les ressources matérielles (ci-dessous en figure 20), nous avons repéré les lieux à visiter pour éviter certaines difficultés éventuelles comme : le mauvais état des routes, l'accès, les conditions de sécurité.

Tout le matériel nécessaire à la réalisation de l'enquête a été préparée amo. Il s'agit de :

- La fiche d'enquête (annexe6).
- Un kit de radioprotection (tablier, cache thyroïde, protège gonades et lunettes) plombés.
- Les dosimètres Geiger avec des piles de rechange.
- Un distomètre Laser pour le calcul rapide des superficies des locaux.
- Une règle pour mesurer l'épaisseur des parois.
- Un Smart phone type Iphone 6 pour (les appels téléphoniques, appareil photo, application boussole et application de géolocalisation).
- Un mannequin en plastique (taille réglable) et un conteneur de 5 litres d'eau conformément aux recommandations des biophysiciens pour une éventuelle simulation des praticiens (par mannequins ou des patients par le conteneur de 5 litres d'eau).
- Lunettes ordinaires pour fixer le dosimètre destiné à la prise de la dose oculaire
- Calepins, stylos et scotch double adhésif.
- Une voiture pour les déplacements.

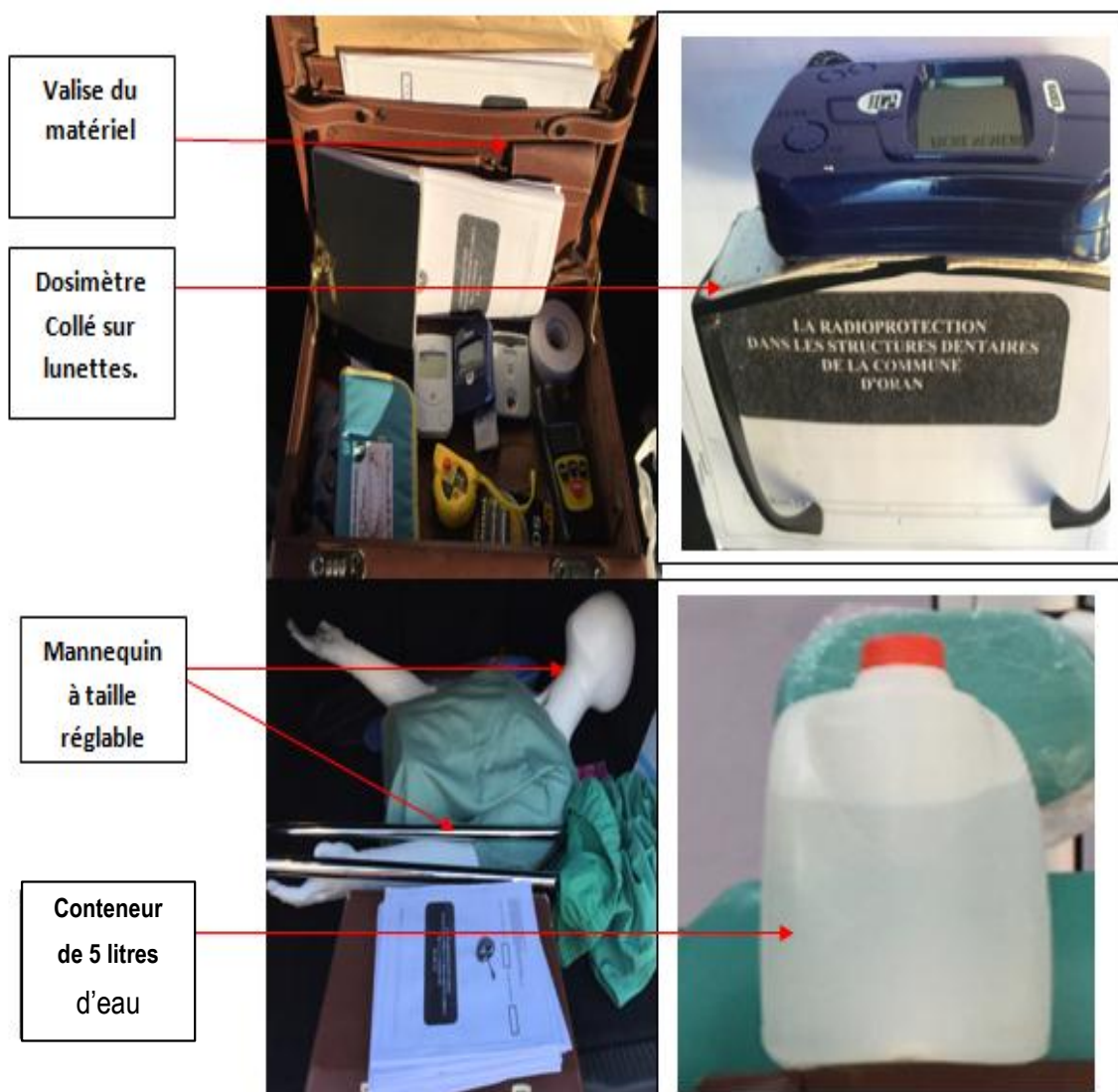


Figure 19 : Le matériel nécessaire utilisé pour l'enquête.

Une fois la base de sondage corrigée, complétée et mise à jour, pour chaque circonscription, nous avons établi une liste plus complète avec noms et adresses et numéros de téléphones des médecins dentistes, à partir d'une liste nominative délivrée par les organismes responsables.

1.1.4.2.2. Contrôle technique des moyens utilisés

○ **Etalonnage de dosimètres**

Pour la qualité des résultats des mesures, un étalonnage initial de chaque dosimètre a été effectué en respectant la périodicité recommandée (moins 6mois), conformément aux données scientifiques.

L'étalonnage de nos dosimètres « Geiger Muller » a été effectué au niveau de la direction du Centre de Recherches Nucléaires d'Alger (CRNA). Toutes nos mesures dosimétriques ont été réalisées dans la périodicité théoriquement recommandée.

○ **Essais dosimétriques**

Des tests dosimétriques ont été réalisés pour vérifier et assurer la fiabilité des résultats dosimétriques, la simulation a été effectuée sur mannequin qui remplace le praticien et le milieu hydrique qui remplace la tête du patient).

Conformément à la littérature scientifique le contrôle technique en radioprotection a été réalisé par le technicien grâce à des tirs de rayons X à travers un milieu hydrique (5 litres d'eau intégré à un mannequin pour simuler la tête du patient) et prendre des mesures d'exposition les plus proches de la situation réelle en clinique.

Les tests ont été réalisés pour des incidences intra orales par :

- ✓ **Un générateur** Orix 70 (New Edition) présentant les paramètres techniques suivants (figure 20) :

A:70Kv 8mA ; **B**:230v 50/60 Hz -5A ; **C**: fabriqué le mois de février 2017 ; **D** ARDET.Dental & Medical Devices S.r.l (MI) Italy.

- ✓ **Un système de radiovisiographie** (figure 21).

E: capteur numérique ; **F - G**: système Xpod de Myray (Italy)



Figure 20 : Le DR utilisé pour le contrôle technique.



Figure 21 : Radiovisiographie type « X-pod » de Myray.

A cet effet, nous avons réalisé un protocole de mesures dosimétriques qui est résumé en deux étapes :

○ La première étape consiste à :

- Préparer un mannequin en plastique avec taille réglée à **164 cm** correspondant à la taille moyenne de dix médecins manipulateurs pris au hasard dont 5 femmes et 5 hommes.
- Placer les dosimètres sur le mannequin (au niveau des yeux, la main manipulatrice) à l'aide d'un scotch double adhésif, et au niveau de la poche gauche de la poitrine.
- On simule le praticien par ce mannequin dans les conditions réelles de travail pour un acte radiologique justifié sur patient (figure 22 A).
- Le praticien est remplacé par ce mannequin porteur de dosimètres (MPD) et les résultats dosimétriques indiqués après émission des rayons sont enregistrés.
- Le praticien procède au déclenchement de l'émission de rayons en se tenant à distance du MPD et du patient.

○ La deuxième étape consiste à :

Après l'émission des rayons et enregistrement des doses affichées sur dosimètres, on demande au patient de se lever sans toucher le MPD.

Nous remplaçons le patient par le milieu hydrique (figure 22 B) et une émission des rayons a été réalisée dans les mêmes conditions spatiales. Les résultats dosimétriques indiqués après émission des rayons sont aussi enregistrés.

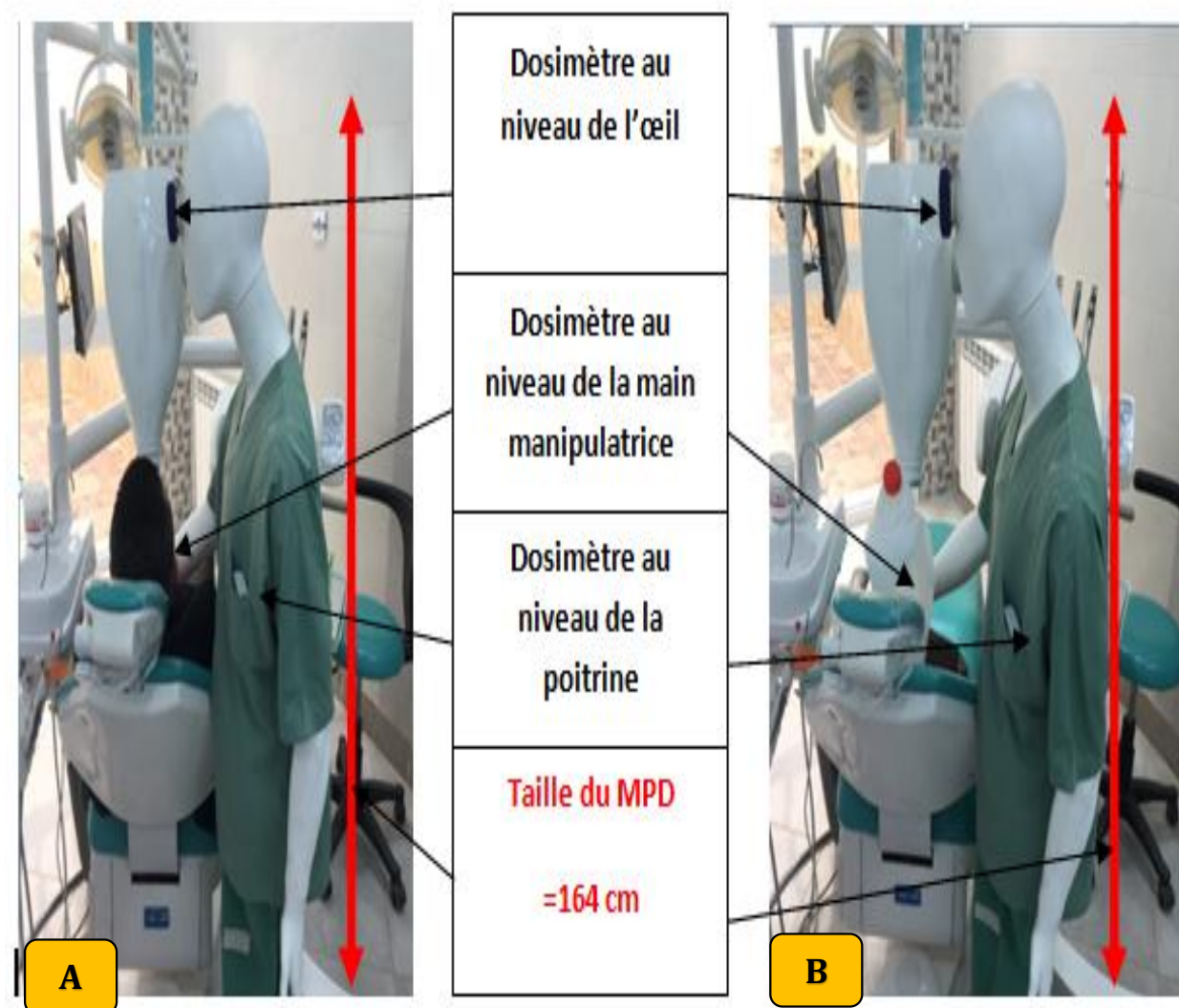


Figure 22 : Les essais dosimétriques des actes réalisés.

Les résultats dosimétriques sont enregistrés sur des tableaux de manière aléatoire (statistiquement parlant) des patients avec le respect du principe de prendre des mesures permettant une représentativité spatiale au niveau de la dentition et en respectant les différentes positions des praticiens et les orientations de cône radiogène.

○ **Essais de simulation de praticien :**

Dans cette étape, nous avons pensé à simuler également le praticien avec le mannequin pour rester dans le même contexte de radioprotection. Malheureusement, nous n'avons pas pu le faire pour la simple raison que notre mannequin (en plastique) n'a pas le bras flexible et souvent c'est le praticien qui tient le récepteur de l'image (film ou capteur RVG).



Figure 23 : Simulation du praticien (pré-enquête).

○ **La fiche d'enquête (description et pré-test) :**

Cette fiche constitue un outil d'évaluation des règles de radioprotection observées dans les structures de médecine dentaire.

A travers les cent items qui la composent, cette fiche réalise une revue de tous les domaines où la vigilance du praticien doit s'exercer pour assurer la radioprotection des patients et des membres de l'équipe soignante :

Après l'identification des structures, dans cette fiche, **30** items sont consacrés à l'évaluation de la conformité des (DR) existants, **11** items à l'évaluation de la conformité des locaux d'implantation des DR, **19** items à l'identification du personnel manipulateur et l'étude de leur connaissances, attitudes et pratiques, **29** items pour la simulation d'un acte radiographique réel, les mesures dosimétriques et l'étude de post pendant l'utilisation des DR ont été prises en considération.

La rédaction de cette fiche, la simplification des questions et la codification des réponses (code numérique) ont été prise en considération afin d'inventorier les résultats. Elle est conçue en relation avec les objectifs fixés. Le choix des questions est basé sur ce que l'on cherche à confirmer ou à infirmer ; Les questions

selectionnées sont jugées les plus pertinentes pour obtenir les informations recherchées. Elles ont été formulées avec soin et dans un langage simplifié.

L'étape de l'adaptation des réponses a été prise en compte et elle est appuyée par la revue de la documentation existante et du pré-test réalisé dans les conditions réelles de l'enquête.

La conception du masque de saisie est effectuée par un spécialiste en épidémiologie responsable de l'analyse des données. Ce masque a été conçu d'une manière claire, facile et fidèle au questionnaire.

Enfin, la fiche d'enquête est imprimée en quantité nécessaire (au département de médecine dentaire) et soigneusement agrafée pour éviter que des pages ne se séparent et ne se confondent avec autres documents.

1.1.4.3. *L'enquête*

L'enquête a été réalisée entre le 07 novembre 2017 et le 25 février 2018. Après une demande d'autorisation et l'obtention de l'accord du directeur de la santé publique et autorisation des autorités militaires, l'ensemble des structures de médecine dentaires de la commune d'Oran ont été visitées pendant quatre mois et en trois étapes :

- Première étape : par quartier (sous forme de visites inopinées) réalisée entre le 07 /11/2017 et le 10 /01/2018.
- Deuxième étape : C'est une étape réalisée entre le 10 /01/2018 et le 02/02/2018), elle consiste à l'établissement de la liste précise des :
 - Médecins dentistes répertoriés mais non trouvés à l'adress indiquée.
 - Médecins dentistes non répertoriés mais indiqués par le voisinage.
- Troisième étape : C'est une étape réalisée entre le 02 /02/2018 et le 25/02/2018, elle consiste au contrôle final des listes et établissement de listes par quartier des praticiens manquants.

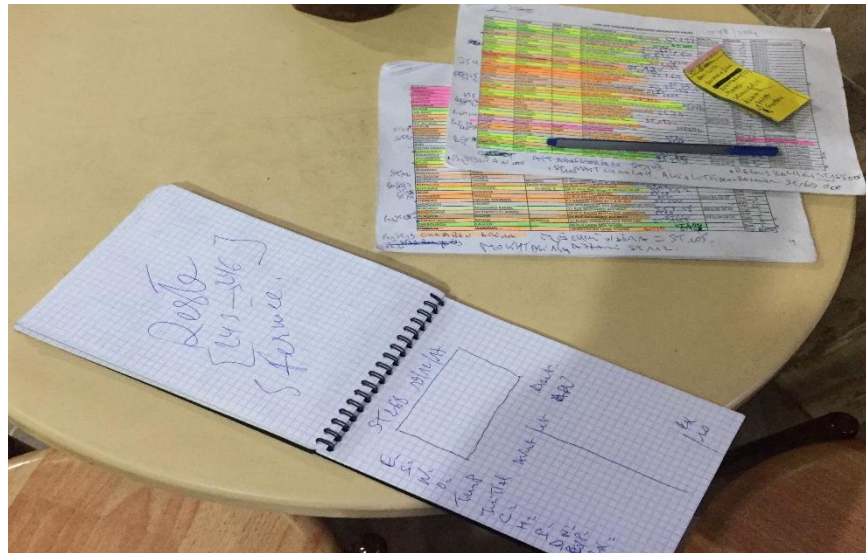


Figure 24 : Vérification des noms non trouvés .

Au total, sur les **278** structures dentaires publiques et privés de la commune d'Oran, nous avons pu recenser pour l'enquête **114** structures disposant de **154** dispositifs radiogènes (DR). Cette étude nous a permis de révéler des résultats intéressants que l'on discutera ci-après.

Il est à rappeler que l'enquête a été entamée sur un chiffre théorique basé sur des listes et des statistiques officielles de structures dentaires (théoriquement) dotées de dispositifs radiogènes, parmi les **114** structures étudiées, il existe des structures avec un ou plusieurs DR, le chiffre exact est de **154** DR opérationnels (tableau 22).

Tableau 22 : Structures et DR dentaires de la population d'étude.

Structures dentaires		n Structure	n DR fonctionnels
Exclues+motifs	Motifs		
	Sans DR.	77	0
	DR non exploités.	31	
	DR en panne.	15	
	Fermées	37	
	Refus de participation à l'enquête.	04	
	Total	164	0
Incluses (avec DR exploités).		114	154
Total		278	154

*DR : Dispositif Radiogène.

Le recueil des données sur les médecins dentistes réalisant des actes radiographiques a été fait par l'observation sous forme de photographies autorisées, par l'entretien et le recueil des mesures dosimétriques.

198 manipulateurs des DR ont participé à cette enquête. Ces manipulateurs sont les utilisateurs habituels de ces DR.

L'évaluation du risque se fait par rapport aux normes internationales de radioprotection. Les personnes exposées sont classées dans un but de préconiser des actions de prévention en fonction du niveau de risque.

Sur le terrain nous avons procédé comme suit :

- Aux repérages et à l'anticipation des sources de collecte des informations, qui sont les premiers facteurs garantissant la validité de l'enquête.
- Les briefings quotidiens sont faits avant chaque démarrage pour rappeler les objectifs et envisager les éventuels imprévus.
- L'accent est mis sur le caractère confidentiel des réponses et la nécessité d'expliquer aux médecins dentistes que l'enquête est anonyme, en leur précisant l'usage qui sera fait de l'information recueillie.
- L'utilisation de Smart phone pour la prise des photos de la carte électronique affichée derrière le DR.

- Le repérage des adresses, les itinéraires recommandés ainsi que la géolocalisation (après activation de l'option de localisation et partage de position) sont passées en revue.
- Les questionnaires sont soumis aux dentistes après un entretien guidé, l'enregistrement des données a été effectué sur place.
- L'évaluation dosimétrique a été réalisée sur patient ; si non, on simule le dernier acte radiologique sur milieu hydrique pour simuler la tête du dernier patient.
- Plusieurs mesures dosimétriques ont été relevées conformément à un protocole spatio-temporel et tenant compte du poste de travail, des caractéristiques des manipulateurs et des DR. Les techniques dosimétriques étaient adaptées aux conditions d'exposition aux cabinets dentaires (en tenant compte de la position de l'opérateur par rapport au générateur, la proximité de ses mains manipulatrices et les yeux comme le montre la figure 26.
- L'étude dosimétrique de poste est indispensable. Elle vise à apprécier le niveau d'exposition des manipulateurs des DR, fournissant des éléments nécessaires pour le classement des travailleurs et le lancement du processus d'optimisation des expositions individuelles et collectives.
Après une autorisation de la part du médecin dentiste, l'identification des DR avec leur caractéristiques électrotechniques est réalisée.
- Les dimensions, les épaisseurs des parois et les matériaux de construction des locaux d'implantation des DR ont été calculés.
- La dernière étape consiste à mesurer les doses (en micro Sievert) sur différents points du corps (œil, poitrine et main manipulatrice) du manipulateur des DR à l'aide des dosimètres « Geiger Muller » préalablement étalonnés. La fixation des dosimètres a été réalisée directement sur des lunettes et sur la main manipulatrice du praticien (avec bandes doubles adhésives) et dans la poche gauche au niveau de la poitrine.

On demande alors, après consentement éclairé, au manipulateur de réaliser un acte radiologique indiqué et justifié sur un de ces patients (il doit justifier la cause). Si ces conditions ne sont pas réunies, on procède à la simulation sur milieu hydrique du dernier acte radiologique réalisé par le praticien et mentionné sur le

dossier du dernier patient (avec la nomenclature exacte de la dernière dent radiographiée et pour assurer la notion de hasard,) on procède de la même manière que sur un patient réel.

Le praticien doit réaliser son acte dans les conditions habituelles et on notera les valeurs dosimétriques enregistrés sur les « Geiger Muller », on doit noter la position de praticien par rapport au rayon incident, la position de sa main et surtout si les paramètres de radioprotection sont respectés.

Les orientations du tube simulant les incidences dans les secteurs codifiés de 1 à 6 comme suit (figure 25).



1 : côté supérieur postérieur droit du patient, 2 : côté supérieur postérieur gauche du patient, 3 : côté inférieur postérieur gauche du patient, 4 : côté inférieur postérieur droit du patient, 5 : côté antéro-supérieur et 6 : le côté antéro-inférieur du patient.

Figure 25 : Codification des secteurs à radiographier.

Enfin, des conseils sont donnés aux médecins dentistes pour améliorer leurs attitudes de travail en matière de radioprotection. Les doses exéssives enregistrées ont été communiqués au praticien.

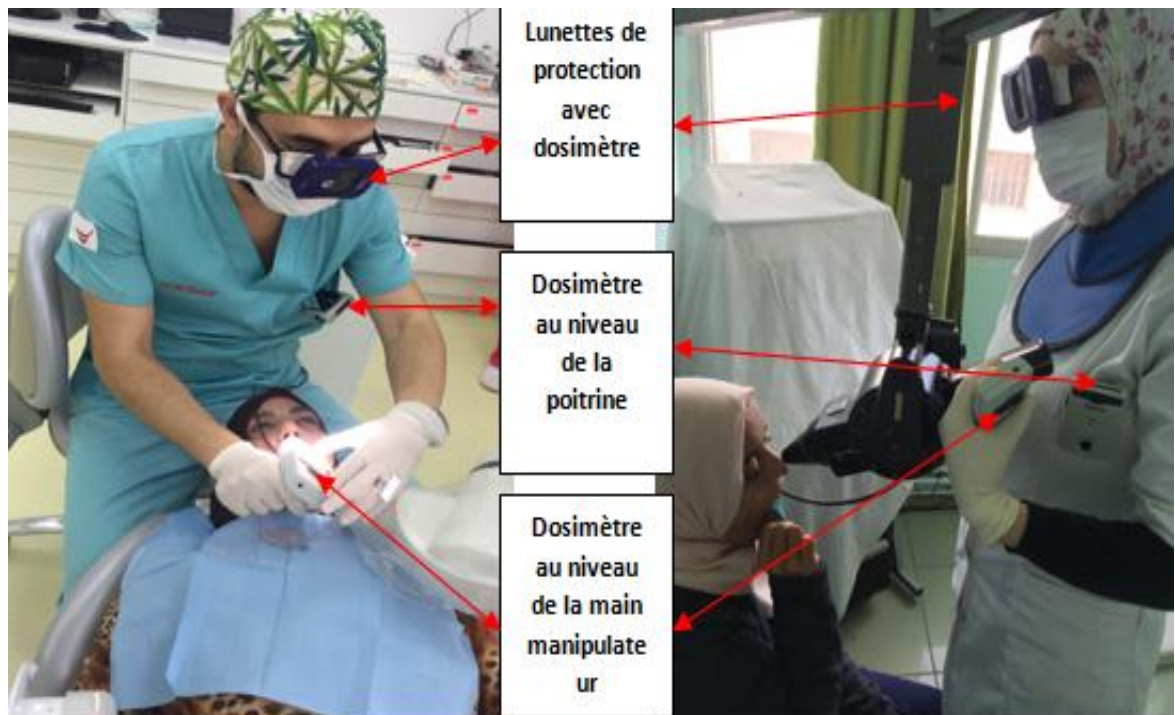


Figure 26 :Techniques et protocole

1.2.Exploitation des résultats et analyse statistique

Après saisie des données recueillies, l'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel SPSS version 20, après saisie des données sur Excel 2007.

Pour l'analyse univariée, les résultats sont exprimés en fréquence absolue et relative pour les variables qualitatives et en moyenne avec écart-type pour les variables quantitatives.

La comparaison des pourcentages est faite deux à deux par le test de χ^2 de Pearson et lorsque l'un des effectifs calculés est inférieur à 5, c'est la formule de Khi 2 corrigé de Yates ou le test exact de Fischer qui sont utilisés.

La comparaison des moyennes est faite selon l'analyse de variance (Anova). Elle n'est utilisée qu'en cas de loi normale de même variance. Si les variances diffèrent, c'est le test non paramétrique de Kruskal Wallis qui est utilisé.

Les variables qualitatives sont binaires et codées (oui=1, non=0). Les variables quantitatives sont utilisées telles quelles ou transformées en variables qualitatives ordinales notamment les variables biologiques (Age, ancienneté, superficie...) ou clinique en fonction des seuils pathologiques. L'étude de la liaison statistique est faite sur la base de seuils de signification $p \leq 0,05$.

Un ordinateur a été réservé à l'analyse statistique, ainsi qu'un bureau pour le classement des questionnaires et à la protection de données qui peuvent être sensibles. La sauvegarde a été faite sous trois supports électroniques différents (clé USB, disque dur externe et sur le micro ordinateur).

La saisie des données a été faite systématiquement et de manière simultanée après la collecte sur le terrain. Cela a permis de repérer les éventuelles erreurs d'annotation ou de remplissage des fiches d'enquête et de pouvoir immédiatement corriger l'erreur.

2. Résultats

Nous présentons les résultats obtenus au terme de notre enquête qui a duré plus de quatre mois (du 07 novembre 2017 au 25 février 2018) en plusieurs étapes :

- ✓ La pré-enquête ;
- ✓ L'identification des structures de l'enquête ;
- ✓ La répartition géographique des structures d'enquête ;
- ✓ L'étude du parc radiologique dentaire (locaux et dispositifs) ;
- ✓ L'étude CAP (comportement, attitudes et pratiques) des manipulateurs de DR ;
- ✓ L'analyse dosimétrique et estimation du risque.

2.1. La pré-enquête

Sur les six patients ayant bénéficié d'une radiographie justifiée, on note que la somme des différences entre les doses mesurées pour patients réels et sur mannequin (simulé) est de 0,52 μSv pour 18 mesures. Pour cela on peut estimer que la moyenne de 0,03 μSv n'est pas une valeur significative sur le plan du risque et le simulateur (milieu hydrique) peut remplacer le patient en cas de besoin.

Tableau 23 : Les paramètres biométriques et cliniques des patients testés.

Patients étudiés	Sexe	Age (An)	Poids (Kg)	Justification de la radiographie	La dent à explorer
A	Masculin	35	57	Traitement endodontique (radio per-opératoire).	22(l'incisive latérale supérieure gauche).
B	Masculin	39	84	Radiodiagnostic d'une parodontite apicale.	46 (la première molaire inférieure droite).
C	Féminin	19	61	Radiodiagnostic d'une carie profonde.	16 (la première molaire supérieure droite).
D	Masculin	53	72	Radiodiagnostic d'une Mobilité dentaire.	37 (la deuxième molaire inférieure gauche).
E	Masculin	37	74	Radiodiagnostic d'une parodontite périapicale.	28 (la troisième molaire supérieure droite).
F	Féminin	47	54	Radiodiagnostic d'une parodontopathie	31-41(les incisives inférieures).

Tableau 24 : La variance dosimétrique entre patient réel et milieu hydrique (MH).

Points cibles Patients	Δ delta Différence Dose avec MH-dose patient en μ Sv					
	A	B	C	D	E	F
Œil	0,06	0,00	0,02	0,01	0,02	0,04
Poitrine	0,01	0,01	0,03	0,02	0,04	0,05
Main manipulatrice	0,05	0,03	0,02	0,01	0,03	0,07

2.2. Identification des structures de l'enquête

Au total, sur les **278** structures dentaires publiques et privés existantes dans la commune d'Oran, nous avons pu recenser pour l'enquête **114** structures avec **154** DR (identification, locaux d'implantation et manipulateurs avec analyse dosimétrique).

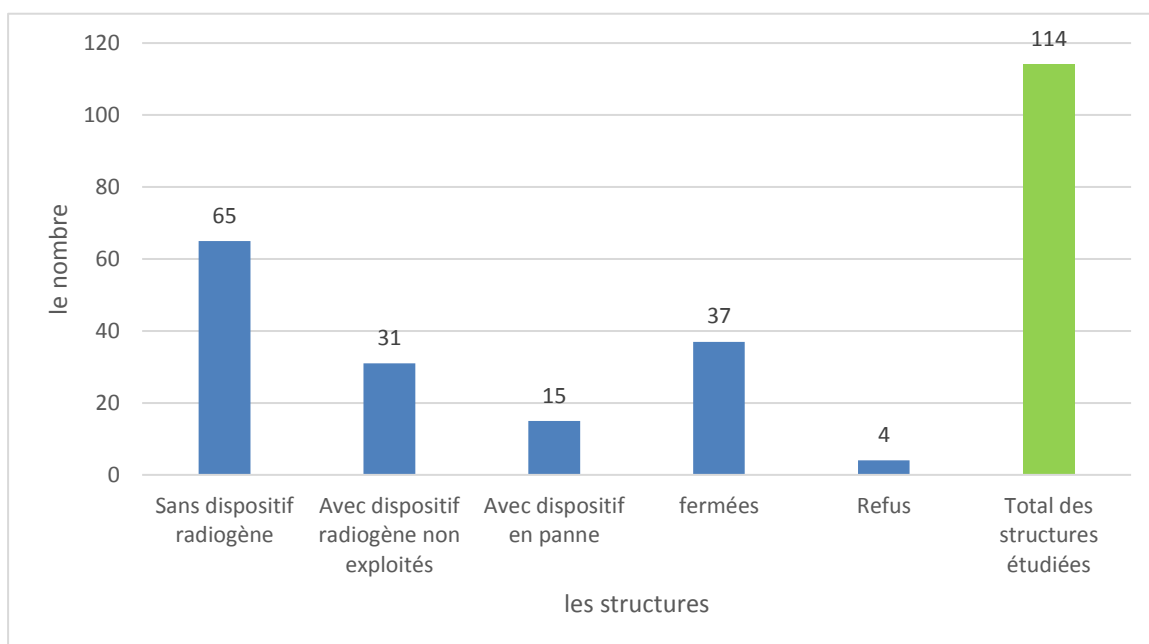


Figure 27: Répartition des structures dentaires concernées par l'enquête.

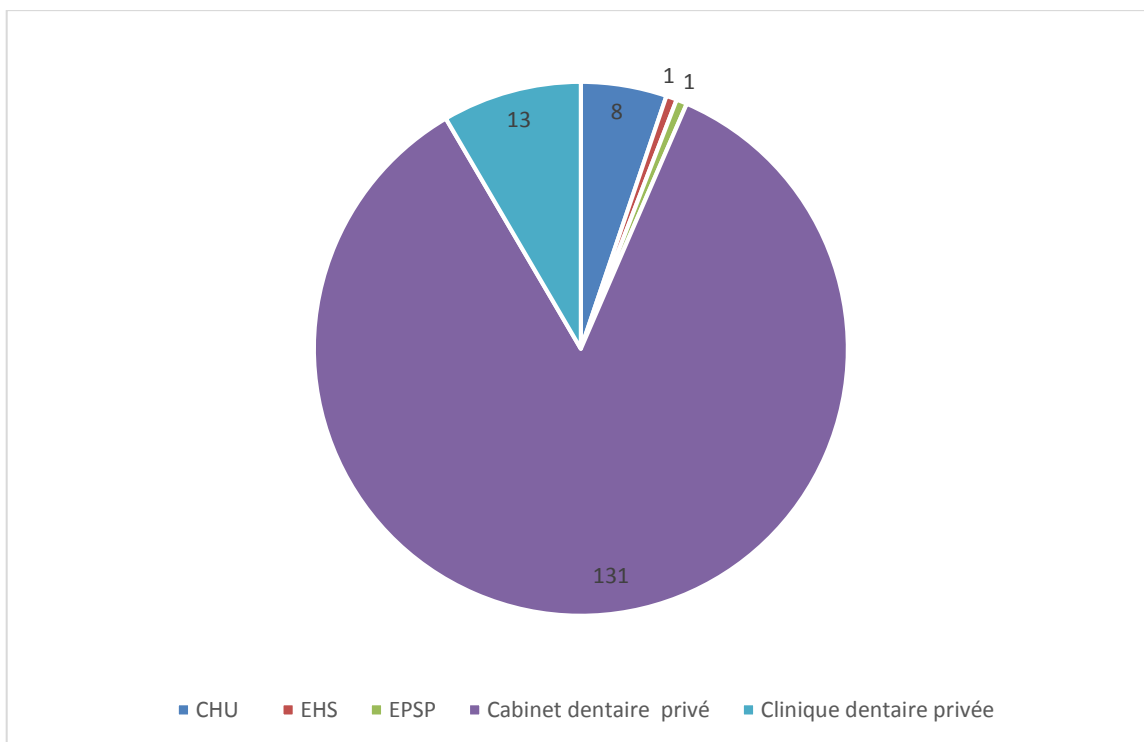


Figure 28 : La répartition des DR selon les structures dentaires étudiées.

Notre échantillon est fortement représenté par le secteur privé **(93,5 %)** où il y a plus d'activité radiologique et où les cabinets dentaires privés prédominent.

2.3.Répartition géographique de la population d'étude

Sur le plan de géolocalisation de notre population d'étude :

- **32,4%** des structures enquêtées sont situées dans l'arrondissement de Sidi el Bachir.
- **32,5%** des DR étudiés sont situés dans l'arrondissement de Sidi el Bachir.
- **46,5 %** des manipulateurs enquêtés sont situés dans l'arrondissement de Sidi el Bachir.

Les taux de répartitions des structures et des DR les moins élevés sont enregistrés dans l'arrondissement de Sidi el Houari et El Hamri (figure 29 et tableau 25).

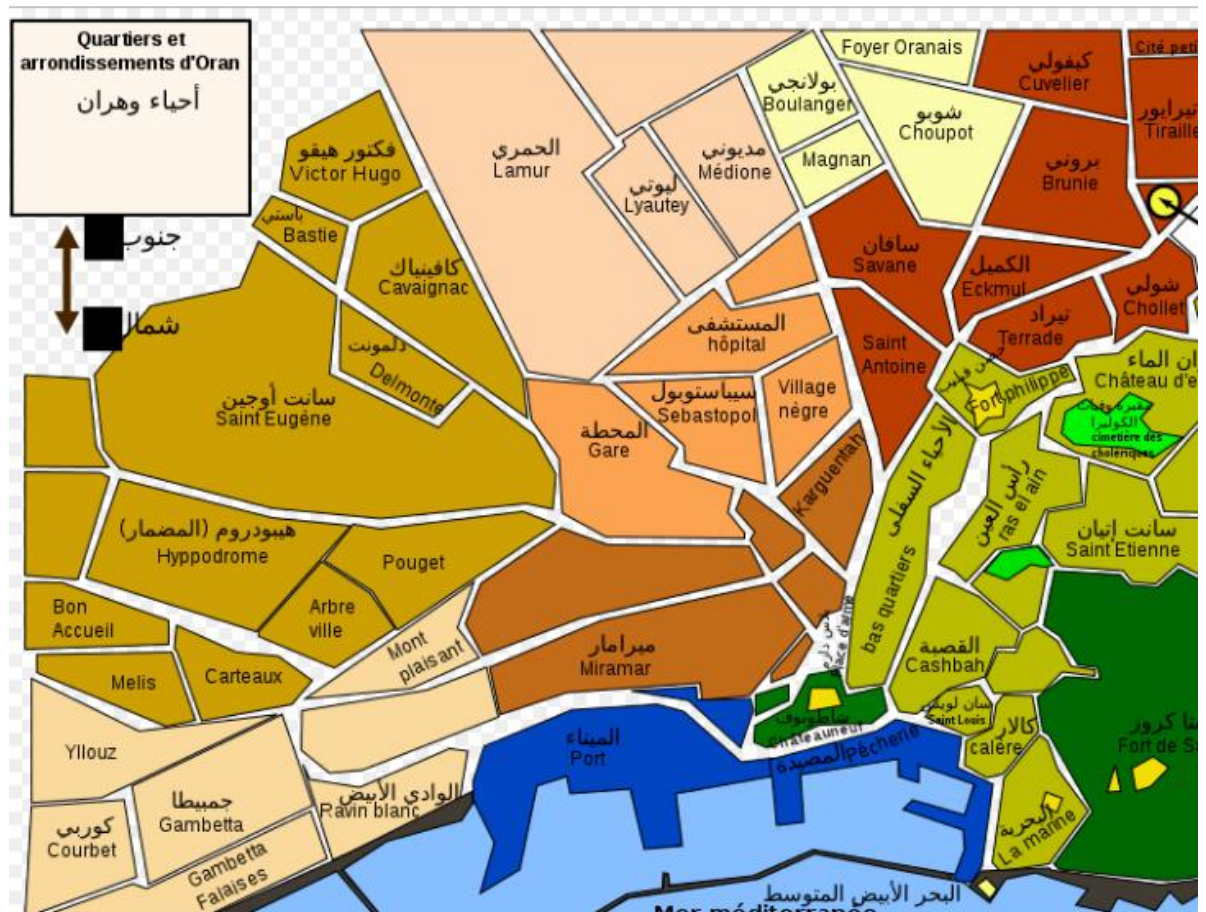


Figure 29 :Arrondissements et quartiers de la commune d'Oran.

Tableau 25 : Répartition de la population d'étude par arrondissements.

Arrondissements/la population d'enquête	Quartiers	Structures		DR		Manipulateurs	
		n	%	n	%	n	%
Sidi El Houari	Casbah, St-Louis, Vieux Port, La Calère, La Marine	1	0,9	1	0,6	1	0,5
Sidi El Bachir	Centre-Ville, St-Charles, Plateaux, Château-Neuf	37	32,4	50	32,5	92	46,5
Ibn Sina	Victor Hugo, Savignion, Bastie, Cavaignac, Delmonte	4	3,5	4	2,6	4	2
El Makkari	Bel-air, Saint Eugène, Delmonte, Les Castors, Petit Lac, Zitoune, l'hippodrome	14	12,3	16	10,4	14	7
El Hamri	Medioni, Lyautey, Lamur, Saint-Hubert, Boulanger	2	1,7	2	1,3	2	1
El Badr	Boulanger, Choupot, Magnan, Sananès	15	13,1	15	9,7	17	8,5
Es Seddikia	Carteaux, Point du Jour, Gambetta, Falaises	15	13,1	20	13	23	11,5
El Menzeh	Canastel, Akid Lotfi, Fernand Ville, Bellevue	8	0,7	23	15	20	10
El Amir	Miramar, Bel Air, Saint-Pierre	6	5,2	6	3,9	6	3
El Othmania	Maraval, Cuvelier, les Palmiers	4	3,5	8	5,2	10	5
Bouamama	Cité Petit, Planteurs	5	4,4	6	3,9	6	3
Es-Saada	Protin, Eckmühl, Saint-Antoine, Médina Jdida	3	2,6	3	1,9	3	1,5
Total		114	100	154	100	198	100

2.4.L'étude du parc radiologique dentaires

2.4.1. Les locaux d'implantation des dispositifs radiogènes

2.4.1.1. Les règles de sécurité électrique.

La majorité des locaux (83%) n'ont pas d'installations conformes avec les règles de sécurité électrique.

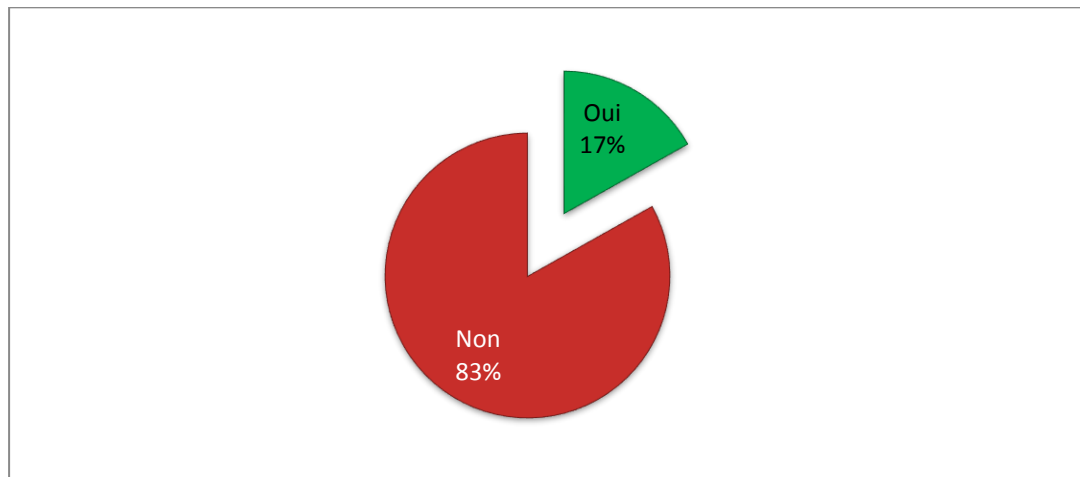


Figure 30 : La conformité électrique des locaux des DR.

Les photos (figures31-33) illustrent bien la situation et révèlent une défaillance sur le plan sécuritaire.



Figure 31 : Paramètres de sécurité électrique d'installation.



Figure 32 :Branchement électrique non conforme d'un DR.



Figure 33 : Branchement anarchique des cables électriques.

2.4.1.2. *Superficie des salles*

La majorité des dispositifs radiogènes (**96,1%**) sont implantés dans les salles de soins. Seuls **3,9%** sont implantés dans des salles spéciales destinées aux actes radiologiques.

Sur le plan de la conformité de la superficie, la majorité des salles d'implantation des dispositifs radiogènes (**92,2 %**) ont des superficies supérieures à **9 m²**.

Tableau 26 :Répartition des DR selon le local d'implantation.

Salle de radiographie spéciale	n	%
Oui	6	3,9
Non	148	96,1
Total	154	100,0

Tableau 27 :La conformité des superficies des salles d'implantation des DR.

Superficies (m ²)		n	%
Conforme	≥ 9 m ²	143	92,9
Non conforme	< 9 m ²	11	7,1
Total		154	100,0

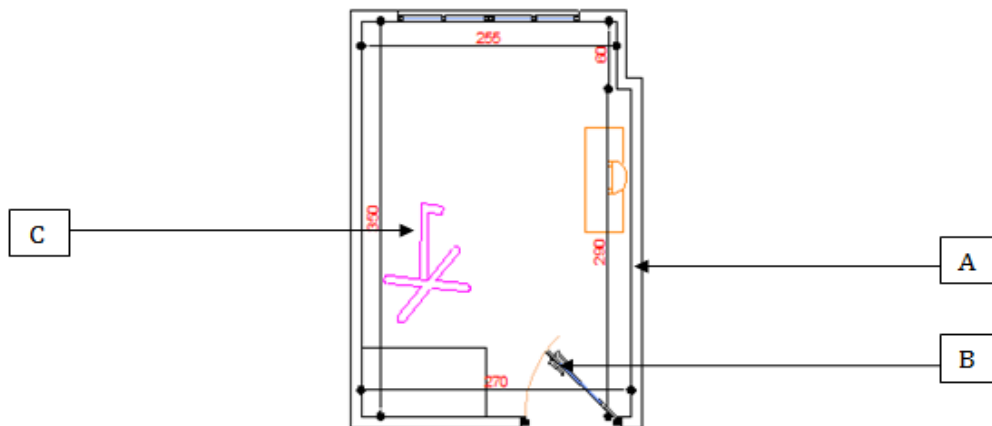


Figure 34 : Architecture d'une salle d'implantation d'un DR(Oran).

La figure 34 montre l'architecture et la disposition des équipements d'une salle d'implantation de dispositif radiogène avec des parois blindées(A), des issues également blindées(B), le dispositif radiogène (C).

Les cabinets privés ont les salles d'implantation des dispositifs radiogènes les plus spacieuses contrairement aux cliniques privées où l'on trouve les valeurs les plus basses. Le secteur public vient en deuxième position.

Tableau 28 : Les salles d'implantation des DR selon les établissements et la superficie.

Etablissements Sanitaires.	n	Superficie(m ²)	Min	Max
		$\bar{X} \pm ET$		
Cabinet privé	131	15,07 $\pm$ 4,64	2,99	29,86
EPSP	1	14,41	14,41	14,41
EHS	1	12,44	12,44	12,44
CHU et EHU	8	10,97 $\pm$ 3,64	5,97	16,03
Clinique privée	13	10,86 $\pm$ 3,55	4,20	18,83
Total	154	14,48 $\pm$ 4,68	2,99	29,86

La majorité (**70%**) des structures publiques respectent les règles d'isolation radiologique des parois. Par contre, **73%** des structures privées ne respectent pas ces règles d'isolation radiologique des parois.

Dans la totalité des locaux d'implantation des dispositifs radiogènes les zones classées ne sont pas délimitées conformément aux normes de radioprotection.

Les salles d'implantation des dispositifs radiogènes sont relativement plus spacieuses au niveau des établissements privés **14,7 m²** par rapport aux établissements publics **11,5 m²** mais les salles les plus étroites sont trouvées chez les cabinets privés.

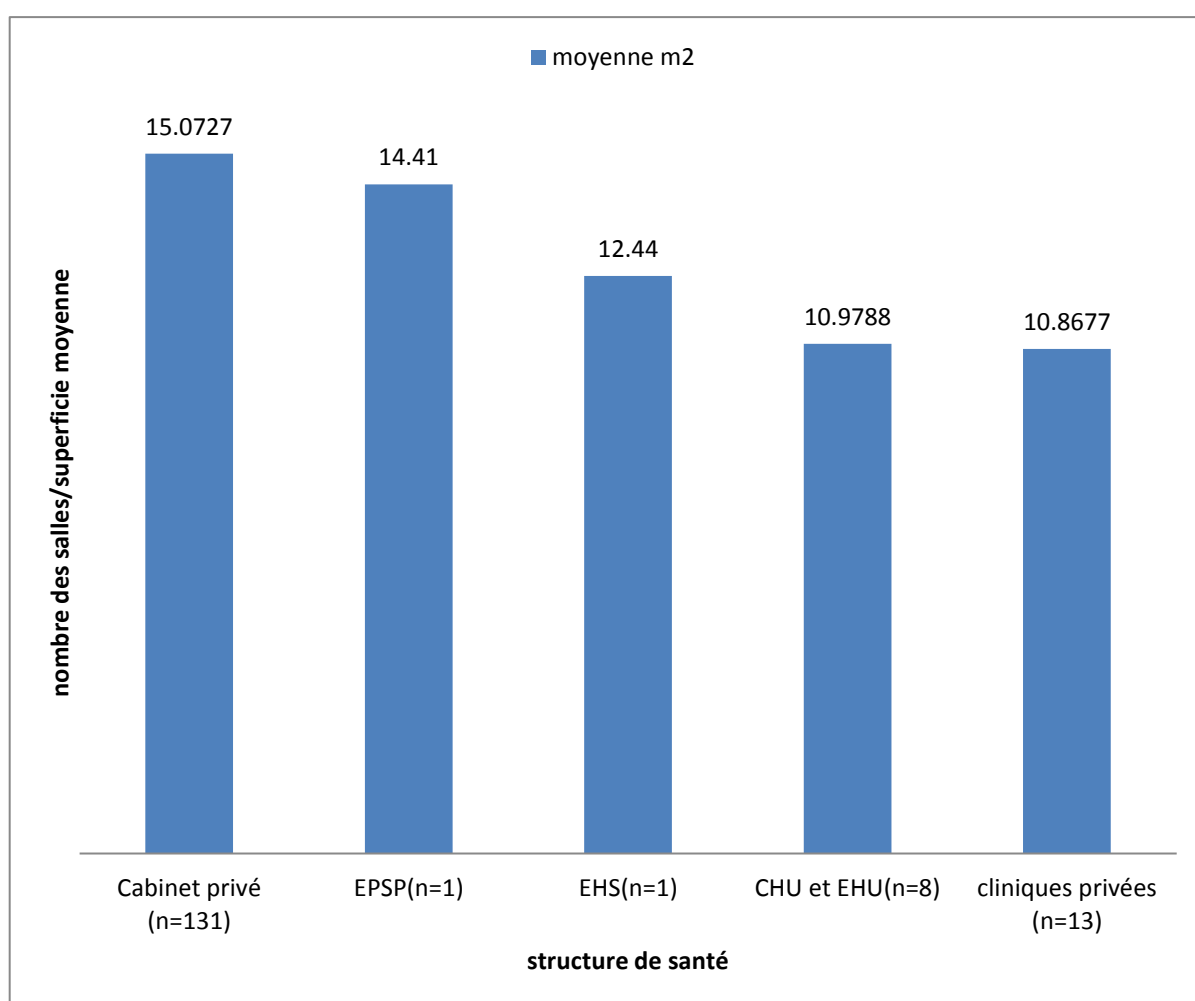


Figure 35 : Les superficies des salles d'implantation des DR.

Tableau 29 : Les salles d'implantation des DR par rapport au secteur d'activité.

Secteur d'activité	n	Superficies des salles(m ²)		
		$\bar{X} \pm ET$	Min	Max
Public	10	11,5 $\pm$ 3,4	6	16
Privé	144	14,7 $\pm$ 4,7	3	29,9
Total	154			

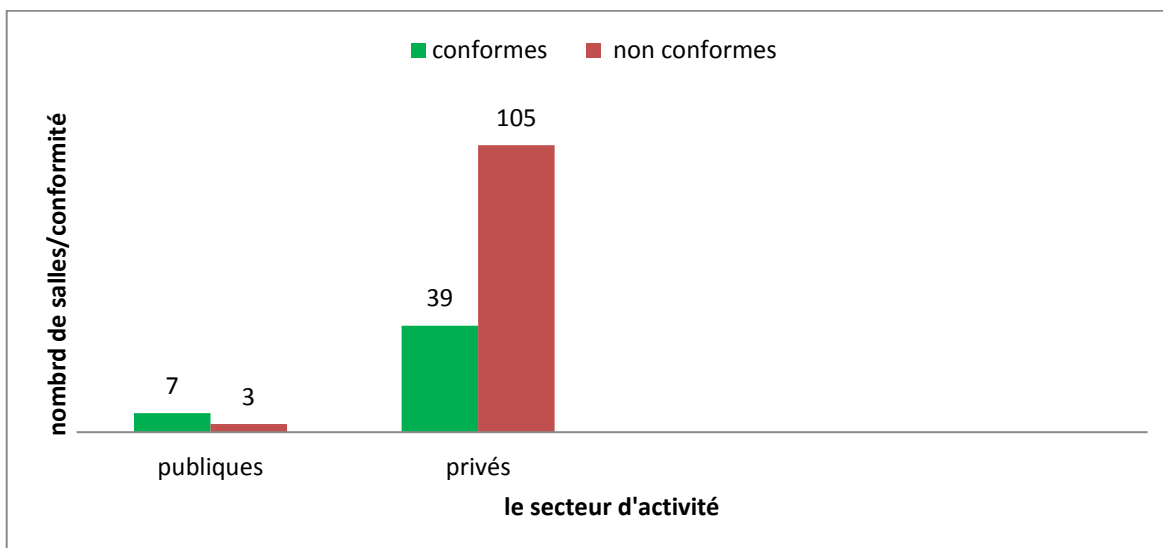


Figure 36 :La conformité des parois des salles d'implantation des DR par rapport au secteur d'activité.

2.4.1.3. *Les moyens de protection collectives.*

Dans la presque totalité des locaux, les règles de signalisation et d'affichage de protection radiologique ne sont pas respectées.

Le paravent plombé est rarement disponible dans les locaux d'implantation des dispositifs radiogènes.

La presque totalité des manipulateurs des DR ne possèdent pas de dosimètres.

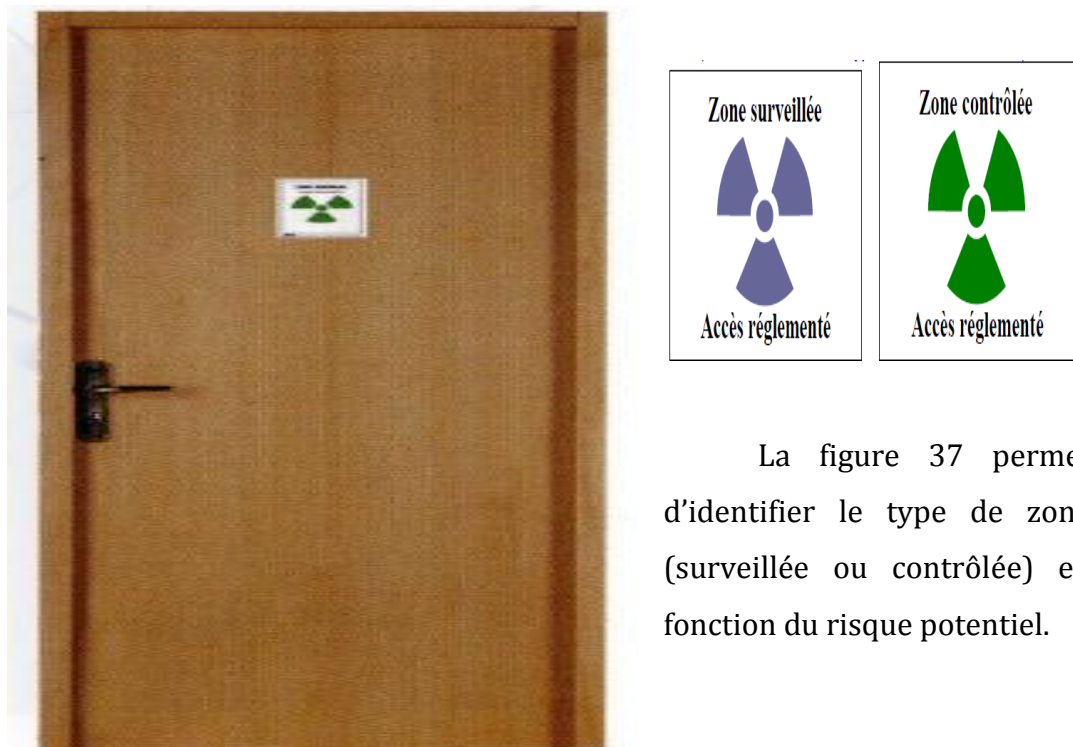


Figure 37 :La règle de délimitation des zones /logos.

La figure 37 permet d'identifier le type de zone (surveillée ou contrôlée) en fonction du risque potentiel.

Tableau 30 : Les règles de radioprotection collective.

Règles de radioprotection		n	%
La conformité des parois	Oui	46	29,9
	Non	108	70,1
La délimitation des zones	Oui	0	0
	Non	154	100
Le paravent	Oui	7	4,5
	Non	147	95,5
Signalisations / affichages	Oui	4	2,6
	Non	150	97,4
Le port de dosimètre	Oui	2	1,3
	Non	150	98,7

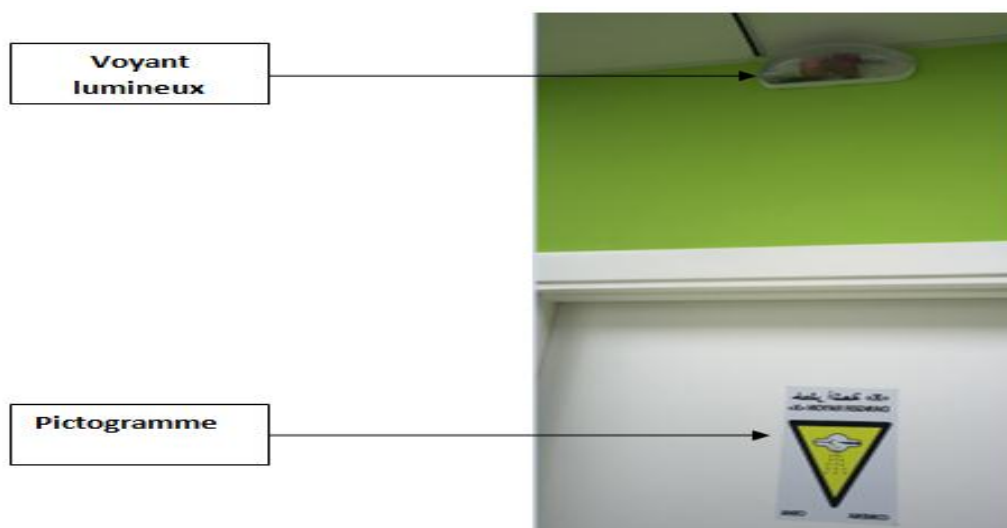


Figure 38 : La règle de signalisation et d'affichage.



Figure 39 :Modèl d'un dosimètre.

2.4.1.4. *Les moyens de protection individuels*

Dans l'extrême majorité des cas, les MPI ne sont pas disponibles. Hormis le tablier plombé, disponible dans seulement 7% des locaux d'implantation des dispositifs radiogènes, les autres moyens de radioprotection sont pratiquement inexistants.

Tableau 31 : Les MPI existants dans les locaux d'implantation des DR.

Moyens de radioprotection individuelle MPI	n	%
Non disponibles	142	92,2
Tablier plombé	11	7,1
Cache thyroïde	1	0,7
Lunettes plombées	0	0
Gants	0	0
Protège gonades	0	0
Total	154	100

Les majorités des tabliers plombés ne sont pas suspendus sur cintres rigides.



Figure 40 : Tablier plombé mal stocké.



Figure 41 : Kit de radioprotection mal stocké.

2.4.1.5. *Les Moyens de lecture des clichés*

Dans **40 %** des locaux, le négatoscope n'est pas disponible.

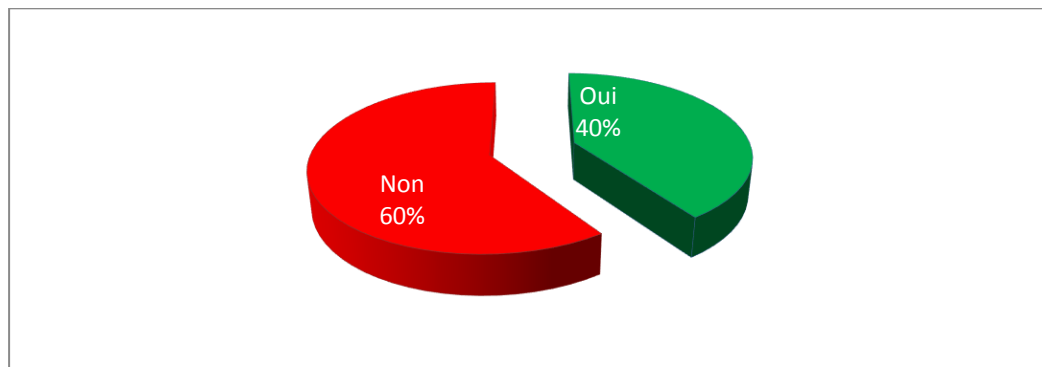


Figure 42 : Le négatoscopes / les locaux d'implantation des DR.

2.4.1.6. *La personne compétente en radioprotection*

La personne compétente en radioprotection est absente dans les locaux d'implantation des dispositifs radiogènes de la commune d'Oran.

Tableau 32 Présence de PCR dans les locaux d'implantation des DR.

La présence de PCR	n	%
Non	154	100,0
Oui	0	0.0

2.4.2. L'étude du parc radiologique dentaire

L'identification des DR a été faite systématiquement pour l'ensemble des sources radiogènes pour permettre une meilleure traçabilité.

2.4.2.1. L'étude des dispositifs de radiologie dentaires



Figure 43 : Cartes d'identification des DR

Comme représenté sur la figure 43, on pourra noter les informations suivantes : la dénomination commerciale, le pays d'origine, la date de fabrication et les paramètres électriques (tableau 32).

2.4.2.2. Origine des dispositifs radiogènes/Dénominations commerciales

Les DR sont d'origine européenne majoritairement, avec comme pays d'origine l'Italie en tête suivi par la France, les DR japonais étaient les moins représentés. Il faut cependant noter que la majorité des DR Italiens sont équipés de tube générateur de rayons X de technologie japonaise.

Notons que 3,2% de l'ensemble de ces dispositifs sont conçus sans dénomination commerciale (comme le montre la figure 44) et ne sont donc pas identifiables.

Le parc radiologique étudié est représenté par plusieurs marques provenant de plusieurs pays d'origine.

Tableau 33 : Répartition des DR selon leur continent, pays d'origine et dénomination commerciale.

Continent d'origine	Pays d'origine	Dénomination commerciale	n	%	Total %			
					Pays d'origine	Continent d'origine		
Europe	France	Trophy	19	12,3	26,6	75		
		Carstream	18	11,7				
		Trophy-Enie	4	2,6				
	Italie	Satelec	15	9,7	35,7			
		New life technology	10	6,5				
		Orix	16	10,4				
		Mayray	9	5,8				
		Castellini	1	0,6				
		Fiad	1	0,6				
		Max70	3	1,9				
		Allemagne	Siemens	8			5,2	7,8
			Sirona	4			2,6	
	Pays bas	Philips	7	4,5	4,5			
	Ex Tchécoslovaquie	Cherana	1	0,6	0,6			
Asie	Chine	Yojoy	10	6,5	11,5	16,9		
		United	3	1,9				
		Reynes	2	1,3				
		Hanua	1	0,6				
		Tianjie	1	0,6				
		Yk dental	1	0,6				
	Korée	Vatech	7	4,5	4,5			
	Japon	Takara	1	0,6	0,6			
Amérique du sud	Brésil	Gnatus	7	4,5	4,5	4,5		
Non identifiable			5	3,2				
Total			154	100,0	100,0	100,0		



Figure 44 : DR non identifiable.

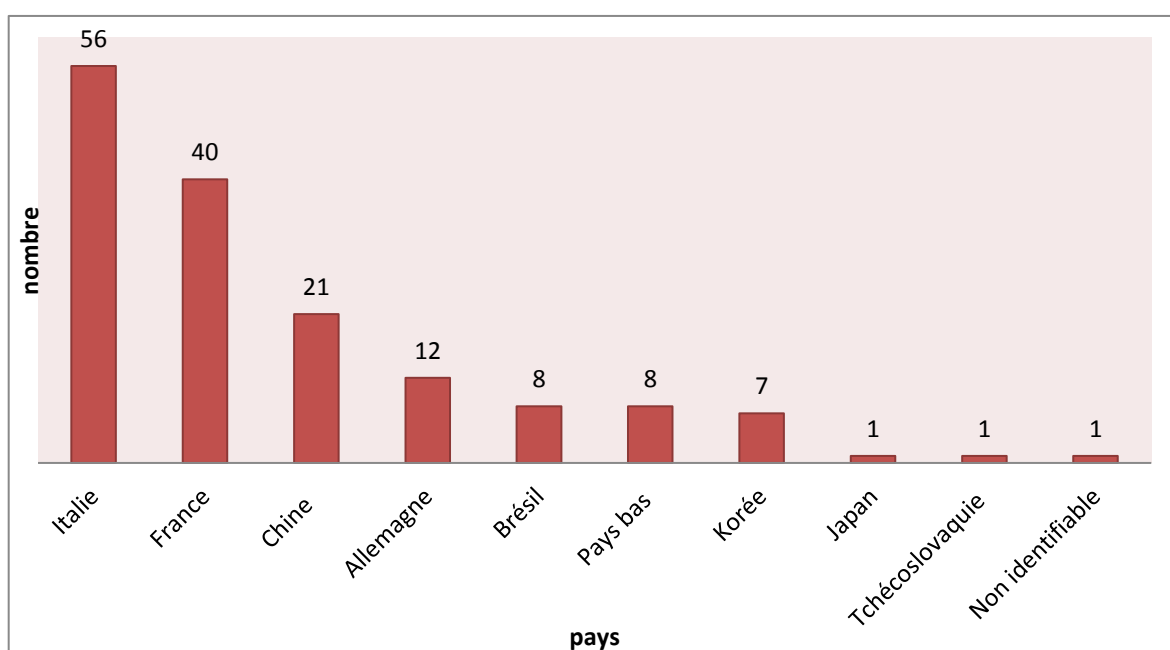


Figure 45 : Répartition des DR selon leur pays d'origine.

Les pays d'origine de nos dispositifs radiogènes sont variés avec prédominance de l'Italie suivie par la France avec 36,4 et 30 % successivement comme pays d'origine. La chine se place après avec 13,6%.

2.4.2.3. *La durée d'existence*

Les dispositifs radiogènes de notre échantillon ont des durée d'existence qui varient de 01 an à 56 ans avec prédominance de ceux de moins de deux ans. L'âge moyen est de $13,6 \pm 15,3$ ans.

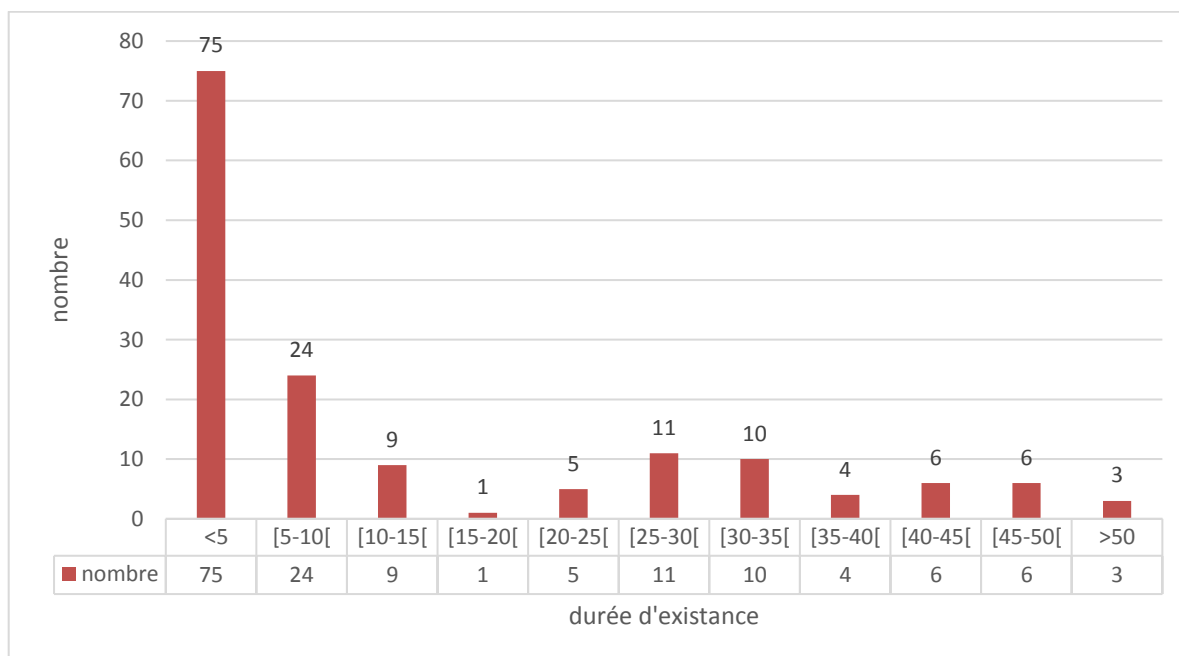


Figure 46 :la durée d'existence des DR.

Près de la moitié des dispositifs de notre parc radiologique dentaire (48,5 %) ont moins de 5ans de durée d'existence et près des deux tiers ont moins de 10 ans.

La moyenne des âges des DR est de 13,5 ans avec une fluctuation allant de 1ans à56 ans.

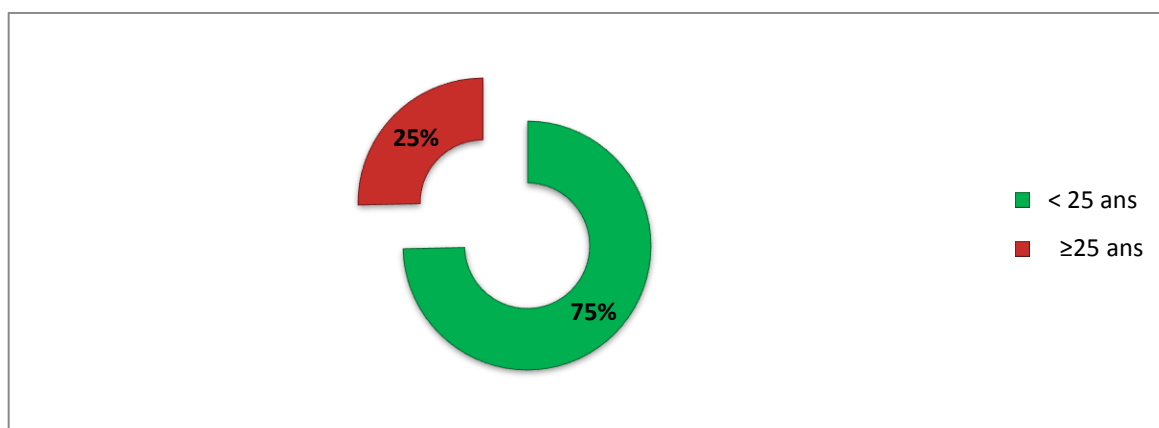


Figure 47 : La conformité par rapport à la durée d'existence des DR.

2.4.2.4. *La conformité des caractéristiques électriques*

Les trois quarts des dispositifs du parc radiologique sont conformes à la règle de moins de 25 ans. Même si les critères de conformité étaient de moins de 15 ans, plus des deux tiers le seront.

Tableau 34 : Répartition des DR selon les caractéristiques électriques

Dispositifs radiogènes	Caractéristiques électriques					
	Tension		Total	Intensité		Total
	< 60 Kv	≥ 60 Kv		<6mA	≥ 6 mA	
Trophy	0	11	11	0	11	11
Trophy -Enie	8	0	8	0	8	8
Carstream	0	18	18	0	18	18
Orix	0	16	16	0	16	16
Satelec	0	15	15	0	15	15
Yojoy	0	10	10	0	10	10
New life technology	0	10	10	0	10	10
Mayray	0	9	9	0	9	9
Siemens	0	8	8	0	8	8
Philips	7	0	0	0	0	0
Vatech	0	7	7	7	0	0
Gnatus	0	7	7	0	7	7
Sirona	0	4	4	0	4	4
Trophy- Enie	0	4	4	0	4	4
United	0	3	3	0	3	3
Max70	0	3	3	0	3	3
Reynes	0	2	2	0	2	2
Takara	0	1	1	0	1	1
Tianjie	0	1	0	1	0	0
Yk dental	0	1	1	0	1	1
Fiad	0	1	1	0	1	1
Hanua	0	1	1	0	1	1
Cherana	0	1	1	0	1	1
Castellini	0	1	1	0	1	1
Non identifiable (sans marque)	0	5	5	0	5	5
Total	15	139	154	7	147	154

Tableau 35 : La conformité des DR selon les caractéristiques électriques.

Conformité électrique des DR	Conforme	Non conforme	Total
Tension (Kvp)	139 ($\geq 60\text{Kvp}$)	15 ($< 60\text{Kvp}$)	154
Intensité(mA)	147 ($\geq 6\text{ mA}$)	7 ($< 6\text{ mA}$)	154

La majorité des dispositifs radiologiques observés ont des caractéristiques électriques conformes (90%) de haute tension conformes dépassant 60Kvp et dans 95% avec une intensité conforme dépassant 6 mA.

Ce sont essentiellement des dispositifs Trophy et Philips d'anciennes génération qui ne sont pas conformes en matière de haute tension. Les dispositifs Vatech, quant à eux ne sont pas conformes en matière d'intensité avec les normes d'optimisation exigées.

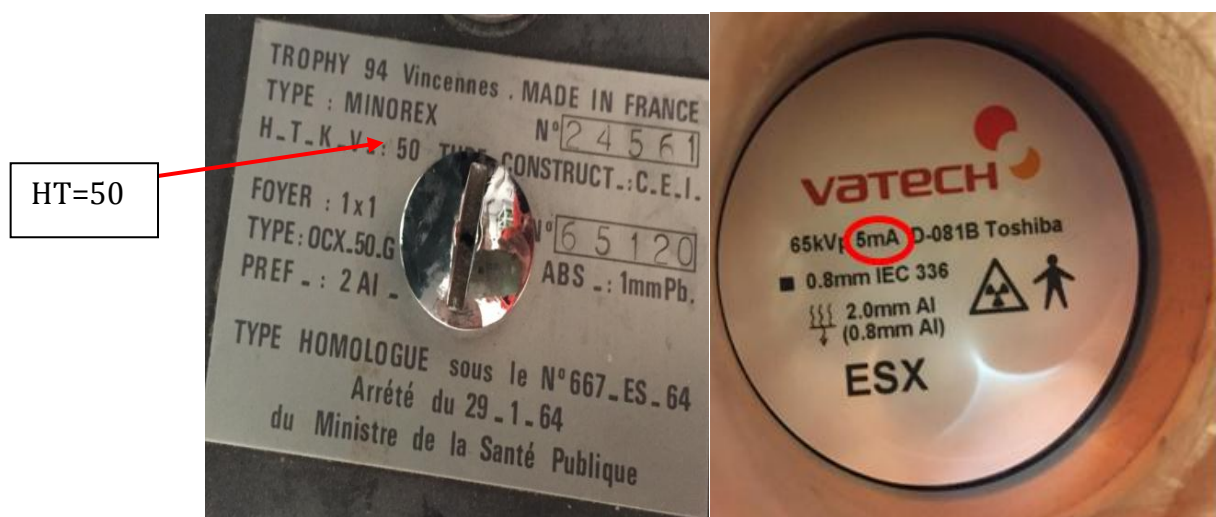


Figure 48 : Ancien Trophy et Vatech (Ht et mA).

2.4.2.5. *Le type de radiographie*

Les deux tiers de nos dispositifs radiogènes (66,9 %) sont utilisés pour la radiovisiographie qui est une rétroalvéolaire mais utilisant un capteur numérique comme support de réception d'image radiographique. La rétroalvéolaire se place en 2^{ème} position, suivie par la radiographie panoramique et enfin le cône Beam (figure 50).

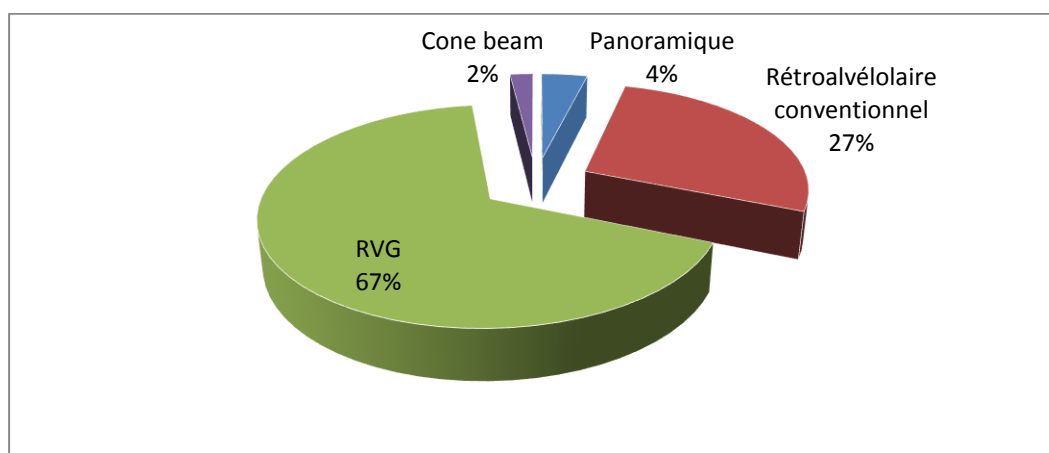


Figure 49 : Répartition des DR selon le type de la radiographie



Figure 50 : Préparation à la radiographie (type cône Beam).

2.4.2.6. *Type de cône et de collimation*

La majorité des dispositifs radiologiques intra-oraux (82 %) utilisent des cônes longs (tableau 36 et figures 51-52).

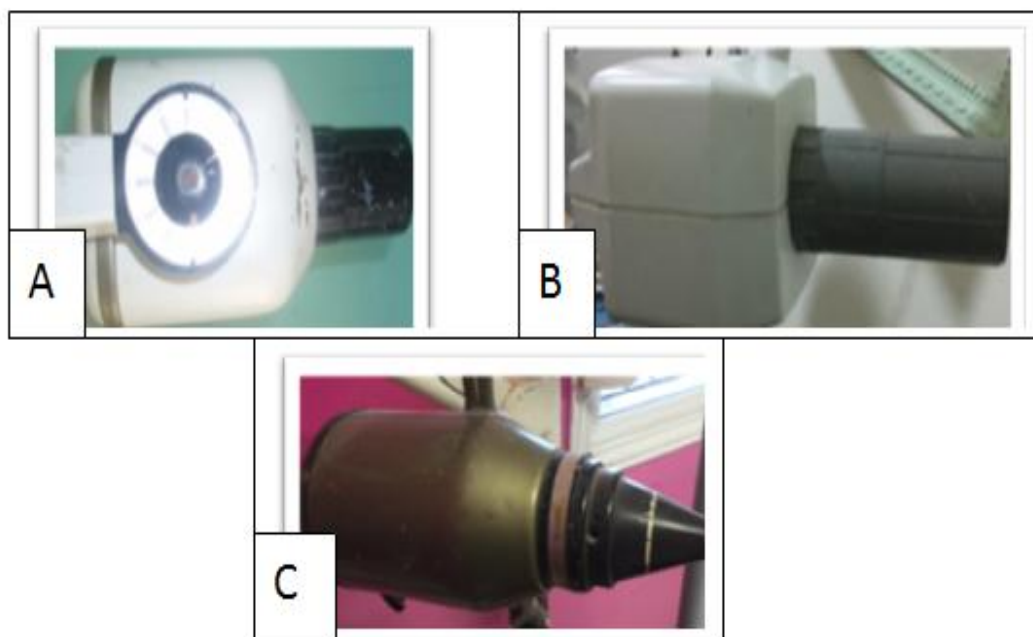


Figure 51 : Les différentes longueurs des tubes.

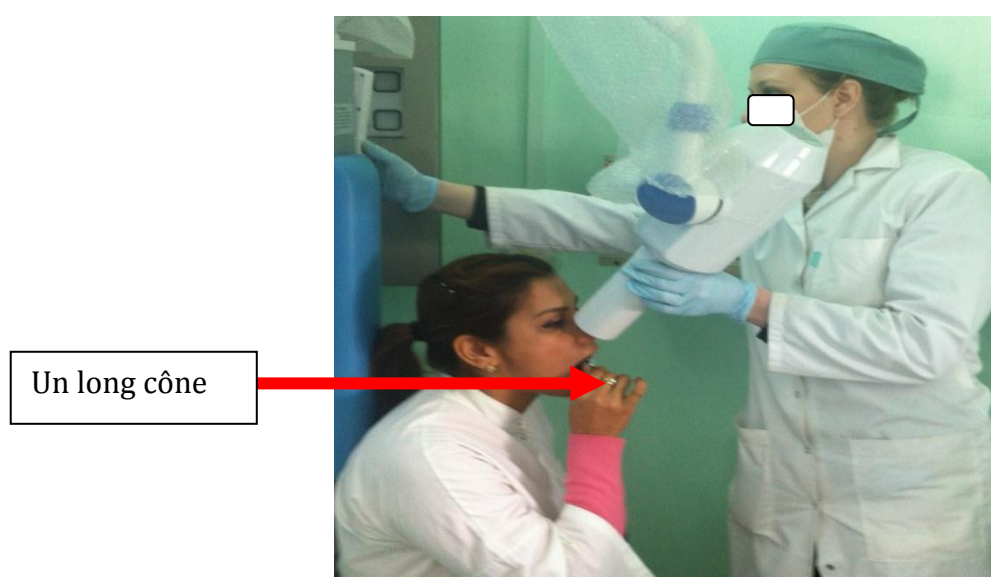


Figure 52 : Usage d'un DR à long cône.

La rétroalvéolaire conventionnelle utilise plus de cônes courts par rapport à radiovisiographie (RVG) mais l'utilisation des cônes courts avec la RVG est d'usage encore dans 6,9 % des cas.

Tableau 36 : Répartition des DR selon la longueur des cônes

Type de radiographie		Longueur du cône			Total
		Court/ pointu	Long	Pas de Cône	
	Panoramique	0	0	9	9
	Rétroalvéolaire conventionnel	16	25	0	41
	RVG	10	94	0	104
Total		26	119	9	154

La majorité de DR intra -oraux (87,3 %) ont des collimations circulaires. Seuls 12,5% sont rectangulaires.

Tableau 37 : Répartition des DR selon le type de collimation.

Présence de collimation/DR		n	%
Extra-Oraux	Pas de collimation	9	5,9
Intra-Oraux	Circulaire	127	82,4
	Rectangulaire	18	11,7
	Total	154	100,0



Figure 53 : Les types de Collimation.

2.4.2.7. *Les paramètres techniques*

Parmi les paramètres des DR, l'affichage du temps d'exposition existe sur la totalité des appareils.

Pour l'affichage des doses, seuls 1,9% de DR, les minuterie de type électronique

Prédominant. Les deux tiers des DR sont fixes dans les locaux d'implantation et les DR mobiles constituent le tiers restant qui est constitué à la fois de DR mobiles et portatifs.

Le temps d'exposition est indiqué sur la totalité de nos dispositifs radiogènes mais les doses sont rarement indiquées. Les photos qui suivent montrent les différentes variétés de minuterie.

La majorité (**70,1%**) des dispositifs radiogènes sont munis d'une minuterie électronique (numérique).

La figure 57 représente le seul DR portatif que nous avons retrouvé au niveau du parc radiologique.

Près des deux tiers de nos dispositifs radiogènes sont fixés sur les murs des espaces radiologiques. Le tiers restant est de type mobile ou portatif.

Tableau 38 : Répartition des DR selon les paramètres techniques.

Paramètres de dispositifs radiogènes.		n	%
Type de minuterie			
	Manuelle	46	29,9
	Electronique	108	70,1
Mobilité dans le local			
	Fixe	101	65,6
	Mobile	52	33,8
	Portatif	1	0,6
Affichage du temps			
	Oui	154	100
	Non	0	0
Affichage des doses			
	Oui	3	1,9
	Non	151	98,1



Figure 54 : Affichage du temps d'exposition.

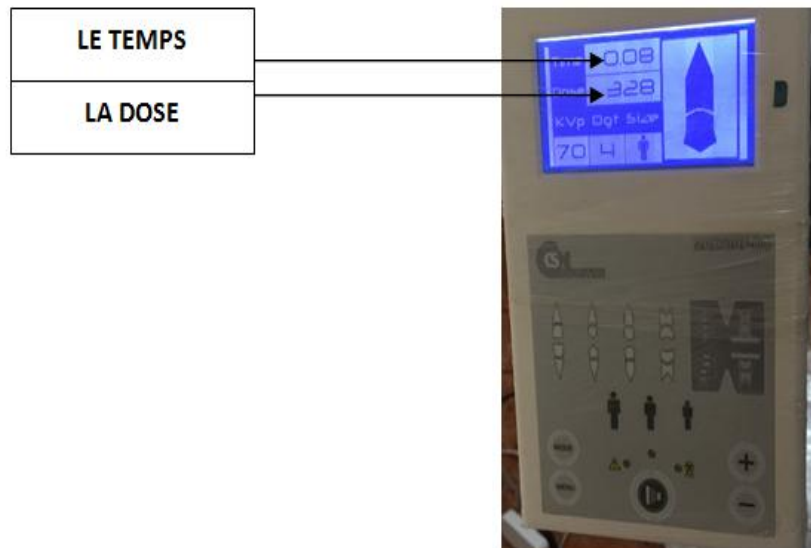


Figure 55 : Affichage des paramètres physiques.



Figure 56 : Les types de minuteries.



Figure 57: Dispositif radiogène portatif.

2.4.2.8. *Contrôle technique*

La presque totalité du parc radiologique n'est ni contrôlée périodiquement, ni réparée par un biophysicien qualifié, ni déclarée auprès de la direction de la santé publique ou des instances nationales de radioprotection.

La figure 59 montre le stockage anarchique de matériel à réformer, dont un cône radiogène défectueux (figure58), dans un cabinet dentaire.

Tableau 39 : Répartition des DR selon Les contrôles techniques, la réparation et la déclaration.

La réparation et la déclaration des DR		n	%
Réalisation des contrôles techniques	Oui	1	0,6
	Non	153	99,4
La qualité de réparateur	Médecin dentiste	2	1,3
	Technicien de fauteuil dentaire	151	98,1
	Réparateur de téléviseurs	1	0,6
La déclaration	Oui	8	5,2
	Non	146	94,8



Figure 58 : Cache défectueux d'un cône radiogène



Figure 59 : Un tube radiogène en panne stocké dans le cabinet.

2.5. Evaluation des comportements, attitudes et pratiques des manipulateurs des dispositifs radiogènes

Cent quatre ving dix huit (198) manipulateurs de DR ont répondu au questionnaire. Le taux de réponse est de 100%.

Nous avons constaté aussi qu'une source radiogène peut être manipulée par une ou plusieurs personnes.

■ Caractéristiques socio-démographiques de la population :

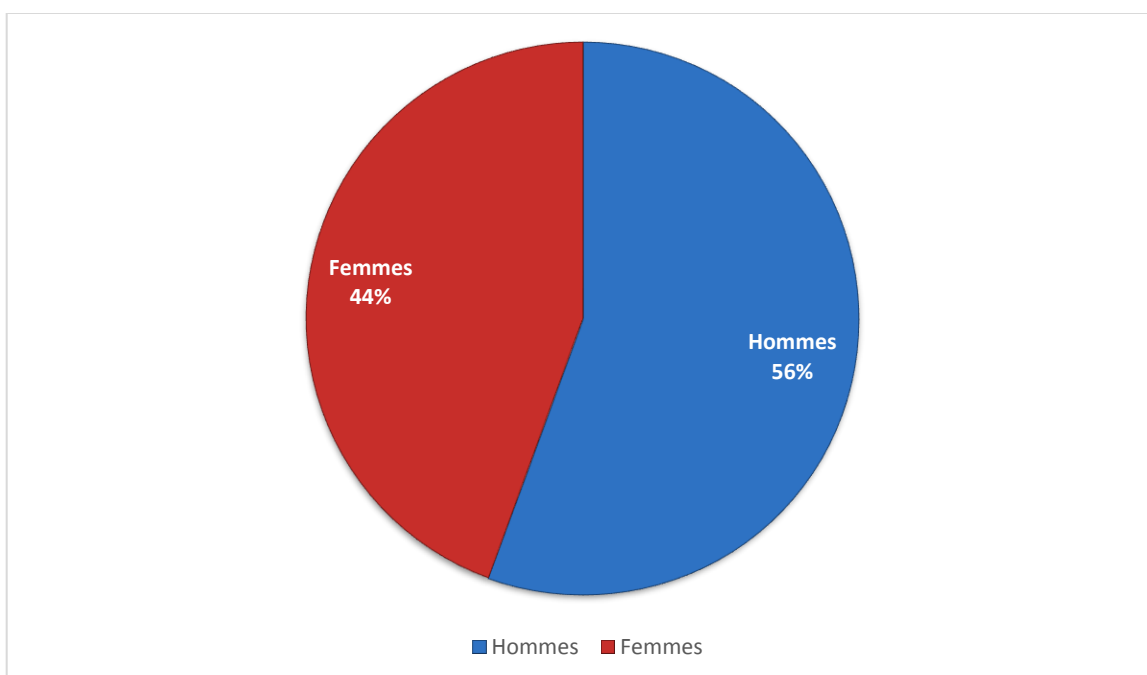


Figure 60 : Le sexe des manipulateurs de DR étudiés.

Plus de la moitié (**55,6%**) des manipulateurs de dispositifs radiogènes dans les structures de médecine dentaire sont de sexe masculin (figure 59).

La moyenne d'âge des manipulateurs des dispositifs radiogènes est de **40** ans avec une grande variabilité allant de **24** à **74** ans (figure 61).

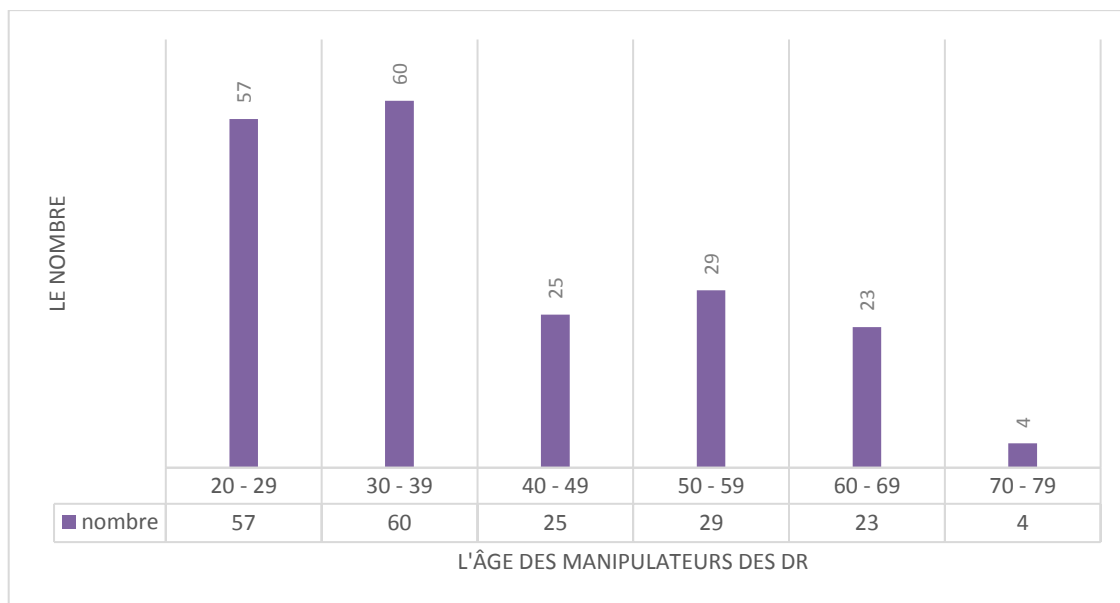


Figure 61 : L'âge des manipulateurs des DR.

Les tranches d'âges **(20-29)** et **30-39** prédominent et totalisent **59,1%** de l'échantillon.

Plus de la moitié (**59,2%**) des manipulateurs des dispositifs radiogènes de la commune d'Oran ont moins de **40** ans.

▪ **Caracteristiques socio-professionnelles de la population :**

Les médecins dentistes généralistes représentent presque la moitié de nos manipulateurs des dispositifs radiogènes (**46,5%**) au niveau de la commune d'Oran.ils sont suivis par les médecins dentiste spécialistes (**23,7%**) puis les médecins résidents (**20,7%**).

Les spécialistes de l'odontologie conservatrice-endodontie sont classés en deuxième position avec **19,2%** après les généralistes (**46,5%**) et avant les parodontologistes (**12,2%**).

Les auxiliaires de santé sont faiblement présents parmi les manipulateurs des dispositifs radiogènes (**2%**) seulement, contrairement aux médecins dentistes généralistes qui représentent **46,5%** de la population étudiée.

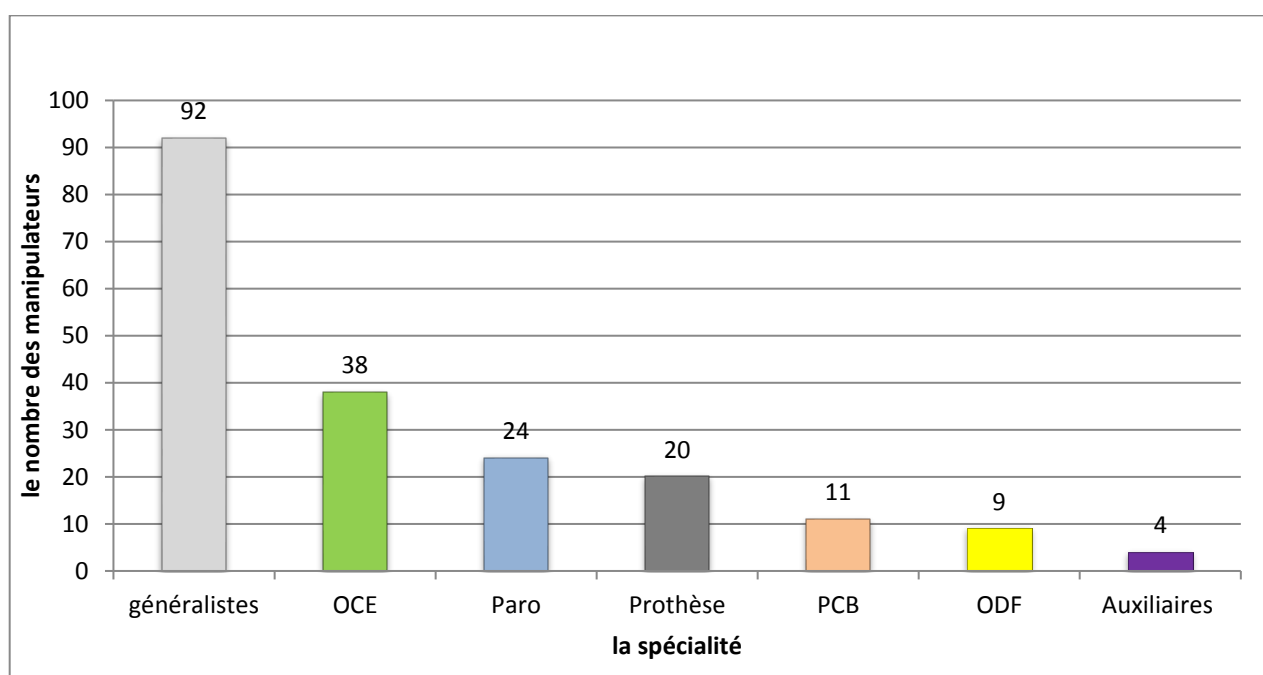


Figure 62 : la spécialité des manipulateurs de dispositifs DR

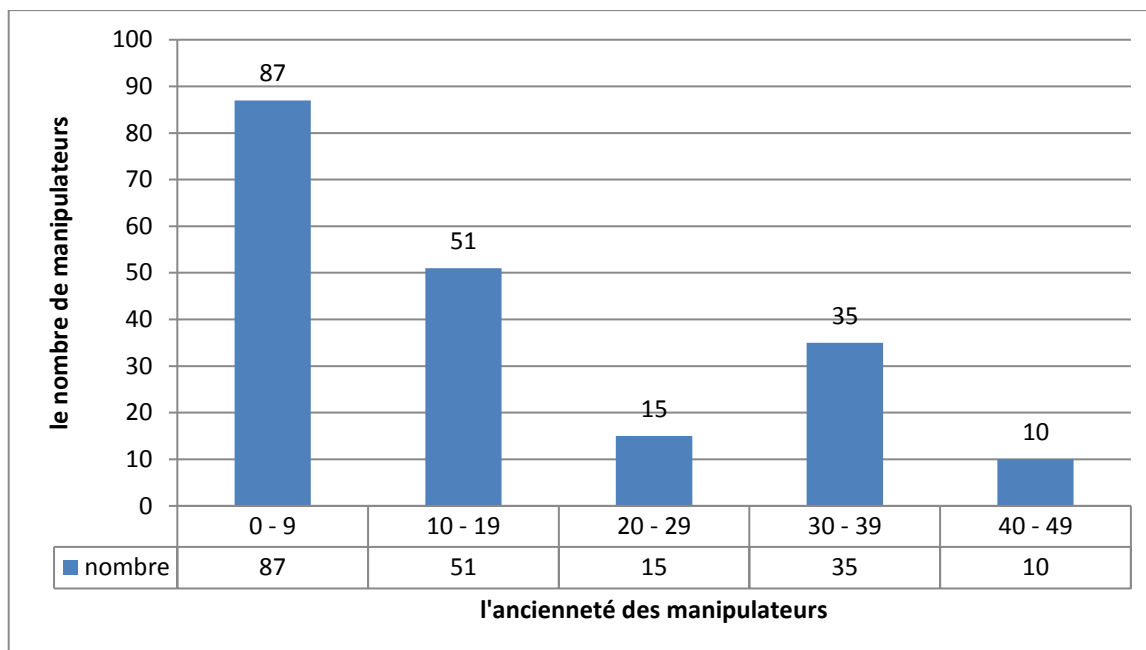


Figure 63 : L'ancienneté à la manipulation des DR.

L'ancienneté moyenne au travail des manipulateurs de dispositifs radiogènes est de 15ans avec une grande variabilité allant de **1** à **47** ans.

La tranche d'âge d'ancienneté au travail de moins de **10 ans** prédomine (**43,9%**), suivie de celle des **10 à 20 ans**. Ces deux tranches d'ancienneté totalisent **69,7%** soit plus de deux tiers de manipulateurs. Notons que **5%** ont une ancienneté dépassant les **40** ans.

Tableau 40 : Caractéristiques démographiques et professionnelles des manipulateurs des DR.

Caractéristiques générales		n	%	$\bar{X} \pm ET$	Min	Max
Sexe	Femmes	88	44,4			
	Hommes	110	55,6			
Statu professionnel 1. Santé publique 2. Enseignants 3. Etudiants 4. Auxilliaires	MDG	92	46,5			
	MDS	47	23,7			
	MA	10	5,1			
	Pr ou MC	4	2,0			
	RPG	41	20,7			
	AD	2	1,0			
	MQ	2	1,0			
Spécialité	Gnl	92	46,5			
	OCE	38	19,2			
	Parodontologie	24	12,1			
	Prothèse	20	10,1			
	PCB	11	5,6			
	ODF	9	4,5			
	Auxiliaires	4	2			
Ancienneté				14,98 $\pm$ 12,68	1	47
Age (ans)				40,13 $\pm$ 13,67	24	74

MDG : Médecin dentiste généraliste ; **MDS** : Médecin dentiste spécialiste ; **MA** : Maître assistant ; **Pr** ou **MC** : Professeur ou Maître de Conférences ; **RPG** : Résident en Post-Graduation ; **AD** : Assistante Dentaire ; **MQ** : ManipulateurQualifié ; **Gnl** : Généralistes ; **OCE** : Odontologie Conservatrice/Endodontie ; **PCB** : Pathologies et Chirurgie Buccales ; **ODF** : Orthopédie Dento-Faciale.

▪ Résultats du questionnaire

La majorité (**97,5%**) des médecins dentistes de la commune d'Oran ignorent :

- L'existence d'organismes nationaux responsables du contrôle de la radioprotection ;
- L'obligation de la déclaration (**88,2%**) ;
- Les valeurs des doses maximales admissibles (**99,5%**).

La majorité **(98 %)** des manipulateurs des DR dans notre échantillon ne maîtrisent pas le temps d'exposition, ni le contraste et la densité des images radiographiques **(86,4 %)**.

La majorité **(92%)** des manipulateurs des DR confient les générateurs des rayons X aux fournisseurs de matériel dentaire pour une éventuelle revente, sans contrôle préalable des organismes compétents.

La majorité des manipulateurs des DR **(99,5 %)** ne bénéficient pas de visites médicales réglementaires au niveau des services de médecine de travail.

La majorité des manipulateurs des équipements radiogènes dans notre échantillon ne sont pas formés en radioprotection.

Tableau 41 : Répartition des manipulateurs des DR selon les connaissances en radioprotection.

Les connaissances, attitudes et pratiques	Réponses	n	%	Total
Les organismes de radioprotection (?)	Oui	5	2,5	198
	Non	193	97,5	
L'obligation de déclaration des DR (?)	Oui	24	12,2	198
	Non	88	44,4	
	Je ne sais pas	86	43,4	
Les doses maximales admissibles (?)	Oui	1	0,5	198
	Non	197	99,5	
Maîtrise du temps d'exposition (?)	Oui	4	2	198
	Non	194	98	
Maîtrise du contraste et la densité (?)	Oui	171	86,4	198
	Non	27	13,6	
Gestion de l'ancien DR en cas d'acquisition d'un nouveau dispositif (?)	Chez un revendeur	183	93,4	198
	Stockage dans un dépôt	15	7,6	
Visites médicales réglementaires	Oui	1	0,5	198
	Non	197	99,5	
La formation en radioprotection	Oui	1	0,5	198
	Non	197	99,5	

Les manipulateurs des DR réalisent en moyenne 30 radiographies dentaires par semaine et par médecin dentiste avec une grande variabilité allant de **1 à 250** radiographies par médecin et par semaine.

Tableau 42 : Moyenne hebdomadaire d'actes radiographiques /manipulateur.

Nombre acte radiographie/semaine	$\bar{X} \pm ET$	Minimum	Maximum
	30,1±36,5	1	250

La majorité des actes radiographiques réalisés pour l'étude des postes des manipulateurs des dispositifs radiogènes (**85,4 %**) ont été effectuées sur patients réels et seulement dans **14,6%** de cas ont nécessité une simulation sur mannequin avec milieu hydrique conventionnel.

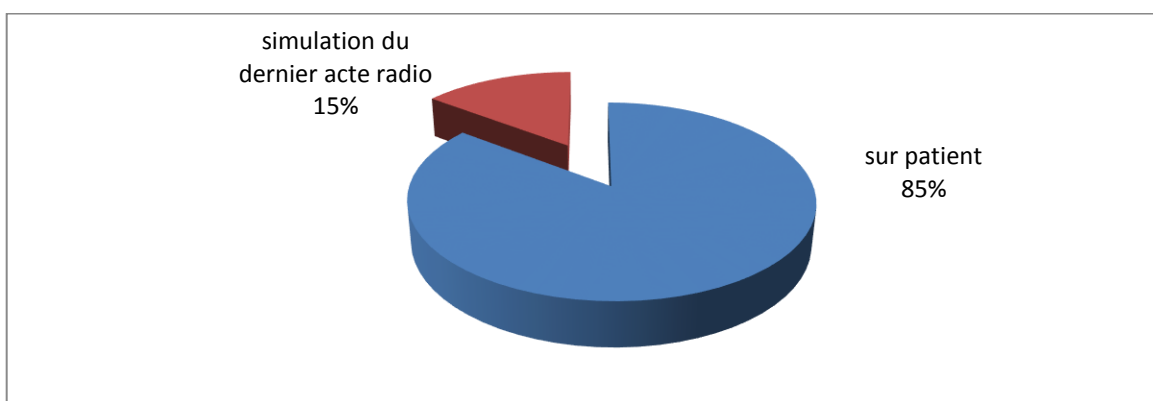


Figure 64 : Les actes radiographiques réalisés sur patient ou sur simulateur.

Près du tiers (**30,8 %**) des actes radiographiques réalisés ne sont pas cliniquement justifiés par les manipulateurs des dispositifs radiogènes.

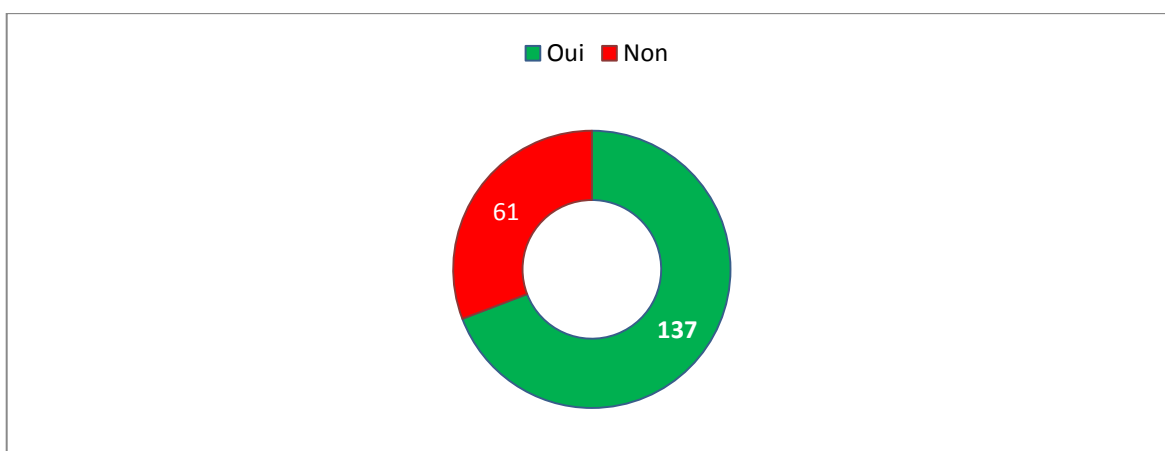


Figure 65 : La justification des actes radiologiques.

Les orientations du tube radiographique en fonction du secteur dentaire radiographié figurent au graphe ci-dessus. Tous les secteurs radiographiés sont représentés avec prédominance du secteur antéro- supérieur suivi par le secteur supérieur gauche.

Plus du quart **(25,8%)** des actes radiographiques réalisés au niveau du secteur antéro-supérieur. L’antéro-inferieur est moins sollicité. Dans **2%** des cas, l’ensemble des secteurs dentaires ont été radiographiés par une radiographie panoramique.

La majorité des manipulateurs des dispositifs radiogènes **(89,4%)** se placent dans une zone de danger.

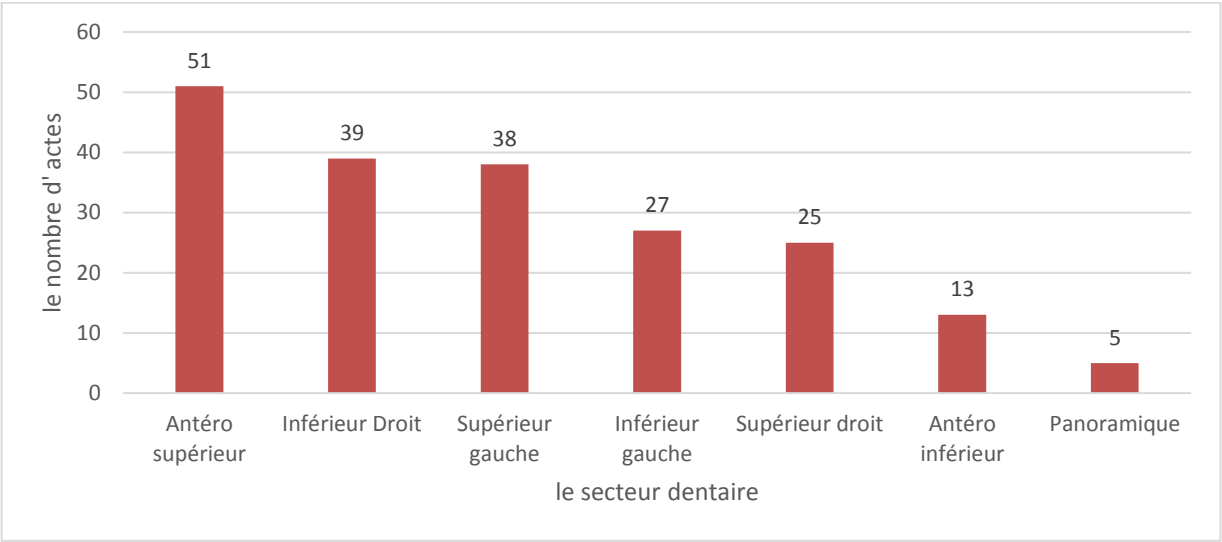


Figure 66 : Les actes radiographiques réalisés selon le secteur dentaire à explorer.

Tableau 43 : La position des manipulateurs pendant l’émission des rayons X.

Position de manipulateur/DR	n	%
Zone de sécurité	21	10,6
Zone de danger	177	89,4
Total	198	100,0

Plus des deux tiers **(70%)** des médecins dentistes maintiennent eux-mêmes le récepteur de l'image radiographique. Dans un quart des cas **(25,8%)** ce sont les patients qui le maintiennent. L'angulateur ou d'autres dispositifs ne sont disponibles et utilisés que dans **3,5%**.

Tableau 44 : Les manipulateurs des DR selon le mode de maintien des récepteurs.

Maintien du cliché	n	%
Par le praticien	139	70,2
Par le patient	51	25,8
Par l'angulateur/Dispositif spécial	7	3,5
Par l'assistante	1	0,5
Total	198	100,0

Dans l'extrême majorité des cas **(97,5%)**, le praticien manipulateur et le patient sont présents dans la salle au moment de la radiographie. **78,3%** des cas une troisième personne (une tierce personne) est présente au moment de l'émission des rayons X.

Seul **2,5 %** des praticiens sont hors de la salle et le patient est laissé seul dans la salle de radiographie.

Tableau 45 : Les manipulateurs des DR selon leurs présences dans la salle.

Présence au moment de l'émission des rayons	n	%
Patient et praticien	38	19,2
Patient, praticien et tierce personne	155	78,3
Praticien hors salle et patient seul	5	2,5
Total	198	100,0

La presque totalité de la population des médecins dentistes de la commune d'Oran ne possède pas de dosimètre pour mesurer la dose effectivement absorbée par le corps.

Pour les moyens de protection individuels, hormis le tablier plombé qui était utilisé chez seulement **3,5 %** de la population étudiée, les autres moyens de radioprotection sont très peu /ou pas utilisés du tout. Le paravent plombé est signalé dans 3 cas soit **1,5%**.

Tableau 46 : Distribution des manipulateurs des DR selon l'utilisation des moyens de radioprotection.

L'utilisation des moyens de protection radiologiques		Oui	Non	Total
EPI(Individuels)	Tablier plombée	7	191	198
	Cache thyroïde	1	197	198
	Lunettes plombées	0	198	198
	Gants	0	198	198
	Protège gonades	0	198	198
EPC (Collectifs)	Paravent	3	195	198
	Dosimètre	2	196	198

Dans notre échantillon (**n=198**), nous avons sélectionné et interrogé 65 femmes en âge de procréer qui habituellement manipulent les dispositifs radiogènes. La presque totalité d'entre elles (**97%**) ne font plus de radiographie pendant leurs grossesses.

Tableau 47 : Distribution des manipulatrices en âge de procréer selon le port de tablier plombé.

Le port des tabliers plombés		n	%
En âge de procreer	Radio avec tablier	2	3
	Radio sans tablier	0	0
	Travail sans radio/délègue l'acte	63	97
Autres		133	
Total		198	100

Le quart des actes radiologiques réalisés (**25,3%**) par les manipulateurs sont cliniquement non exploitables et donc à refaire.

Tableau 48 : La réussite des actes radiologiques réalisée.

Radiographie réussie	n	%
Oui	148	74,7
Non	50	25,3
Total	198	100,0

La majorité des causes d'échec des actes radiologiques réalisés sur place **(70%)** sont liées aux problèmes géométriques d'incidences non maîtrisés. Les autres causes sont rares comme le montre le tableau 49.

Tableau 49 : Les causes d'échec des radiographies.

Les actes radiologiques réalisés	Causes d'échec	n	%
Echec	Problèmes d'incidences	35	17,7
	Système Numérique	06	3
	Mouvement du patient	05	2,5
	Instabilité mécanique du DR	04	2
Réussite		148	74,8
Total		198	100

Les temps d'exposition utilisés par les manipulateurs des dispositifs radiogènes varie entre **(0,03 et 15)** secondes.

Les temps d'exposition utilisés par la majorité des manipulateurs des dispositifs radiogènes **(90,9 %)** ne dépassent pas une (01) seconde et les trois quarts **(77,2 %)** ne dépassent pas un demi (0,5) seconde. Notons que dans **9,1%** des cas, dépasse la valeur d'une (01) seconde avec un maximum à 15 secondes utilisé pour les techniques extra-oraux.

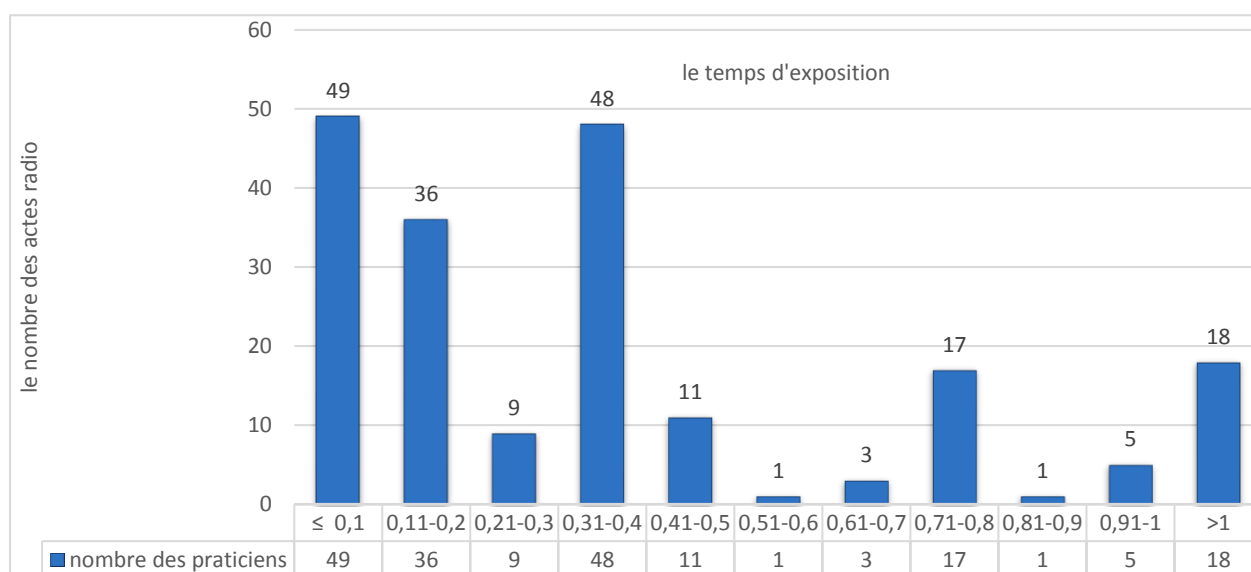


Figure 67 : Le temps d'exposition.

2.6.L'analyse dosimétrique et estimation du risque

▪ Doses mesurées par tir :

Les doses mesurées varient de **0,1 à 51,5** micro-silvert (μSv). La valeur moyenne des doses mesurée (par tir) au niveau la poitrine ($3,2 \mu\text{Sv}$) est plus élevée que celle mesurée au niveau de l'œil ($2,2 \mu\text{Sv}$). La main du manipulateur du dispositif radiogène vient en dernier avec $1,1 \mu\text{Sv}$.

Signalons qu'une dose maximale ($51\mu\text{Sv}$) a été relevée au niveau de l'œil suivie de celle de la poitrine.

Tableau 50 : Moyennes des doses mesurées (par tir) au niveau des points cibles.

Points ciblés	Dose /tir (μSv)		
	$\bar{X} \pm \text{ET}$	Min	Max
Œil	$2,2 \pm 4,2$	0,1	51,5
Poitrine	$3,2 \pm 3,9$	0,1	26,6
Main manipulatrice	$1,1 \pm 1,3$	0,1	13,1



Figure 68 : points cibles des mesures.

▪ **Doses mesurées /an :**

Les doses varient de **0,1 à 65,5** milli-silvert (mSv)/an. La valeur moyenne des doses annuelles calculées au niveau de la poitrine (4,5 mSv/an) est plus importante que celle mesurée au niveau de l'œil (3,1mSv/an). La main du manipulateur de dispositif radiogène vient en dernier avec 1,7 mSv/an.

Cependant la variabilité maximale (65,5 mSv) se retrouve au niveau de la poitrine suivie de celle de l'œil.

Tableau 51 :Moyennes des doses annuelles (au niveau des points ciblés).

Points cibles	Doses annuelles (mSv)		
	$\bar{X} \pm ET$	Min	Max
Œil (DRO/An) *	3,1±5,9	0,1	45,9
Poitrine (DRP/An) **	4,5±8,1	0,1	65,5
Main manipulatrice (DRM/An) ***	1,7±2,5	0,1	13,7

* DRO/An : Dose Reçue au niveau de L'œil /An.

** DRP/An : Dose Reçue au niveau de la Poitrine /An.

*** DRM/An : Dose Reçue au niveau de La main /An.

Les manipulateurs masculins sont plus exposés aux RI avec une dose moyenne au niveau de la poitrine (**6,14 mSv**) que les manipulatrices (**2,37 mSv**). L'écart entre les valeurs moyennes des doses mesurées au niveau des yeux et la poitrine des manipulateurs hommes est augmenté par rapport à celui des femmes. La différence d'écart est de 2,29 **mSv** /an entre les yeux et la poitrine des manipulateurs mais il n'est que de 1,2 mSv chez les manipulatrices.

Tableau 52 : Les valeurs moyennes de doses annuelles reçues selon le sexe.

Sexe /doses	n	DRO/An *	DRP/An**
		$\bar{X} \pm ET$ (mSv)	
Masculin	110	3,85 ± 6,61	6,14 ± 7,02
Féminin	88	2,17 ± 4,88	2,37 ± 4,96
Total	198	2,2 ± 4,28	3,2 ± 3,99

* DRO/An : Dose Reçue au niveau de L'œil /An.

** DRP/An : Dose Reçue au niveau de La Poitrine /An.

▪ **Doses mesurées et l'utilisation des angulateurs**

L'utilisation des angulateurs est rare. Avec l'usage de ceux-ci, on mesure une dose moyenne au niveau de la poitrine quatre fois inférieure à celle mesurée sans angulateur.

Tableau 53 : Doses mesurées au niveau de la poitrine des manipulateurs selon l'usage de l'angulateur.

Usage angulateur	DRP /tir (μSv)	
	n	$\bar{X} \pm ET$
Avec angulateur	6	1,02 ± 0,85
Sans angulateur	192	4,57 ± 8,52
Total	198	3,2 ± 3,99

▪ **Classement des manipulateurs par tranche de doses :**

Le classement des manipulateurs par tranche de dose reçue et par région du corps est réalisé sous forme d'une répartition qui figure au tableau 54.

Tableau 54 : Classement des manipulateurs des DR selon les doses Reçues (point cibles).

Doses de Classement (mSv/an)	Effectif-points cibles.					
	Œil		Poitrine		Main	
	n	%	n	%	n	%
< 1	86	43,4	76	38,4	117	59,1
[1 - 6 [	87	43,9	79	39,9	67	33,8
[6 - 20 [	20	10,1	36	18,2	14	7,1
≥ 20	5	2,5	7	3,5	0	0
Total	198	100,0	198	100,0	198	100,0

- **12,6 %** des manipulateurs reçoivent plus de 6 mSv /an au niveau des yeux dont **2,5%** au dessus de 20 mSv par an.
- **21,7%** des manipulateurs reçoivent plus de 6 mSv /an au niveau de leurs corps entiers (poitrine) dont **3,5%** au dessus de 20 mSv par an.
- **7,1%** des manipulateurs reçoivent plus de 6 mSv /an au niveau de la main.

La dose reçue par les yeux des manipulateurs des dispositifs radiogènes dentaires dépassent le seuil de **20 mSv/an** imposé par la **CIPR** chez **2,5 %** de la population étudiée.

Notons, cependant, que plus de **87%** reçoivent moins de **6mSv**.

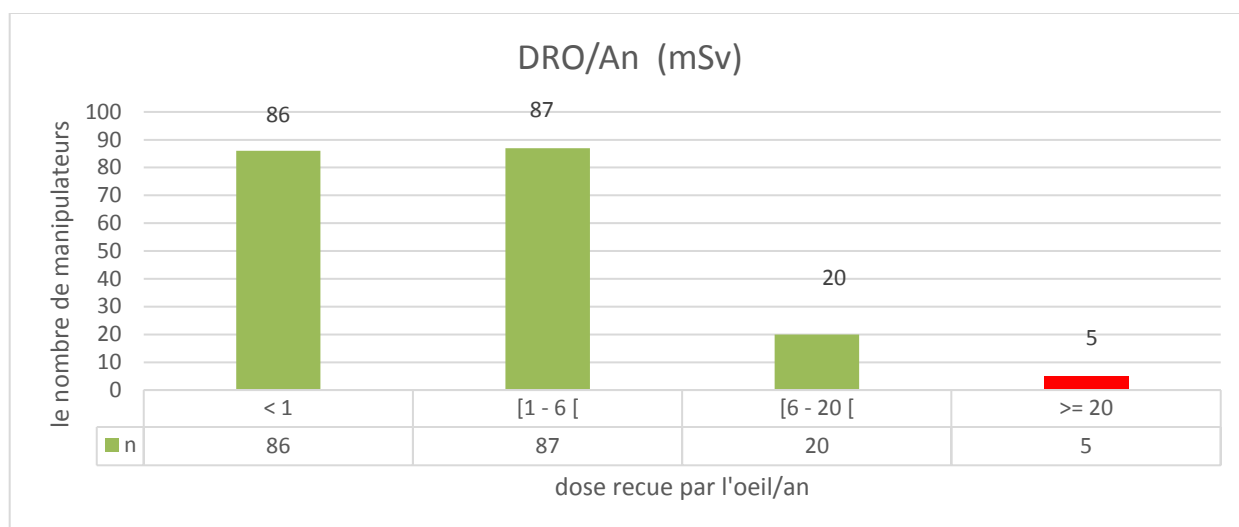


Figure 69 : Classement des manipulateurs des DR selon la DRO/An.

La dose reçue par le corps des manipulateurs des dispositifs radiogènes dentaires dépassent le seuil de **20 mSv/an** imposé par la **CIPR** chez **3,5 %** de la population étudiée et presque (**22 %**) dépassent le seuil de **6 mSv**.

La dose reçue au niveau de la main ne dépasse pas le seuil de **150 mSv** imposé par la **CIPR**, pour l'ensemble des manipulateurs.

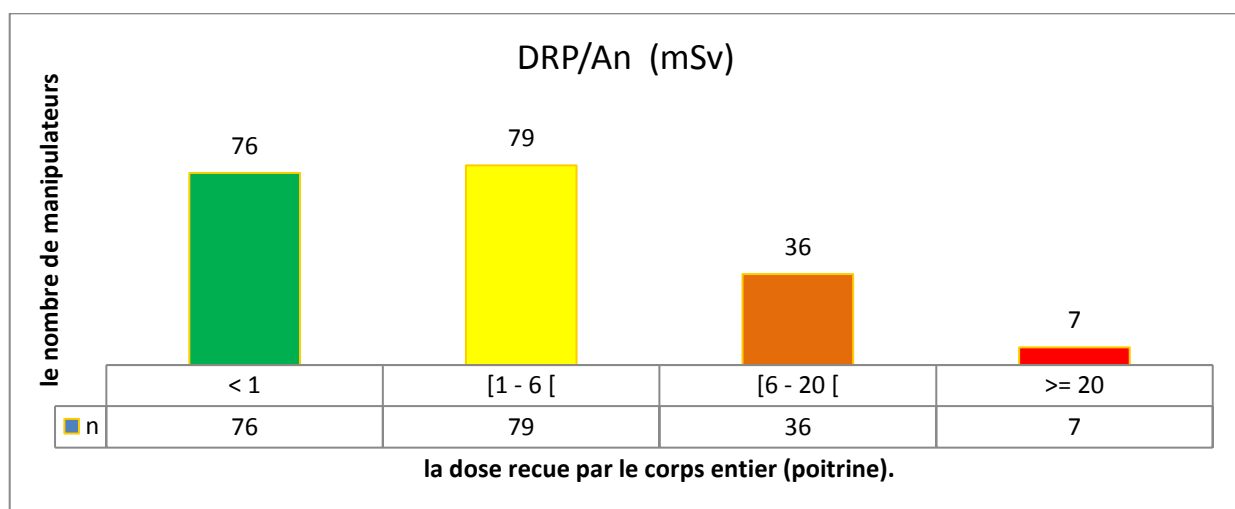


Figure 70 : Classement des manipulateurs des DR selon DRP/An.

Les doses moyennes des DRP/An les plus élevées se trouvent chez les manipulateurs des dispositifs radiogènes en odontologie conservatrice-endodontie, suivies par les spécialistes de pathologie et chirurgie buccales.

Notons la grande variabilité des valeurs de doses moyennes chez les généralistes allant de **0,05 mSv** jusqu'à **65,5 mSv**. Les valeurs moyennes les plus basses sont observées chez les manipulateurs d'orthopédie dento-faciale.

Tableau 55 : Les valeurs moyennes des DRP/An par rapport à la spécialité des manipulateurs des DR.

Spécialité	DRP/An (mSv)			
	n	$\bar{X} \pm ET$	Min	Max
OCE*	38	6,61 $\pm$ 7,45	0,10	32,26
PCB**	11	6,35 $\pm$ 13,89	0,29	47,02
Généralistes	95	4,44 $\pm$ 9,41	0,05	65,51
Prothèse	20	4,10 $\pm$ 7,34	0,12	28,62
Parodontologie	24	2,11 $\pm$ 2,00	0,14	8,80
ODF***	10	0,81 $\pm$ 1,43	0,01	4,73
Total	198	4,46 $\pm$ 8,41	0,01	65,51

OCE* odontologie conservatrice-endodontie, PCB** pathologie et chirurgie buccales, ODF***orthopédie dento-faciale.

▪ **Le temps d'exposition/techniques :**

Le temps d'exposition des techniques extra orales est nettement plus élevé que celui des techniques intra-orales

Tableau 56 : Les valeurs du temps d'exposition par rapport aux techniques radiographiques.

Techniques	Temps d'exposition (S).	
	n	$\bar{X} \pm Et$
Extra-orales (panoramique - cône beam)	9	11,66 $\pm$ 3,31
Rétro alvéolaire avec film Classique	4	2,12 $\pm$ 1,15
Rétro alvéolaire avec film autodéveloppant	71	0,90 $\pm$ 0,67
Rétro alvéolaire avec capteur numérique	114	0,26 $\pm$ 0,32
Total	198	0,911 $\pm$ 1,13

- **Doses /secteurs dentaires :**

Les actes radiologiques réalisés au niveau du secteur dentaire antéro-supérieur délivrent les doses les plus élevées au niveau de l'œil, suivies par les secteurs inférieurs gauches puis supérieurs droits comme le montre la figure 71 et le tableau 56.

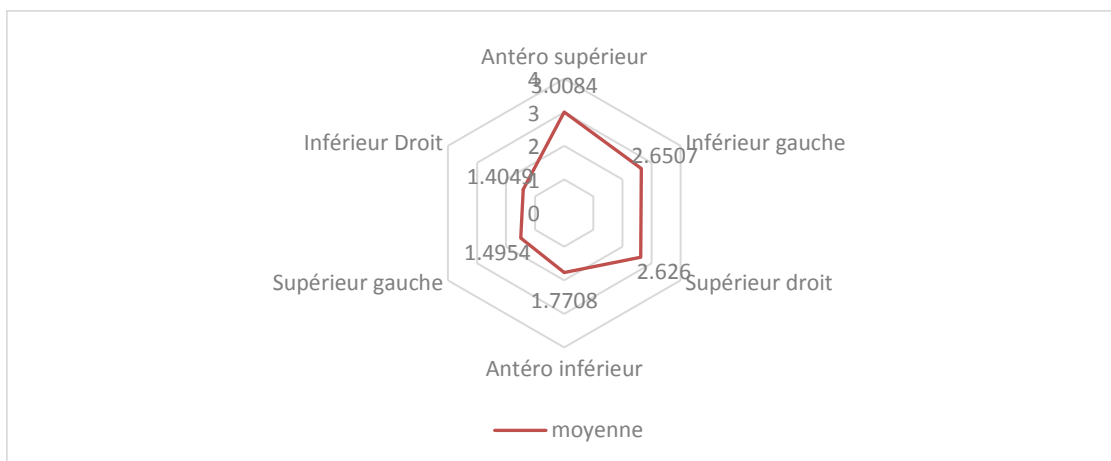


Figure 71 : Doses moyennes des DRO/tir / secteur dentaire.



Figure 72 : radiographie de la zone antéro-superieure.

Les actes radiologiques réalisés au niveau du secteur dentaire inférieur gauche et supérieur droit exposent la main à des doses plus élevées par rapport aux autres secteurs dentaires. Les valeurs des doses reçues par la main pendant la réalisation des panoramiques sont classées en troisième position.

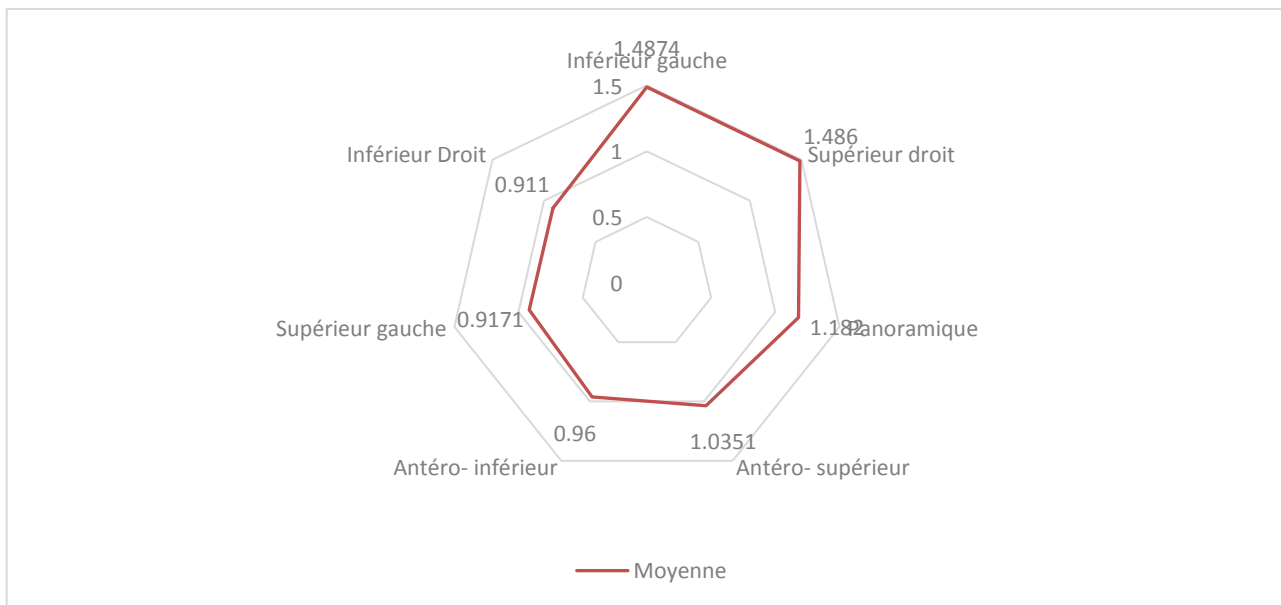


Figure 73 : Doses moyennes de DRM/tir / secteur dentaire.



Figure 74 :Radiographie de la zone inferieure gauche.

Les actes radiologiques réalisés au niveau du secteur dentaire supérieur droit génèrent les doses moyennes les plus élevées exposant les corps des manipulateurs (poitrine) des dispositifs radiogènes. Le secteur inférieur, l'antéro - supérieure et supérieur gauche suivent successivement. C'est avec le panoramique que l'on enregistre les doses moyennes les plus basses.

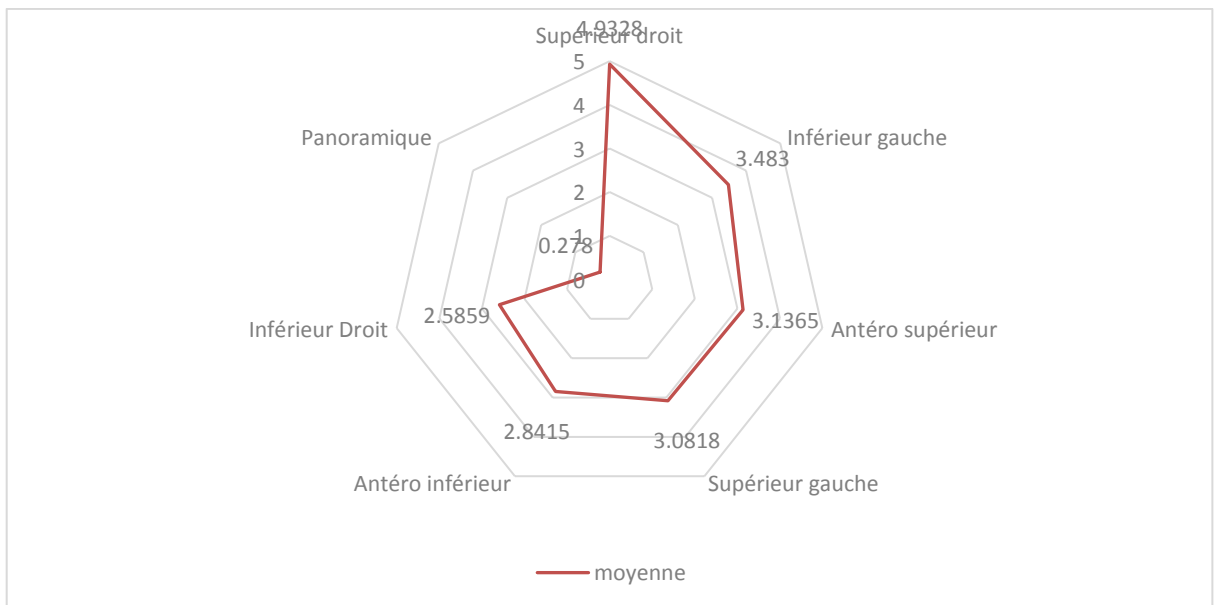


Figure 75 : Doses moyennes des DRP/tir / secteur dentaire.



Figure 76: radiographie de la zone superieure droite.

Tableau 57 : Les doses (DRO/tir, DRM/tir et DRP/tir) selon le secteur dentaire.

Secteur dentaire	n	%	Doses Reçues par les points cibles / tir (μSv)		
			DRO/Tir*	DRP/Tir **	DRM/Tir***
			$\bar{X} \pm \text{ET}$		
Antéro supérieur	51	25,8	$3,00 \pm 7,27$	$3,13 \pm 4,83$	$1,03 \pm 1,01$
Inférieur Droit	39	19,7	$1,40 \pm 1,16$	$2,58 \pm 2,76$	$0,91 \pm 1,03$
Supérieur gauche	38	19,2	$1,49 \pm 1,22$	$3,08 \pm 3,85$	$0,91 \pm 0,72$
Inférieur gauche	27	13,6	$2,65 \pm 4,60$	$3,48 \pm 3,65$	$1,48 \pm 2,46$
Supérieur droit	25	12,6	$2,62 \pm 2,58$	$4,93 \pm 4,86$	$1,48 \pm 1,55$
Antéro inférieur	13	6,6	$1,77 \pm 1,92$	$2,84 \pm 2,68$	$0,96 \pm 0,57$
Panoramique	5	2,5	$0,39 \pm 0,15$	$0,27 \pm 0,16$	$1,18 \pm 1,63$
Total	198	100	$2,15 \pm 4,28$	$3,20 \pm 3,99$	$1,10 \pm 1,33$

* DRO/T : Dose Reçue au niveau De L'œil /tir.

** DRP/T : Dose Reçue au niveau de La Poitrine /tir.

*** DRM/T : Dose Reçue au niveau de La main /tir.

La durée d'existence des DR est un facteur directement lié avec la dose mesurée au niveau de la poitrine/tir. La valeur de cette dose augmente en corrélation directe avec la durée d'existence du DR. Cette corrélation est faiblement significative (corrélation de Pearson égale à 0,271).

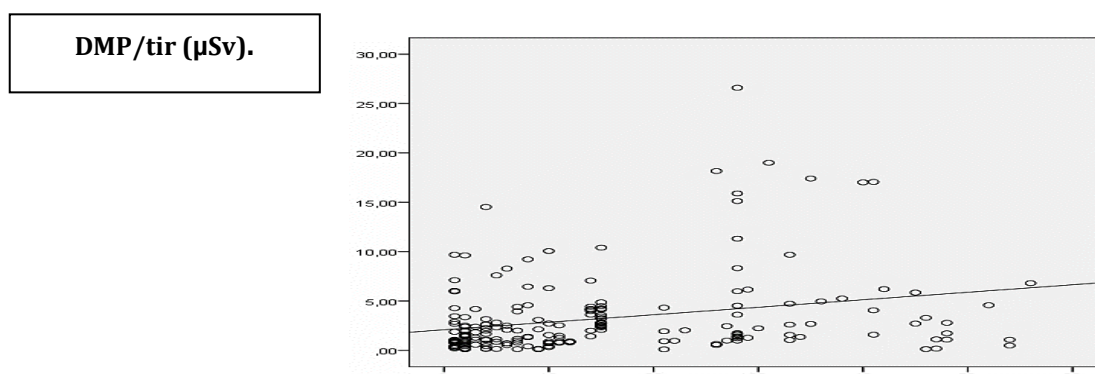


Figure 77 : La durée d'existence des DR et DMP/tir.

Pour une année, les doses mesurées sur la poitrine, ne sont pas en relation avec la durée d'existence des DR.

Tableau 58 : Les durées d'existence du DR utilisés et classement par rapport au DRP/An.

Les actes radiologiques réalisés (tirs)	DRP/An en mSv		Durée d'existence du DR
	n	Catégories	$\bar{X} \pm \text{ET}$
	155	≤ 6	$14,9 \pm 14,4$
	43	> 6	$13,9 \pm 13,3$

▪ **Dose/tir selon la dénomination commerciale :**

Si on ne prend pas en considération la marque YK dental et Chirana (n=1 très bas), Siemens, Philips et Trophy, sont les marques qui ont enregistré les doses les plus élevées comme le montre le tableau 59.

Il est à noter qu'avec les marques Max70, New life technology, Vatech et Gnatus, on enregistre les doses les plus faibles (tableau 59).

Tableau 59 : Les valeurs des DMP/ tir par rapport à la dénomination commerciale.

Dénomination commerciale	n	DRP/tir (μSv)		
		$\bar{X} \pm \text{ET}$	Min	Max
Y k dental	1	10,06	10,06	10,06
Siemens	5	8,44 $\pm$ 8,91	0,54	19,00
Philips	22	6,19 $\pm$ 6,97	0,48	26,60
Takara	1	6,15	6,15	6,15
Fiad	1	4,57	4,57	4,57
Trophy	20	4,03 $\pm$ 5,10	0,10	17,40
Non identifiable ?	3	3,46 $\pm$ 2,56	1,11	6,20
Sirona	28	3,24 $\pm$ 1,28	0,85	7,06
Mayray	4	3,15 $\pm$ 4,34	0,90	9,68
Yojoy	9	3,08 $\pm$ 1,99	1,12	7,60
Satelec	30	2,80 $\pm$ 3,34	0,10	14,52
Hanua	3	2,77 $\pm$ 3,16	0,16	6,29
Castellini	1	2,67	2,67	2,67
United	3	2,59 $\pm$ 2,91	0,80	5,96
Trophy- Enie	2	2,18 $\pm$ 1,56	1,08	3,29
Carstream	17	2,09 $\pm$ 2,45	0,30	9,62
Orix	17	2,06 $\pm$ 2,37	0,41	8,28
Trophy-Prodental	1	2,03	2,03	2,03
Tianjie	1	1,83	1,83	1,83
Reynes	2	1,58 $\pm$ 0,59	1,16	2,00
Gnatus	7	1,43 $\pm$ 0,77	0,57	2,49
Vatech	7	1,36 $\pm$ 1,14	0,12	2,80
New life technology	9	0,64 $\pm$ 0,57	0,10	1,53
Max70	3	0,54 $\pm$ 0,48	0,14	1,08
Cherana	1	0,12	0,12	0,12
Total	198	3,20 $\pm$ 3,99	0,10	26,60

*DRP/tir : Dose Reçue au niveau de la Poitrine /tir.

Les manipulateurs des DR type Carstream, Philips, Satelec et Orix, sont les plus trouvés dans la catégorie A (plus de 6 mSv par an). Les manipulateurs des appareils type New Life Technology et Max 70 ne sont pas classés en catégorie A.

Tableau 60 : répartition des DR selon la dénomination et la dose.

Dénomination Commerciale	DRP/An mSv	n		Total
		≤ 6	> 6	
Carstream		10	7	17
Philips		16	6	22
Satelec		25	5	30
Trophy		15	5	20
Orix		13	4	17
Vatech		4	3	7
Yojoy		7	2	9
Siemens		3	2	5
Mayray		2	2	4
Hanua		1	2	3
Gnatus		6	1	7
Reynes		1	1	2
Trophy -Parodontal		0	1	1
Castellini		0	1	1
Y k dental		0	1	1
Takara		1	0	1
Tianjie		1	0	1
Max70		3	0	3
New life technology		9	0	9
Trophy -Enie		2	0	2
Cherana		1	0	1
Fiad		1	0	1
Non identifiable		3	0	3
Sirona		28	0	28
Total		155	43	198

*DRP/An : Dose Reçue au niveau de la Poitrine /An.

Au total, 21,7% des DR utilisés dépassent le seuil de 6 mSv/an.

Les doses recueillies sur les DR des Pays bas, d'Allemagne et de la France sont les plus élevées.

Notons que sur les DR (fabriqué en Chine mais destiné à l'Italie), on a enregistré les doses les plus faibles.

Tableau 61 : Les valeurs de DRP par tir et le pays fabricant.

Pays fabricant	n	DRP/Tir* (μSv)		
		$\bar{X} \pm ET$	Min	Max
Japon	1	6,15	6,15	6,15
Pays bas	26	5,60 ± 6,60	0,48	26,60
Allemagne	33	4,03 ± 3,86	0,54	19,00
France	38	3,14 ± 4,11	00,10	17,40
Chine	20	3,09 ± 2,56	0,16	10,06
Italie	56	2,51 ± 3,00	0,10	14,52
Brésil	7	1,57 ± 0,77	0,57	2,49
Corée du Sud	7	1,36 ± 1,14	0,12	2,80
Chine destiné à l'Italie	9	0,64 ± 0,57	0,10	1,53
Ex-Tchécoslovaquie	1	0,12	0,12	0,12
Total	198	3,20 ± 3,99	0,10	26,60

*DRP/Tir : Dose Reçue au niveau de La Poitrine /tir.

Les manipulateurs des DR de marque française, Italienne, Hollandaise et Chinoise sont les plus recensés dans la catégorie A (dépassant 6 mSv).

Il est à signaler qu'il existe des manipulateurs qui utilisent une marque de DR Italien mais d'origine Chinoise. Ces manipulateurs ne sont pas recensés dans la catégorie A.

Tableau 62 : Répartition des DR selon le pays fabricant et les doses.

Pays fabricant \ DRP/An (mSv)		n		Total
		≤ 6	> 6	
Italie		44	12	56
France		26	12	38
Pays bas		20	6	26
Chine		14	6	20
Korée du sud		4	3	7
Allemagne		31	2	33
Brésil		5	2	7
Japon		1	0	1
Ex Tchécoslovaquie		1	0	1
Chine destinée à l'Italie		9	0	9
Total		155	43	198

****DRP/A** : Dose Reçue au niveau de La Poitrine /An.

▪ **Dose / type de radiographie :**

La dose moyenne reçue par la poitrine par an est plus élevée pour la RVG suivie par la rétroalvéolaire. Les valeurs les plus basses sont en rapport avec le cône Beam et la radiographie panoramique.

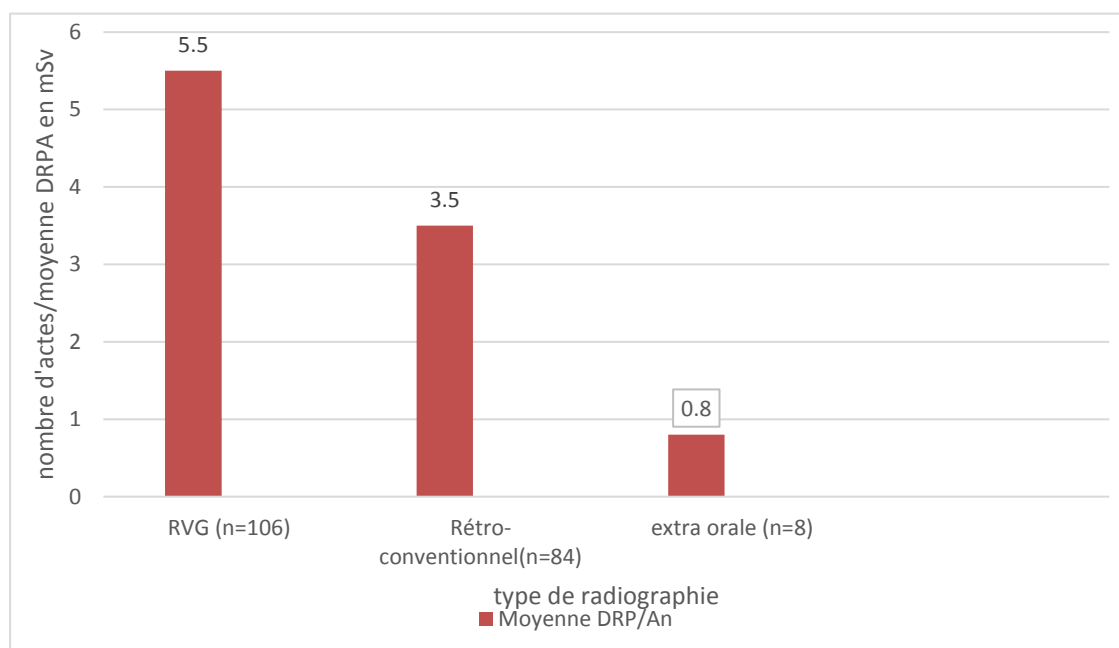


Figure 78 : valeurs de DRP/An selon le type de radiographie.

▪ **Dose /superficie :**

Les actes réalisés dans des salles de superficie inferieure à 9m² montrent des doses plus élevées que celles enregistrées dans des salles plus spacieuses (plus de 9m²) avec une différence très significative.

Tableau 63 : Les valeurs de DMP /tir par rapport à la superficie.

Superficie de salles d'implantation des DR	n	Superficie en m ²	DMP/tir (μSv) $\bar{X} \pm ET$
	150	≥ 9	2,71 ± 3,45
	48	< 9	4,71 ± 5,10
Total	198		

Pour le classement dosimétrique, la superficie de la salle n'a pas d'influence sur la dose annuelle mesurée au niveau de la poitrine.

Tableau 64 : Répartition des superficies des salle des DR selon les doses.

Salles(n)	n	Superficie (m ²)	DRP/An (mSv)	
			(n) manipulateurs	
			≤ 6	> 6
	150	≥ 9	113	37
	48	< 9	42	6
Total	198		155	43

▪ **Répartition des manipulateurs selon la zone occupée :**

Les auxiliaires de santé semblent mieux respecter la règle de positionnement par rapport aux dispositifs radiogènes comme le montre le tableau 65. La totalité des résidents (étudiant en post-graduation) ne respectent pas cette règle. Les médecins dentistes spécialistes viennent en deuxième position suivis par les médecins dentistes généralistes.

Notons qu'au sein de tous les autres corps (y compris enseignants chercheurs), on relève un chiffre inquiétant de non respect de zone de sécurité.

Tableau 65 : Répartition des manipulateurs des DR selon la zon occupée.

Catégorie professionnelle	La zon occupée		Total
	Zone de sécurité	Zone de danger	
Auxiliaires	3	1	4
Enseignant H U	3	11	14
Praticiens spécialistes	6	41	47
Généralistes	9	83	92
Résidents	0	41	41
Total	21	177	198

Tableau 66 : Répartition des valeurs de DRP/An selon la zone occupée.

Zone occupée	n	DRP /tir (μSv) $\bar{X} \pm \text{ET}$	p
Zone de danger	177	$3,47 \pm 4,12$	0,019
Zone de sécurité	21	$0,91 \pm 1,26$	
Total	198	$3,2 \pm 3,9$	

La valeur de dose moyenne enregistrée au niveau de la zone de danger est de $3,47 \pm 4,12 \mu\text{Sv/tir}$. Elle est supérieure à celle de la zone de sécurité qui est de $0,91 \pm 1,26 \mu\text{Sv/tir}$. La différence est statistiquement significative.

- **Valeur de dose/utilisation de l'angulateur :**

La valeur de dose moyenne reçue au niveau de la main du manipulateur utilisant l'angulateur est plus faible que celle de celui qui ne l'utilise pas.

Tableau 67 : Le maintien du recepateur et DRM/An.

Maintien du récepteur	n	DRM/tir (μSv)
		$\bar{X} \pm ET$
Praticien	139	1,21 ± 1,49
Angulateur / Dispositif spécial	7	1,09 ± 1,42
Patient	51	0,82 ± 0,72
Assistante	1	0,54
Total	198	1,10 ± 1,33

- **Dose et port de tablier plombé :**

Avec le port de tablier plombé, les doses enregistrées sur les manipulateurs (poitrine) sont huit fois moins élevées. La variabilité est très importante pour les manipulateurs qui n'utilisent pas les tabliers plombés. Les différences de moyennes sont statistiquement significatives.

Tableau 68 : Répartition des DRP/An selon le port de tablier plombé.

Port de tablier plombé	n	DRP/tir (μSv)	P
		$\bar{X} \pm ET$	
Non	191	3,30 ± 4,03	0,046
Oui	7	0,43 ± 0,35	

- **Dose/echecs des actes :**

Dans 96,4% des cas, on observe des échecs d'actes radiologiques nécessitant une reprise de l'acte. Dans la majorité des cas (95%) les erreurs sont commises quatre fois sur 10 au moins. Dans seulement 7,6% de cas le nombre d'erreurs inférieur à 3.

Nous avons comparé l'estimation d'erreur de prise de radiographies selon les manipulateurs (questionnaire, echelle de 10) à celles constatées au poste de travail par l'enquêteur. Il ressort que le taux d'échec des actes radiologiques en radiologie dentaire est alentours de 25 %.

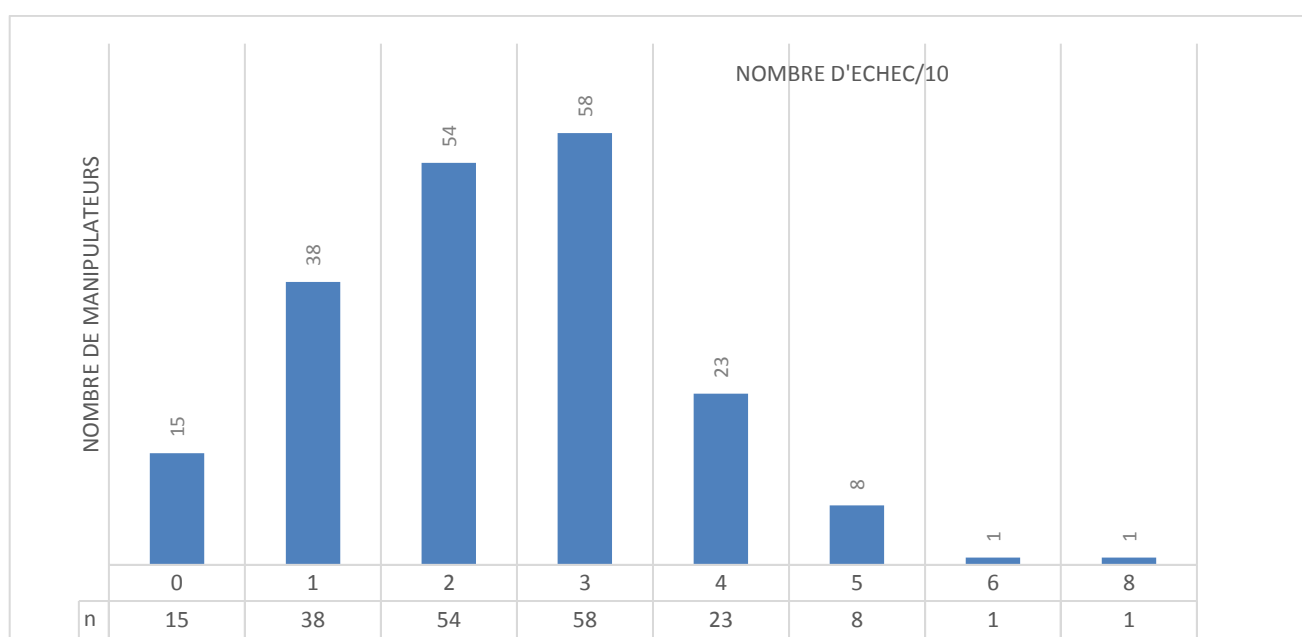


Figure 79 : Echec des actes radiographiques réalisés

➤ **Analyse statistique bivariée :**

▪ **Dose/Statut de la structure :**

Le quart des manipulateurs des DR exerçant dans le secteur privé sont exposés à plus de 6mSv/an. Dans le secteur public on retrouve seulement le huitième des manipulateurs des dispositifs radiogènes exerçant.

L'analyse statistique bivariée montre une relation entre le DRP/An et le secteur d'activité est statistiquement significative ($p=0,027$) avec un Odds Ratio (OR) égale à 2,76. Cette relation montre que les personnes qui travaillent dans le secteur privé sont près de trois fois plus exposées au risque de doses élevées (>6mSv) par rapport aux personnes qui travaillent dans le secteur public.

Tableau 69 : Répartition des manipulateurs selon le secteur d'activité et la dose.

Secteur d'activité	DRP /An (mSv)		O R	IC 95%	p
	≤ 6	> 6			
Public	48 (87%)	6 (13%)	2,76	[1,09-6,99]	0,027
Privé	107 (74,3%)	37 (25,7%)			
Total	155	43			

▪ **Dose/sexe**

L'analyse statistique bivariée (tableau 70) montre que le sexe masculin de manipulateurs des DR est significativement lié au risque radique avec un OR de 2,48.

Tableau 70 : Répartition des manipulateurs selon le sexe et la dose.

Sexe / DRP/A (mSv)		DRP/An(mSv)		O R	IC 95%	p
		≤6	> à 6			
Sexe	Féminin	76	12	2,48	[1,18-5,19]	0,014
	Masculin	79	31			
Total		155	43			

▪ **Dose/âge :**

L'analyse statistique bivariée montre que l'âge des manipulateurs de DR (moins de 36ans) est significativement lié au risque radique avec un OR de 0,55 [150]. Avoir un age inférieur à 36 ans est un facteur associé au risque radique au niveau des structures de médecine dentaire de la commune d'Oran.

Tableau 71 : Répartition des manipulateurs selon l'âge et la dose.

Age Médian		DRP / An (mSv)		O R	IC 95%	p
		≤6	> à 6	0,55	[0,28-1,12]	0,095
Age Médian (36 années)	≤36	75	27			
	>36	80	16			
Total		155	43			

▪ **Dose/spécialisation :**

L'analyse statistique bivariée montre que : être spécialiste ou non pour les manipulateurs des DR n'est pas lié au risque radique avec un OR de 0,93 [0,47-1,82, autrement dit : le diplôme académique ou le post occupé n'est pas un facteur associé au risque radique au niveau des structures de médecine dentaire de la commune d'Oran.

Tableau 72 : Les valeurs de la DRP/An par rapport au diplôme d'études des manipulateurs des DR.

Spécialisation		DRP / A (mSv)		O R	IC 95%	p
		≤6	> à 6	0,93	[0,47-1,82]	0,83
Spécialisation	Spécialiste	80	23			
	Généraliste	75	20			
Total		155	43			

▪ **Dose /ancienneté :**

L'analyse statistique bivariée montre que l'ancienneté des manipulateurs de DR (moins de 10ans) est significativement liée au risque radique avec un OR de 1,99 [0,99-4,02]. Ne pas avoir une ancienneté (plus de 10 ans) est un facteur associé au risque radique au niveau des structures de médecine dentaire de la commune d'Oran.

Tableau 73 : Les valeurs du DRP/An par rapport à l'ancienneté des manipulateurs des DR.

Ancienneté		DRP/A (mSv)		O R	IC 95%	p
		≤ 6	> 6	1,99	[0,99-4,02]	0,052
Ancienneté (médiane =10ans)	≥ 10 ans	80	15			
	< 10 ans	75	28			
Total		155	43			

▪ **Dose/zonage :**

L'analyse statistique bivariée montre que le positionnement des manipulateurs par rapport aux DR est significativement lié au risque radique avec un OR de 6,22 [0,81-47,76], autrement dit : occuper une position de danger par rapport au dispositif radiogène le moment d'émission des RI est un facteur associé au risque radique au niveau des structures de médecine dentaire de la commune d'Oran.

Tableau 74 : Les valeurs de la DRP/An par rapport à la position des manipulateurs au tour des DR.

Zonage		DRP/An (mSv)		O R	IC 95%	p
		≤6	> à 6	6,22	[0,81-47,76]	0,046
	Zone de sécurité	20	1			
	Zone de danger	135	42			
Total		155	43			

L'analyse statistique bivariée montre que l'utilisation de l'angulateur (mais sans quitter la zone de danger) par les manipulateurs des DR n'est pas lié au risque radique avec un OR de 1,29 [1,19-1,39], autrement dit : L'utilisation de l'angulateur seul et le maintenir manuellement par les manipulateurs des DR est un facteur non associé au risque radique au niveau des structures de médecine dentaire de la commune d'Oran.

▪ **Dose /angulateurs :**

Tableau 75 : Les valeurs de la DRP/An par rapport à l'utilisation de l'angulateur.

Angulateur		DRP/An mSv		O R	IC 95%	p
		≤ 6	> à 6	1,29	[1,19-1,39]	0,156
	Oui	7	0			
	Non	148	43			
Total		155	43			

▪ **Analyse multivariée par regression logistique :**

Une analyse multivariée par regression logistique binaire a recensé quatre facteurs principaux en association directe avec le risque radique au niveau des structures de médecine dentaire de la commune d'Oran. Ces facteurs sont présentés dans l'ordre d'importance comme le montre le tableau 76.

Tableau 76 : Analyse multivariée par regression logistique des facteurs du risque.

Variables dans l'équation	O R	IC 95%		p
		Inférieur	Supérieur	
Position/cône	8,068	1,012	64,306	0,049
Secteur d'activité	3,791	1,319	10,893	0,013
Sexe	2,116	0,927	4,832	0,075
Age (Médian-36ans)	0,308	0,142	0,672	0,003

3. Discussion

Il faut rappeler que, dans ce travail, nous nous sommes fixés comme objectif principal d'évaluer le risque radique dans les structures de médecine dentaire de la commune d'Oran. Les objectifs secondaires étaient de recenser les sources de RI dans les structures de médecine dentaire et les personnes exposées au risque radique dans ces structures.

- **Contraintes et méthodologie de l'enquête :**

Avant d'aborder l'analyse de la situation en matière de radioprotection, nous discuterons quelques aspects ayant trait à la méthodologie de l'enquête.

Nous avons réalisé un étalonnage des instruments de mesure et un contrôle technique des moyens de simulation dosimétrique.

Pour la qualité des résultats des mesures, un étalonnage initial de chaque dosimètre ainsi que des vérifications dont la périodicité recommandée n'est pas supérieure à six mois, conformément aux données scientifiques ont été réalisés.

L'étalonnage de nos dosimètres Geiger Muller a été effectué au niveau de la direction du Centre de Recherches Nucléaires d'Alger (CRNA). Toutes nos mesures dosimétriques ont été réalisées dans la périodicité théoriquement recommandée.

Conformément à la littérature scientifique, le contrôle technique en radioprotection a été réalisé par le technicien grâce à des tirs de rayons X sur le mannequin ayant un volume hydrique pour simuler la composition du corps humain et la tête du patient, et prendre des mesures d'exposition les plus proches possibles de la situation réelle en clinique.

Des tests dosimétriques préalables ont été réalisés pour vérifier la fiabilité des résultats dosimétriques, en particulier la simulation sur mannequin contenant un milieu hydrique comme le préconise Rehel, Dohan Ehrenfest et Gambini en médecine nucléaire [28, 96].

- Les contraintes observées ont débuté surtout à l'étape de l'étalonnage des compteurs Geiger Muller qui ont nécessité deux déplacements au Centre de Recherche Nucléaire avec des allées et venues (420km).

- Sur le plan du type d'étude épidémiologique et d'échantillonnage, nous avons opté pour une étude descriptive, transversale exhaustive avec les avantages et les limites connues. Pour une meilleure représentativité de notre population, nous avons choisi l'exhaustivité. Ce choix a nécessité du temps pour la mise en œuvre et la récolte des données (quatre mois) et la mobilisation de moyens matériels divers et des ressources humaines. Le coût de réalisation est réel mais n'a pas été évalué.
- Hormis le véhicule personnel et les fiches d'enquête, le Smart phone a été utilisé pour la géolocalisation ainsi qu'un distomètre Laser pour le calcul rapide et précis des superficies des locaux, et une règle pour mesurer l'épaisseur des parois.

D'autres moyens spécifiques comme les dosimètres Geiger (acheté sur le budget de recherche) avec des piles de rechange et des outils que nous avons conçus pour l'étude (un mannequin pour la simulation la plus fidèle possible de l'exposition du médecin dentiste), une paire de lunettes ordinaires pour fixer le dosimètre destiné à la mesure de la dose au niveau du cristallin.

- Un autre point mérite d'être évoqué parce qu'il constitue une limite qui pourrait avoir un impact sur la validité des résultats de ce travail : La précision des doses mesurées au niveau de la main manipulatrice qui maintient le récepteur d'image est rendue difficile par la taille et le poids du dosimètre « Geiger Muller », qui ne peut pas être maintenu correctement sur la main. La seule solution trouvée est de coller le compteur (avec scotch double adhésif) sur le gant en latex (figure 68 page 121).
- Les ressources humaines mobilisées sont représentées par des enquêteurs ayant une compétence en radioprotection et des agents ayant été formés au recueil de données et des collaborateurs scientifiques compétents en médecine de travail, médecine nucléaire, biophysique médicale et en épidémiologie.

Avant le démarrage de l'enquête sur le terrain, une pré-enquête a été réalisée. La visite des sites d'implantation des sources radiogènes grâce à l'observation, l'interview et la passation des questionnaires validés semi-fermés, en langue française par l'enquêteur formé et appliquant le même protocole standard d'enquête et les techniques de communications connues.

- **La pré-enquête :**

Nous a permis d'identifier les problèmes potentiels susceptibles d'être rencontrés sur le terrain, tester le questionnaire et vérifier que l'enquêteur a bien compris son rôle et le mandat qui lui a été assigné.

Cette étape a servi à relever les insuffisances, compléter les questions non comprises, enrichir les questionnaires, étudier la faisabilité et déterminer approximativement la durée de l'enquête et le nombre d'enquêteurs nécessaire pour sa réalisation dans des délais raisonnables.

- Après la réalisation de cette enquête, nous avons pu relever quelques difficultés rencontrées sur le terrain ; ces difficultés sont surtout d'ordre organisationnel avec des listes qui n'étaient pas mises à jour et un manque important de précision des adresses. Signalons, que nous avons constaté qu'un simple commerçant (rue Mostaganem) a eu l'idée de répertorier les adresses des médecins et les mettre à la disposition des clients pour orienter les malades vers des médecins traitants. Il nous a beaucoup aidé pour le repérage des médecins dentistes de son quartier.

Nous avons remarqué qu'il y a des médecins dentistes qui ont changé de lieu d'activité pour aller vers d'autres communes ; d'autres ont ouvert leurs cabinets mais sans être répertoriés dans les listes de la direction de la santé publique et celles du conseil de l'ordre des médecins dentistes.

Devant cette carence, nous avons mis sur pied une liste actualisée grâce à la géolocalisation numérique des structures médicales avec des applications exploitables sur Smart phones.

Dans ce qui suit, notre discussion va suivre un enchainement correspondant aux grands axes de la radioprotection en utilisant une grille technique d'évaluation pour satisfaire aux règles imposées par la législation mondiale et nationale.

- **Identification des structures :**

Il est à rappeler que les structures enquêtées de la commune d'Oran appartiennent à la fois aux établissements de santé publique et au privé. Le secteur public englobe les établissements hospitalo-universitaires, les structures de santé

publique de proximité et les établissements hospitaliers de santé. Le secteur privé est représenté par les cabinets et les cliniques privées.

Au total, il faut noter qu'il y a des structures et médecins dentistes ne répondant pas aux critères fixés qui n'ont pas pu être incluses dans notre échantillon pour les raisons suivantes :

- ✓ **04** refus (qui peuvent être expliqués par la crainte des médecins dentistes des inspections pénalisantes).
- ✓ **34** structures fermées (en trois reprises).
- ✓ Par ailleurs, Il y a des médecins dentistes qui sont sortis en retraite ou qui sont décédés.
- ✓ **15** structures avaient des dispositifs en panne, que les médecins dentistes n'ont pas pu réparer (pannes persistantes).
- ✓ **65** structures n'utilisent pas de dispositifs radiogènes.
- ✓ **31** structures qui n'exploitent pas les DR existants soit pour des raisons de manque d'activité des soins où manque de clichés ou des problèmes de branchement électrique.

Certaines structures comportent deux ou plusieurs dispositifs radiogènes ou exercent deux ou plusieurs praticiens.

Au final, nous avons pu étudier **154** dispositifs de radiologie dentaire fonctionnels et toucher **198** manipulateurs de ces dispositifs.

○ Répartition géographique de la population d'étude :

Pour les structures enquêtées, nous avons constaté que **32,4%** des structures sont situées dans l'arrondissement de Sidi el Bachir, dont **32,5%** des DR et **46,5 %** des manipulateurs enquêtés. Cette densité élevée peut être expliquée par la présence de plusieurs établissements de soins médicaux dans cet arrondissement (CHU Oran, la clinique dentaire et plusieurs structures d'explorations médicales).

Le taux de des structures et les DR les moins élevés sont enregistrés dans l'arrondissement de Sidi el Houari (0,5%) et El Hamri (0,5%), ces taux peuvent être expliqués par l'activité médicale qui est modeste et les caractéristiques socio-économiques et culturelles des quartiers populaires.

- **L'étude du parc radiologique :**
- **Les locaux d'implantation des dispositifs de radiologie dentaire :**

Pour les locaux d'implantation de ces équipements, la majorité des installations ne sont pas conformes aux règles de sécurité électrique, ni contrôlée périodiquement, ni réparée par une personne qualifiée et habilitée. Les sources radiogènes sont souvent implantées dans des salles de soins dont l'extrême majorité (92,2 %) ont des superficies supérieures à 9 m². Les cabinets privés ont des salles plus spacieuses. La non-conformité des règles suscitées peut être expliquée par l'absence des contrôles techniques de radioprotection ; celui-ci devrait être réalisé par un organisme agréé.

Pour la détermination des épaisseurs des parois du local, le calcul de l'épaisseur d'équivalent plomb à appliquer aux différentes parois est obligatoire. Dans le cas d'un générateur dentaire toutes les parois du local doivent comporter une équivalence de plomb de 0.5 mm. Cette équivalence est réalisée pour toutes les parois construites en maçonnerie (brique, béton, pierre, carreaux de plâtre).

Dans la commune d'Oran, nous avons constaté que, la majorité des salles d'implantation des dispositifs radiogènes (70 %) ont des parois non conformes aux règles d'isolation radiologique. La majorité des structures publiques respectent ces règles contrairement aux structures privées. La totalité des locaux ne respectent ni la règle de délimitation des zones, ni les règles de signalisation et d'affichage.

- Un équipement de protection collective (EPC) a pour objectif de protéger le personnel contre les risques qui sont susceptibles de menacer leur santé ou leur sécurité. Les EPC visent à limiter ou à confiner ces risques. Les EPC sont toujours mis en œuvre prioritairement aux équipements de protection individuelle (EPI). Dans le domaine de la radioprotection, un paravent plombé protégeant un pupitre de commande dans une salle de radiologie est un exemple d'EPC.

En pratique, dans les cabinets dentaires, il n'y a que très peu d'EPC. On pourra assimiler aux EPC les parois (murs) des locaux qui protègent les personnes qui se trouvant à l'extérieur de la zone ou dans un angle mort de la pièce.

Les EPI sont des dispositifs ou moyens destinés à être portés ou tenus par une personne en vue de la protéger contre un ou plusieurs risques susceptibles de menacer sa santé ou sa sécurité. Chaque employeur est responsable de l'application des mesures de prévention nécessaires à la protection de son personnel en supprimant ou réduisant les risques à la source, mettant en place des mesures de protection collective et donnant des consignes appropriées à son personnel.

Les EPI ne doivent être utilisées qu'en dernier recours, quand les autres moyens employés pour réduire le risque s'avèrent insuffisants ou impossible à mettre en œuvre. Dans le cadre de la radioprotection, il faut prioritairement concevoir les locaux en adéquation avec la norme d'installation, ce qui permet de protéger tous les travailleurs (protection collective). Néanmoins, l'utilisation d'un tablier plombé (EPI) est requise, si le personnel est particulièrement exposé. L'employeur met à la disposition des travailleurs, selon les besoins, les EPI appropriés et veille à leur utilisation effective ^[129].

Dans notre étude, nous avons constaté que la surveillance dosimétrique individuelle n'est pas assurée. Hormis le tablier plombé qui était disponible dans 7% des cas, les autres moyens de radioprotection sont rarement existants. L'absence totale de la personne compétente en radioprotection est à signaler.

En pratique, il est peu commode avec les petits capteurs de mesurer les doses sous le tablier pour s'assurer qu'il ne comporte pas de zone où le plomb est fissuré. C'est donc un contrôle visuel et tactile associé à un stockage correct (sur cintre rigide) qui permet de s'assurer de la sûreté du tablier.

Au grande Bretagne, Le guide de radioprotection dentaire exige l'utilisation des tabliers plombés pour les praticiens qui manipulent les rayons X au cabinet dentaire, ce même guide indique clairement que l'utilisation de routine des tabliers plombés est injustifiée pour les patients en radiographie dentaire. L'académie américaine de radiologie dentaire et maxillo-faciale a souligné que la valeur des tabliers au plomb est minime par rapport aux avantages de la collimation rectangulaire et la qualité des récepteurs numériques. Il a été conclu que leur utilisation pourrait être considérée comme facultative, sauf si la loi l'exige.

En Corée de sud, Lee and Ludlow en 2013, ont trouvé que 21,7% des cabinets dentaires utilisent les tabliers au plomb pour les patients. Les deux tiers des

spécialistes ont utilisé un tablier et cache thyroïde ; cependant, seulement 16,9% des dentistes généralistes ont suivi cette pratique [7].

Stavrianou, Pappous et al. 2005, dans une étude comparative, sur une population de (n=100) ont prouvé une amélioration en ce qui concerne l'utilisation des EPI aux cabinets dentaires étudiés entre 1996 et 2003 [5].

On peut conclure, dans notre étude, que les EPC ne sont pas du tout respectés et les EPI sont rarement présents dans les locaux d'implantation de nos dispositifs radiogènes dentaires au niveau de la commune d'Oran.

Plus du tiers des locaux d'implantation des dispositifs radiologiques étudiés (40 %) ne contiennent pas des négatoscopes. Cette carence peut amener le médecin dentiste à refaire la radiographie pour mieux visualiser l'image et donc augmenter le risque radique.

- **L'étude des dispositifs de radiologie dentaire :**

Au niveau de la commune d'Oran, Ces dispositifs sont fortement représentés dans le secteur privé, où il ya plus d'activité de radiologie avec un nombre élevé de sources radiogènes par rapport au secteur public.

L'analyse des résultats observés dans notre enquête montre que la majorité de dispositifs visités ne sont pas déclarés auprès des instances responsables.

La mobilité des DR a été prise en considération, dans notre étude, les deux tiers de nos dispositifs (65,6%) sont fixés sur les murs des espaces radiologiques réservés. Le tiers restant est représenté par des appareils mobiles avec l'existence d'un seul générateur portable, avec un risque radique plus difficilement circonscrit [2].

Ce parc radiologique est représenté par plusieurs marques dont certains dispositifs ne portent aucune dénomination commerciale précise.

L'origine de ces dispositifs radiogènes est variée avec une prédominance européenne 62,1% pour l'Italie et la France. Certains générateurs sont vieux et vétustes dont un avait 54 ans d'âge. Prés de la moitié (48,7%) de ce parc a moins de 5ans et les trois quarts (75%) sont conformes et ont moins de 25 ans. Les deux tiers sont relativement neufs (moins de 15 ans) et la majorité sont électriquement conformes.

Dans la majorité des références bibliographiques l'âge de dispositif est limité au maximum à 25 ans ^{[151],[36],[152]} malgré qu'aujourd'hui en France cette limite n'est plus en vigueur et tout dépend d'une chaîne de contrôle qualité ^[129]. Ce maillon de limitation de la durée d'utilisation des DR n'a pas été clairement défini par la législation nationale.

Pour la conception technique des tubes radiogènes, dans notre étude, la majorité de nos dispositifs radiogènes sont utilisés pour la radiovisiographie (67,5%) et la grande majorité (82,6%) utilisent un cône long. La rétroalvéolaire conventionnelle utilise plus de cône court par rapport à la radiovisiographie, et donc comporte plus de risque.

L'étude de Cederberg et col (1997) qui a duré 13 ans, les auteurs montrent que les cônes courts et pointus (fermés), ont le plus de chance d'un effet stochastique avec une probabilité de $(1 \text{ à } 26 \times 10^{-6})$ en comparaison avec le rectangulaire ou rond. Ces derniers, qui sont ouverts et qui ont été utilisés pendant deux ans de travail pour radiographie, ont une probabilité d'un effet stochastique allant de $(1 \text{ à } 4,6 \times 10^{-6} \text{ jusqu'à } 23 \times 10^{-6})$ selon la longueur ^[3].

Une étude Grecque menée par Stavrianou, Pappous et al, entre 1996 et 2003 (n=100 générateurs de radiologie dentaire) a conclu que les générateurs qui dépassaient 10 ans d'âge avaient des cônes courts mais ceux qui avaient moins de 10 ans avaient des longs cônes. Cela prouve que la technologie des cônes courts en radiologie dentaire est en voie de disparition ^[5].

Selon des études récentes, les cônes courts et pointus ont tendance à éparpiller le faisceau et le long cône constitue une clé dans la radioprotection des patients.

Par ailleurs, il est particulièrement important de limiter l'irradiation par une collimation soigneuse au voisinage des organes sensibles. Les collimateurs améliorent la qualité de l'image radiographique. La majorité de nos dispositifs ont une collimation circulaire (88,3%) sachant que la collimation rectangulaire est préférable par rapport à celle circulaire.

Pour notre parc radiologique, nous avons remarqué que les dispositifs radiogènes rétroalvéolaire type Carstream sont tous munis de collimations rectangulaires avec un taux de 12,5% des DR intra oraux recensés. Le cône court est utilisé avec la RVG avec un taux de 6,9%.

Sur le plan International, nous avons remarqué que nos résultats convergent avec ceux de l'étude Sud Coréenne menée par Lee and Ludlow en 2013 (n=267) et qui précise que 14,6% des médecins dentistes Coréens enquêtés utilisaient la collimation rectangulaire [7].

Une autre étude Anglaise menée par Davies et col en 2005 (n=216) a montré que la collimation rectangulaire était utilisée par 34 % de la population étudiée. Cette collimation rectangulaire n'était utilisée que dans 6% des cas par EL mehdi et col (n=183) en 2010 dans les Emirats Arabes Unies [8] .

Pour les les paramètres techniques et l'affichage des données électroniques, si la presque totalité de nos DR n'affichent pas les doses sur l'appareil, le temps d'exposition est toujours indiqué et réglable sur la majorité des dispositifs et qui sont munis d'une minuterie électronique. Les minuteries sont recommandées pour un réglage précis en centième de seconde dans le but de limiter les doses d'exposition. Dans notre étude (n=154), le taux des minuteries électroniques est de 70,1%.

Stavrianou, Pappous et al, sur une population de (n=100), ont confirmé que les minuteries digitales électroniques sont systématisées avec la technologie des nouveaux générateurs des rayons X. El mehdi et col en 2010 ont trouvé 85% de minuteries électroniques au sein de la population étudiée [8] .

Pour la maintenance des générateurs des rayons X en panne, nous avons constaté qu'un petit nombre des dispositifs radiogènes sont stockés dans les cabinets dentaires, cependant la majorité de notre population remet ces dispositifs aux vendeurs de matériel dentaire pour une éventuelle revente. Le risque de ces attitudes est surtout de stocker ces dispositifs pendant une période longue, le dispositif peut alors perdre ces qualités. Ces dispositifs peuvent devenir dangereux au cas où ils sont entretenus par des personnes non qualifiées. Une compagnie de collecte de ces dispositifs défectueux peut être proposée aux instances responsables dans un but sanitaire et environnemental.

- **L'évaluation CAP (Comportements, Attitudes et Pratiques) des manipulateurs de dispositifs de radiologie.**

Notre population de manipulateurs des dispositifs radiogènes est à prédominance masculine légère (55,6%) et 59,2% de cette population sont relativement jeunes, âgés de moins de 40 ans), essentiellement des médecins dentistes généralistes (46,5 %). Il est à noter que les spécialistes de l'odontologie conservatrice-endodontie sont les plus représentés dans l'étude (19,2%) après les généralistes. Les auxiliaires de santé sont faiblement présents parmi les manipulateurs (2%). Près de la moitié des manipulateurs (43,9%) ne dépassent pas 10 ans d'anciennetés d'exercice. La majorité (56,1%) dépassent dix ans d'expérience.

Ces données épidémiologiques diffèrent de ceux de l'étude d'El mehdi et col en 2010 (n=183) dans les Emirats Arabes Unies avec un ratio femme /homme était de 55,7%, 35% de cette population ne dépassait pas 10 ans d'expérience mais 52% avaient une expérience entre 10 et 20 ans, L'ancienneté de notre population ($15 \pm 12,7$ ans) est proche avec celle de Davies et col en Angleterre qui était de $18,7 \pm 8,5$ ans. L'augmentation du nombre de praticiens hommes dans notre population est expliquée surtout par la prédominance des cabinets privés dans notre étude, mode d'exercice souvent préféré par les praticiens de sexe masculin [153-155].

Au vu des réponses recueillies lors de notre enquête par questionnaire sur les principes fondamentaux en radiologie et en radioprotection, la totalité des manipulateurs des équipements radiogènes dans notre échantillon ne sont pas formés en radioprotection. Ils ont des connaissances faibles à très faibles dans ce domaine, malgré qu'ils soient eux-mêmes demandeurs et réalisateurs, à la fois, des radiographies dentaires.

L'extrême majorité des manipulateurs des dispositifs radiogènes de la commune d'Oran ne connaissent pas les organismes nationaux responsables du contrôle de la radioprotection, 45% d'entre eux pensent que la déclaration d'un appareillage radiographique auprès de la direction de santé n'est pas obligatoire et 43% ne le savent même pas.

L'extrême majorité ne connaissent pas les doses d'irradiation maximales admissibles pour l'organisme et 98 % d'entre eux ne maîtrisent même pas le

temps d'exposition, qui est souvent préréglé, par un technicien ou indiqué systématiquement sur l'appareil.

L'étude de Kouami et col, Côte d'Ivoire, en 2012 (n=80) sur des médecins manipulateurs de radiologie a conclu que 73,8% des médecins prescripteurs d'actes radiologiques n'ont pas de culture en radioprotection et 80% ne le respecteraient pas.

Même dans les pays développés, ce problème se pose comme le montre l'étude de DC .Bosanquet et col, réalisée en 2011 en Angleterre, a conclu que la connaissance générale en matière de radioprotection reste faible [156] [9, 157].

Dans une étude menée par Rezoug et col, sur 55 médecins dentiste de la wilaya d'Oran en 2012, selon les réponses des médecins dentistes sur les questions qui ont concerné quelques principes fondamentaux en radiologie et en radioprotection. Nous avons constaté que presque la majorité d'entre eux ont des connaissances faibles à très faibles dans ce domaine [158].

Les personnes concernées, sont tous les praticiens, mais aussi les assistant (e)s et aides dentaires et, par extension, les secrétaires. Ces personnels, même s'ils sortent ou ne sont pas présents lors de la prise de cliché, sont néanmoins amenés à pénétrer dans le cabinet alors que le générateur est sous tension. L'employeur est responsable de la réalisation d'une formation qui, en pratique, doit être réalisée par la PCR avec éventuellement l'aide du médecin de travail.

Normalement le respect des limites de dose pour le personnel, y compris en imagerie maxillo-faciale (dose effective de 20 mSv/12 mois consécutifs glissants) est vérifié par le port de dosimètres appropriés au niveau de la poitrine.

Par ailleurs, la presque totalité des manipulateurs des équipements radiogènes (99,5 %) ne font pas de visites médicales périodiques dans les services de médecine de travail. Malgré qu'ils pratiquent en moyenne 30 radiographies dentaires par semaine avec un maximum de 250 radiographies, c'est à dire exposés à un risque radiologique élevé.

Après une analyse approfondie des fiches, nous avons constaté que le nombre élevé des radiographies est fortement lié aux paramètres suivants :

- L'exercice dans le secteur privé surtout pour le cas d'un spécialiste d'odontologie conservatrice-endodontie, il travaille dans deux structures privées différentes et réalisant des actes endodontiques où la radiographie est indispensable.
- La présence de plusieurs générateurs dans la même structure que ce spécialiste dirige avec plusieurs spécialistes, mais où il est le seul manipulateur des différents dispositifs.
- L'exercice de l'implantologie nécessite le cône beam et beaucoup de radiographies de contrôles de la prothèse supra-implantaire.

Dans ces trois situations extrêmes, l'ignorance du risque, l'existence de la radiovisiographie facilite la manipulation et la banalisation du geste (l'acte radiologique), sont des facteurs aggravants la situation.

Dans notre étude, la presque totalité des manipulateurs ne possèdent pas de dosimètre pour mesurer la dose effectivement absorbée par son corps. Cela l'expose à un risque non quantifié qui peut être fatal.

Une enquête citée par Davies et col en 2005 (n=216) et qui a touchée les dentistes de nord ouest de l'Angleterre et du nord du pays de Galles, a testé la préférence de ces dentistes en matière de formation complémentaires ; les résultats montrent que c'est surtout la dentisterie restauratrice qui été préférée alors que la radiologie ne figure pas en tant que préférence [6].

- **Analyse dosimétrique et estimation du risque :**

C'est une étape indispensable, visant à identifier et quantifier les risques encourus en fonction du niveau d'exposition des manipulateurs des DR. Elle fournit les éléments nécessaires pour leur classement et le lancement du processus d'optimisation des expositions individuelles et collectives. De manière plus spécifique, l'analyse prévisionnelle des doses est, avec l'évaluation des risques, l'une des mesures les plus importantes pour mettre en œuvre une radioprotection adaptée à la situation.

Il est important de savoir qu'en France, exposer des personnes au-delà des valeurs limites réglementaires est puni d'un an d'emprisonnement et d'une amende de 15000 euros [129]. Par ailleurs la faute inexcusable de l'employeur peut être recherchée en cas d'accident. Dans notre pays par contre, les sanctions prévues ne sont pas dissuasives ...

Après études de la structure, des équipements (sources radiogènes) et moyens de protection radiologique, nous avons réalisé, aux postes, des mesures de doses sur différents points (œil, poitrine et main manipulatrice) du corps du manipulateur des DR à l'aide des dosimètres Geiger Muller préalablement étalonnés. La fixation des dosimètres a été réalisée directement sur des lunettes et sur la main du praticien manipulateur et dans la poche gauche au niveau de la poitrine. Par coincidence Cette démarche a été utilisée par Pigorier et col en 2018 pour évaluer l'exposition radiologique en chirurgie endovasculaire [113]. La publication de cette étude a été faite bien après la conception et la réalisation de notre protocole de travail. On peut conclure que nous partageons les mêmes inquiétudes et les mêmes craintes rencontrées en radiologie interventionnelle.

En Corée de sud, Lee and Ludlow en 2013, ont signalé dans leur étude que de nombreuses écoles dentaires américaines et canadiennes continuaient d'effectuer régulièrement et systématiquement des examens radiologiques avant l'examen clinique.

Notre enquête nous a permis de constater que le tiers des actes radiologiques (30,8 %) réalisés n'est pas cliniquement justifié par les manipulateurs des dispositifs radiogènes malgré que sur le plan réglementaire, en

Algérie, toute exposition médicale doit être justifiée et toute exposition qui ne peut être justifiée est interdite.

Nos résultats rejoignent ceux trouvés par différents auteurs. En grande Bretagne C Davies et col en 2005 ont trouvé dans leur étude que 23% des dentistes utilisaient la radiographie comme examen de routine. Lee and Ludlow (2013) ont trouvé que 34,1% des dentistes coréens utilisaient la radiographie d'une façon systématique.

La grande majorité des actes radiographiques réalisés pour l'étude de postes des manipulateurs des DR ont été effectuées sur patients dont plus du quart (25,8 %) a intéressé le secteur antéro-supérieur qui peut être expliqué par les problèmes de préjudice esthétique lié à ce secteur.

Il est important de signaler que, dans notre enquête, les temps d'exposition utilisés par les manipulateurs des dispositifs radiogènes varient de 0,03 à 15 secondes (les valeurs maximales ont été enregistrées pour les techniques extra-orales). La majorité d'entre eux sont inférieurs à une seconde sachant que normalement la valeur de 0,10 seconde est largement suffisante pour donner une image numérisée cliniquement exploitable.

Nous avons constaté qu'un médecin dentiste considère l'acte radiologique comme tâche d'assistante dentaire !

- Il est à noter que malgré la disponibilité des angulateurs chez certains médecins dentistes, l'ensemble continu à rester près du dispositif et s'expose inutilement (même avec l'utilisation de l'angulateur). Tous les travaux incitent à l'utiliser.

La majorité des manipulateurs des dispositifs radiogènes (78,3%) restent dans la salle de radiographie avec le patient et une tierce personne (souvent l'assistante) au moment d'émission des rayons.

Dans l'étude de Davies et col (2005) les auteurs ont constaté que le tiers des praticiens se plaçaient dans la zone de danger, 72% utilisaient les portes-films et 86% utilisaient des récepteurs numériques sachant que l'utilisation des capteurs numériques réduit significativement le temps d'exposition en radiologie dentaire intra orale.

L'étude de Lee and Ludlow en 2013 confirme que 77,2% de la population étudiée utilisait les capteurs numériques et 60% maintenait les récepteurs d'images eux même.

Dans notre étude, hormis le tablier plombé qui est utilisé, seulement chez 3,5 % de la population étudiée, les autres EPI sont très peu /ou pas utilisées.

Lee and Ludlow et col (2013) ont trouvé que le tablier plombé et le cache thyroïde étaient utilisés dans 21,7% des cas. Les deux tiers des utilisateurs étaient des spécialistes.

L'étude de Mehdi et col (UEA 2010) a montré que plus de la moitié de la population étudiée connaît la notion de zone de sécurité et le tiers utilisait les tabliers plombés.

La presque totalité des manipulatrices des DR en âge de procréer ne font pas de radiographie pendant leurs grossesses parce qu'elles sont conscientes du danger de rayonnement pour leur fœtus, mais elles le sous-estiment pour leur santé.

- Signalons que les auxiliaires de santé respectent mieux la règle de positionnement par rapport aux dispositifs radiogènes. Les médecins dentistes résidents ne les respectent pas.
- L'évaluation dosimétrique nous a permis de constater que la valeur moyenne des doses mesurées au niveau de la poitrine est plus importante que celle mesurée au niveau de l'œil. Cette dernière dépasse la dose mesurée au niveau de la main manipulatrice des manipulateurs des DR. La dose moyenne annuelle reçue par les yeux des manipulateurs des DR dentaires dépasse le seuil de 20 mSv. La CIPR en avril 2011 est en faveur d'une réduction à 20 mSv de la limite de dose équivalente au cristallin^[129].

Chez 2,5 % de la population étudiée la dose moyenne annuelle reçue par leurs yeux (cristallin) dépasse le seuil de 20 mSv.

Chez 3,5 % de la population étudiée la dose moyenne annuelle reçue par leurs corps dépasse le seuil de 20 mSv et près de 22 % dépassent le seuil de 6 mSv /an, ce qui nécessite une surveillance médicale spéciale.

Dans une étude réalisée en France par l'IRSN en 2012, les auteurs ont constaté qu'il n'y a que 8 personnes sur une population de 46239 des opérateurs

dentaires qui dépassent la valeur annuelle de 6 mSv soit 0,17% et qu'un 01 sur 46239 qui avait dépassé le seuil de 20 mSv soit 0,017% [4].

Dans tous les cas, le médecin du travail est juge des modalités de la surveillance médicale renforcée en tenant compte des recommandations de bonnes pratiques existantes, sous réserve de périodicité des examens obligatoires (au moins tous les 24 mois) et des examens prévus pour les travailleurs exposés aux RI classés en catégorie A (au moins une fois par an).

En pratique, pour les travailleurs de catégorie B (immense majorité des cas rencontrés en cabinet dentaire), cette surveillance comprend au moins un ou des examens de nature médicale selon une périodicité n'excédant pas vingt-quatre mois.

Dans notre étude, on constate que les actes radiologiques réalisés au niveau du secteur dentaire antéro-supérieur exposent l'œil à des doses élevées par rapport aux autres secteurs dentaires (dûe aux rayonnements diffusés de la tête du patient). La diffusion implique que, quelle que soit la position du praticien par rapport à son générateur, il recevra une partie du rayonnement direct et/ou diffusé aussi longtemps qu'il demeure dans la pièce. La distance raisonnable, à laquelle il faut se placer en pratique pour limiter l'exposition aux rayons diffusés, dépend du générateur de rayonnement : La rétro-alvéolaire exige 1,25 m de distance si un cône court est utilisé (ne sont plus commercialisés), exige 2,5 m si un moyen cône conventionnel est utilisé (7mA) et plus de 3 m si on utilise un cône long (15mA) [74].

Les actes radiologiques qui sont réalisés au niveau du secteur dentaire inférieur gauche et supérieur droit exposent la main à des doses supplémentaires par rapport aux autres secteurs dentaires. Les actes radiologiques réalisés au niveau du secteur dentaire supérieur droit et inférieur gauche exposent le corps des manipulateurs des dispositifs radiogènes (poitrine) à des doses supplémentaires par rapport aux autres secteurs dentaires. Le risque radique est donc réel chez nos manipulateurs.

La durée d'existence des DR est un facteur directement lié avec la dose mesurée au niveau de la poitrine (par tir), la valeur de cette dose augmente significativement avec la durée d'existence du DR, la corrélation montre une liaison significative. Pour les doses annuelles mesurées, la liaison statistique n'existe pas.

Siemens, Philips et Trophy, sont les marques où on a enregistré les doses les plus élevées. Ces DR sont très anciens et génèrent des doses élevées.

Il est à noter que pour les marques Max70, New life Technology, Vatech et Gnatus, nous avons enregistré les doses les plus faibles ; Ces DR sont relativement neufs.

Les manipulateurs des DR type Carstream, Philips, Satelec et Orix, sont ceux qui se situent les plus dans la catégorie A du classement professionnel (plus de 6 mSv par an). Les manipulateurs des appareils type New Life Technology et Max 70 ne sont pas classés en catégorie A.

Les doses recueillies sur les DR des Pays bas, de l'Allemagne et de la France sont plus élevées (DR de ces pays sont souvent anciens). Notons que sur des DR (fabriqués en Chine mais destinés à l'Italie) on a enregistré les doses les plus faibles.

Les manipulateurs des DR de marque française, Italienne, Hollandaise et Chinoise sont les plus recensés dans la catégorie A. Les doses enregistrées sont surtout liées aux attitudes et pratiques des manipulateurs.

Paradoxalement, nous avons constaté des valeurs de doses élevées pour la RVG par rapport au techniques argentiques (film classique et auto-développant). Les raisons de ces doses élevées sont liées à deux points importants, le premier c'est le non réglage du temps d'exposition adapté à la RVG, le deuxième c'est la difficulté de maintenir le capteur RVG avec la main du patient, donc c'est le praticien qui le tient. Cette exposition est aggravée par le coût du capteur RVG qui reste encore chère, pour cela le praticien préfère le manipuler seul.

Pour les actes radiographiques réalisés dans des salles non conformes sur le plan de la superficie (inférieure à 9m^2), nous avons enregistré des doses plus élevées que dans les salles conformes (plus de 9m^2) avec une différence très significative. Pour le classement dosimétrique des catégories professionnelles, la superficie de la salle n'a pas d'influence sur la dose annuelle mesurée au niveau de la poitrine (corps entier).

Pendant la réalisation des panoramiques, nous avons constaté que les valeurs de doses reçues par la main sont élevées. L'enquête minutieuse nous a permis de découvrir des ouvertures sur le mur plombé, supprimant ainsi l'isolation aux rayons X. La dose reçue au niveau de la main qui manipule l'interrupteur

électrique est plus élevée (murs avec ouverture derrière l'interrupteur pour faire passer le câblage électrique).

L'occupation d'une zone de sécurité par rapport aux dispositifs radiogènes réduit significativement la dose reçue par le corps des manipulateurs en radiologie dentaire intra orale. Le port des tabliers plombés diminue significativement la dose reçue par le corps par an (DRP/A) des manipulateurs des dispositifs radiogènes.

Nous avons constaté que les manipulateurs des DR les plus exposés au risque radiologique en cabinet dentaire dans la commune d'Oran sont les spécialistes d'odontologie conservatrice-endodontie. Le problème des parois des locaux non plombés a été mis à jour lors de deux situations.

- ✓ Le premier incident dans un cabinet privé où nous avons enregistré une valeur dosimétrique initiale (avant le tir) égale au double ($0,2\mu\text{Sv}$) par rapport à la radioactivité naturelle habituelle qui est de $0,1\mu\text{Sv}$.
- ✓ Le deuxième incident : Un praticien qui a une salle plombée où un « cône Beam » au moment de l'émission, malgré que ce praticien prenait toutes les précautions en sortant de la salle pour bombarder de l'extérieure. La dose enregistrée au niveau des yeux est trop élevée, alors que les dosimètres fixés sur la poitrine et la main n'ont rien enregistrés. La recherche approfondie nous a guidé vers des causes inattendues.
 - Pour le premier incident, la dose élevée était à cause d'un voisin médecin pneumo-phtisiologue qui a son propre générateur à rayon X à coté du cabinet dentaire et ses rayons passaient à travers le mur non plombé.
 - Pour le deuxième incident, la salle n'était que partiellement plombée dans le sens vertical (1,5 m seulement). C'est pour cela l'œil était le seul organe à enregistrer une valeur dosimétrique augmentée. Les rayons sont passés au-dessus du mur plombé pour arriver au niveau de l'œil.

Le temps d'exposition des techniques extra-buccale est significativement plus élevé que celui des techniques intra-buccales. L'utilisateur des capteurs numériques réduit significativement le temps d'exposition en radiologie dentaire intra -buccale. La valeur augmentée de la dose mesurée au niveau de la poitrine

des manipulateurs est surtout liée au nombre excessif des prises de clichés radiologiques.

Dans notre étude, la majorité des dentistes Oranais n'appliquent pas les pratiques et les procédures de protection qui sont nécessaires pour minimiser l'exposition aux radiations inutiles pour les patients et les professionnels dentaires.

Sur le plan de l'optimisation des actes radiologiques au cabinet dentaire, notre étude a montré que le quart de nos actes radiologiques réalisés sur place sont jugés non réussis ou non cliniquement exploitables. La majorité des causes d'échec des actes réalisés sur place sont liées aux problèmes géométriques d'incidences non maîtrisées.

La réduction de dose de RI en radiologie dentaire continue d'être une préoccupation clinique et éthique. Les lignes directrices et des critères radiographiques dentaires sont en place depuis plus de deux décennies, mais la conformité est faible [159].

L'analyse statistique multivariée avec régression logistique binaire (avec comme variable dépendante la dose reçue par la poitrine (corps entier) cumulée par an avec d'autres variables dépendantes) a été réalisée. L'objectif était d'identifier les facteurs associés au risque radique dans les structures de médecine dentaires de la commune d'Oran.

Trois facteurs principaux ont été trouvés en association directe avec le risque. Ces facteurs sont représentés par :

- 1) L'occupation d'une zone de danger par les médecins dentistes par rapport aux DR pendant l'émission des RX, ces médecins dentistes sont huit fois plus exposés au risque radique par rapport à ceux qui s'éloignent.
- 2) L'exercice dans le secteur privé expose nos médecins dentistes au risque radique quatre fois plus que les médecins dentistes du secteur privé.
- 3) Avoir un âge inférieur à 36 ans est un facteur qui expose les médecins dentistes au risque radique trois fois plus que ceux dépassant cette valeur médiane de notre population. Autrement dit, l'âge de plus de 36 ans est un facteur protecteur.

Une simple observation de ces résultats approfondis nous pousse à conclure que ces facteurs associés au risque sont représentés par deux facteurs non modifiables (âge, secteur d'activité) et un seul facteur modifiable qui est « la position occupée par le médecin dentiste le moment de l'émission des RX ». La solution est très simple et se résume dans l'utilisation d'un dispositif qui maintient le film (ou le capteur) c'est à dire l'angulateur ; Son usage correct (sans rester à côté du patient) diminue de façon significative le nombre de "mauvais clichés à refaire". De plus, le praticien manipule la source radiogène à distance et il peut éviter la répétitivité et l'exposition au risque radique pendant toute sa vie professionnelle.

Bien que la radiographie dentaire confère un énorme avantage diagnostic aux patients, les doses efficaces accrues, notamment des examens de CBCT, sont assez élevées justifiant une reconsidération des moyens pour réduire l'exposition du patient. Grâce aux capteurs numériques, combiné avec la collimation rectangulaire plutôt que circulaire, la justification et l'optimisation d'une procédure avec les limites de dose sont possibles et absolument essentielles dans la pratique clinique.

Les doses efficaces de cône Beam Computed Tomography (CBCT) sont beaucoup plus faibles que celles de la normale (Multi-Detector computed Tomography (MDCT) scan. De même pour d'autres utilisations des rayonnements ionisants dans le diagnostic et le traitement, l'utilisation de CBCT doit toujours être justifiée par un dentiste ou un médecin.

Les opérateurs devraient optimiser le CBCT protocoles, en utilisant les réglages de la machine et de collimation (champ réduit des scans limited-volume qui n'incluent pas les yeux et la tête en plein champ d'irradiation), afin de réduire la dose globale tout en conservant une qualité d'image diagnostique appropriée. Conformément au principe « aussi bas que raisonnablement possible », les lunettes plombées peuvent servir à réduire la quantité de radiation absorbée par le cristallin de l'œil lors des CBCT. Les lunettes plombées sont relativement peu coûteuses et peuvent être achetées auprès de différents fabricants. Elles doivent être portées par les patients durant toutes exposition au CBCT. La numérisation des procédures limite la dose de rayonnement absorbée par le cristallin et réduire le risque de développement de la cataracte liée aux RI.

Nous sommes maintenant mieux équipés pour gérer l'exposition radiologique non désirée, mais les CBCT et les autres équipements situés dans les centres de soins primaires sans les compétences des radiologues dentaires ajouteraient aux expositions inutiles.

En France par exemple, en moyenne, un médecin -dentiste effectue entre 500 et 2 000 tirs/an. Sur un GENDEX Oralix 65 S de 1997, avec temps d'exposition 0,2 sec, au poste de tir, à 2,5 m du générateur, la mesure de 0,04 μSv supplémentaire (additionnée à l'exposition naturelle de 0,1 μSv , donc 0,14 μSv) par tir, sur une base d'utilisation de 8 h/j, 5 j/sem., 50 sem. /an = 2 000 heures ^[146].

D'une manière très pragmatique et pour convaincre le médecin dentiste de la commune d'Oran sur le risque encouru, nous traduirons le seuil (norme en μSv /j en nombre de cliché/j).

A Oran (Algérie), le seuil dosimétrique annuel des médecins dentistes est de 6mSv (catégorie B), similaire à 6000 μSv /an. Cette valeur peut être divisée sur 47* pour avoir la valeur de 127,6 μSv /semaine (* :47 semaines est calculée comme suit : 52 semaines de l'année -(4 semaines de congé+1semaine des jours fériers) =47). La dose hebdomadaire est divisée sur cinq jours ouvrables de la semaine, qui peut donner une valeur dosimétrique journalière de 25,5 μSv /jour.

Dans notre étude, une moyenne de dose mesurée au niveau de la poitrine (corps entier) de médecin dentiste Oranais est de 3,2 μSv /tir, donc 25,5 μSv divisée sur 3,2 μSv égale à huit clichés.

Si on applique le même calcul pour l'étude Française sus-citée dans laquelle le respect des mesures de radioprotection est règlementé, les chirurgiens dentistes français « pourraient » dépasser 182 clichés/j !

Dans les conditions actuelles du travail, on peut conclure par cette démarche que le dépassement d'un seuil de huit (08) clichés radiographiques dentaires par jours (en moyenne) est un danger sous estimé. Un nombre de radiographies intra-orales supérieur à huit, peut classer le médecin dentiste dans une catégorie à risque supérieure. Cette catégorie demande une prise en charge particulière bien définie en médecine du travail. Le médecin dentiste doit tenir en compte de cette analyse pour gérer son agenda (au moins pour les conditions actuelles).

Dans notre étude, les médecins dentistes sont souvent à coté des générateurs de RX sans les mesures de radioprotection. Nous avons constaté qu'il y a un médecin dentiste qui effectue jusqu'à 11750 tir/an sans la moindre mesure de prévention ! On dira donc que, quelle que soit la dose reçue, un effet est possible, même s'il n'est pas observable [58].

Il faut garder présent à l'esprit, que toutes les estimations de cancers, ne devraient pas être présentées en probabilité de cancers induits mais en limite supérieure du risque de cancers induits, en n'excluant pas le fait que le risque réel soit compris entre zéro et ce chiffre plafond.

- Dans la présente étude, nous avons constaté plusieurs anomalies qui touchent les différents maillons de la chaîne de radioprotection au sein des structures de médecine dentaire de la commune d'Oran.

Concernant les appareils, ceux-ci ne sont pas déclarés, certains sont vieux et vétustes. Il s'agit en général de générateurs de séries dépassées, qui posent de plus en plus de problèmes de maintenance et font craindre une fuite des rayonnements émis.

Les locaux d'implantation des DR, sont en général non conformes aux règles de l'épaisseur des parois, de délimitation des zones, de l'affichage et de signalisation. Les EPC sont rarement présents.

Selon les réponses des médecins dentistes sur les questions qui ont concerné quelques principes fondamentaux en radioprotection. Nous avons constaté que presque la majorité d'entre eux ont des connaissances très faibles à faibles dans ce domaine, malgré qu'ils soient eux-mêmes demandeurs et réalisateurs à la fois des radiographies dentaires. Les visites médicales chez le médecin du travail sont négligées et la surveillance dosimétrique individuelle est absente.

Les angulateurs sont très peu utilisés, les praticiens occupent souvent une zone de danger pendant l'émission des rayons.

Cette situation fait craindre un risque radiologique lié au non respect des normes de radioprotection au niveau des structures de médecine dentaires. L'étude dosimétrique a confirmé cette crainte et inquiétude, des doses efficaces dépassant la dose maximale admissible, selon les instances de radioprotection, ont été enregistrées.

Il faut cependant noter que les RI ne sont pas les seules causes de ces effets. Les UV, la chaleur, certains produits chimiques, un stress mécanique, ... peuvent également en être l'origine. Les effets bystander et abscopal seraient le reflet d'une réponse à un stress.

Les études *in vitro* proposent plusieurs mécanismes, et un déclenchement possible de cette réponse par des mécanismes bystander. Les études *in vivo* sont peu nombreuses, les conséquences sur la santé sont difficiles à appréhender. Ces phénomènes semblent être liés entre eux et avoir des mécanismes communs. Intégrer les mécanismes d'action aux faibles doses à l'épidémiologie permettrait une meilleure quantification des effets ^[43].

CONCLUSION

Notre enquête a permis de mettre clairement en évidence :

- La multiplicité et la diversité de sources de radiologie dentaire dans la commune d'Oran,
- L'absence de contrôle par les organismes responsables,
- Le comportement à risque du professionnel,
- L'absence d'utilisation des moyens de radioprotection
- Le manque de respect des règles de radioprotection.

La radiographie est considérée en dentisterie comme une aide indispensable pour formuler un diagnostic complet sur la santé dentaire d'un patient (détecter adéquatement les dents incluses, les fractures des maxillaires, les résorptions osseuses, les racines résiduelles... et même les caries inter proximales).

Cependant il est nécessaire que « La profession progresse régulièrement dans son observance des règles de radioprotection ».

A cet effet, le bilan de la radioprotection contribue à l'évaluation des risques, la définition d'un programme local d'actions et la responsabilisation de l'ensemble des personnes concernées.

L'optimisation repose sur un ensemble de pratiques à réaliser pour diminuer les risques liés à l'utilisation des rayons x concomitamment à la recherche constante par les cliniciens de la meilleure qualité radiographique. Pour cela, les appareillages sont de plus en plus développés et performants mais cela ne suffit pas au praticien qui doit toujours être en mesure de maîtriser leur fonctionnement. Il lui faut aussi l'aide d'appareils accessoires et de techniques visant à perfectionner son exercice.

Ce qui ressort des progrès technologiques utilisés au niveau des appareillages, c'est la haute fréquence et la simplification des paramétrages lors de l'utilisation systématique de l'imagerie par capteur numérique.

Des accessoires paraissent également indispensables pour la pratique courante d'un médecin -dentiste qui maîtrise les risques. Ce sont les collimateurs rectangulaires à la taille du capteur, par exemple. Les angulateurs constituent

également une pièce centrale de l'optimisation de la radiologie dentaire intra-buccale.

L'obtention d'un tel résultat nécessite un travail à tous les niveaux de la chaîne de production du cliché radiographique. Ainsi, outre l'obligation de se former à la radioprotection de ses patients, le médecin-dentiste doit se conformer à des contrôles réguliers : contrôles techniques par une personne compétente en radioprotection (PCR) pour vérifier l'invariabilité des doses délivrées au cours du temps ; contrôles de qualité internes et externes pour vérifier l'invariabilité des performances des appareillages en termes de qualité d'image.

D'un point de vue pratique, l'application des grands principes de radioprotection s'appuie sur des textes qui fixent des obligations au chef d'établissement ou au responsable de cabinet dentaire en termes de limites d'exposition, d'évaluation du risque (le zonage), de classification des personnels, de surveillance de l'exposition et de surveillance médicale, de mise en œuvre des contrôles de radioprotection ainsi que de formation à la radioprotection. Pour cela il peut s'appuyer sur la PCR et le médecin du travail.

Nous venons de voir, au travers de notre travail, que nous disposons aujourd'hui de toutes les conditions et de moyens nécessaires pour réduire l'exposition bien en dessous des limites de doses pour lesquelles les risques ne sont plus significatifs et que ces moyens sont toujours liés à des résultats radiographiques de meilleure qualité. Cependant, ils restent sous-utilisés.

Depuis quelques années, la législation a mis en place, à l'échelle mondiale, une série de mesures dans le but de maintenir des niveaux bas d'irradiation artificielle. L'obtention d'un tel résultat nécessite et l'implication des employeurs, le contrôle de l'état un travail à tous les niveaux de la chaîne de production du cliché radiographique. Ainsi, outre l'obligation de se former à la radioprotection de ses patients, le médecin-dentiste Oranais doit se conformer à des contrôles réguliers : contrôles techniques par une personne compétente en radioprotection (PCR) pour vérifier l'invariabilité des doses délivrées au cours du temps ; contrôles de qualité internes et externes pour vérifier l'invariabilité des performances des appareillages en termes de qualité d'image.

Il restera au médecin-dentiste de se contrôler lui-même dans l'usage des bonnes pratiques, le but étant de produire des clichés, non seulement de bonne qualité, mais aussi parfaitement utile au diagnostic clinique.

Un long chemin de recherche reste à parcourir, en particulier en radiobiologie et en modélisation de la cancérogenèse radio induite, pour mieux comprendre et quantifier l'effet des faibles et très faibles doses, en prenant en compte en particulier l'effet sur les cellules voisines, l'instabilité génétique, les phénomènes d'adaptation, les expositions chroniques, les différences de sensibilité aux rayonnements et l'exposition à des associations de génotoxiques.

L'adhésion au processus de radioprotection doit permettre à notre profession de s'approprier, en toute connaissance et bonne pratique, la gestion de la dose délivrée par nos dispositifs radiogènes et de ne plus laisser d'autres en parler à notre place, surtout pour continuer à entretenir le mythe creux de la radiologie tueuse.

Des mesures pratiques sont proposées dans le chapitre des recommandations pour conduire une stratégie claire, facile et standard à appliquer.

RECOMMANDATIONS

Pour la prévention du risque radique au cabinet dentaire, il est primordial que les professionnels soient informés, sensibilisés et responsabilisés sur les risques potentiels d'origine radique pour la santé du médecin dentiste.

Les instances de radioprotection stipulent que « tous les examens radiographiques sont effectués uniquement sur ordonnance directe du médecin dentiste après la conduite d'une anamnèse et un examen physique du patient et la détermination d'un risque vraisemblable d'une prestation de santé du patient » [129].

- Il faut faire prendre conscience, aux médecins dentistes de la nécessité de faire une formation complémentaire et des cours de perfectionnement dans le domaine de la radioprotection et veiller à ce que les protocoles en place au sein de leur propre domaine de responsabilité professionnelle soient respectés. L'obligation de formation professionnelle continue dans la protection contre les rayonnements et le développement de critères de sélection pour l'ouverture des cabinets dentaires ou au recrutement dans les établissements publics est fortement recommandée.
- Les médecins dentistes doivent rester informés des mises à jour de sécurité et de la disponibilité de nouveaux équipements, fournitures et techniques qui permettraient de faire progresser et améliorer la capacité diagnostique des radiographies et réduire l'exposition.
- La communication de l'information, doit faire ressortir la notion de risque à court terme avec des effets précoces et le risque à long terme (tardif).
- Les utilisateurs doivent obtenir une autorisation d'utilisation des dispositifs à rayons X, chacun, à titre individuel.

La nécessité de se pourvoir d'une autorisation ne dépend pas de la fréquence des examens. Même un utilisateur occasionnel doit en être pourvu (par analogie au permis de conduire).

Nous suggérons, une large diffusion de fiches techniques simplifiées pour guider le médecin dentiste dans l'application des mesures de radioprotection au sein de son cabinet.

Afin de faciliter la mise en place de la réglementation concernant la radioprotection dans le domaine médical et pour répondre au besoin de documents pratiques ressenti par les préventeurs, des fiches ont été élaborées par des experts dans le domaine, elle présente les différentes procédures, les types de dangers spécifiques et leur évaluation ainsi que les méthodes de prévention.

La démarche proposée devrait permettre, grâce au renforcement de la collaboration pluridisciplinaire sur le terrain, d'optimiser la radioprotection en milieu médico-dentaire.

En cabinet dentaire les techniques radiologiques comprennent essentiellement :

- Les techniques endobuccales (les clichés rétroalvéolaires, rétrocoronaires et mordus occlusaux) analogiques et numériques.
- Les techniques exobuccales (la radiographie panoramique, avec ou sans mode de téléradiographie et la tomographie volumique « cone beam » associée ou non à un appareil de radiographie panoramique). Ces techniques peuvent être complétées par la téléradiographie à 4 m et la scanographie.

1. Personnel concerné

Médecins-dentistes ; Manipulateurs ; Assistantes dentaires ; Toutes personnes susceptibles d'intervenir dans les locaux concernés.

2. Déroulement des procédures de prise de clichés

Dans le cadre des principes de radioprotection, le praticien s'attachera à éviter les clichés inutiles (justification) et à réduire l'exposition aux RI dans le cadre des bonnes pratiques (optimisation). Sauf justification particulière (enfants, personnes handicapées ou agitées...), les accompagnants sont invités à sortir de la salle avant la prise de clichés.

▪ Les techniques endo-buccales :

- Lors de la prise du cliché, le praticien devra :
 - Soit sortir de la salle dans le cas d'une commande située à l'extérieur ou si la longueur du cordon le permet ;
 - Soit s'éloigner le plus possible du patient (distance recommandée de la longueur du cordon soit environ 2 m) en excluant toute présence dans le faisceau direct.
- La présence du praticien ou de l'assistant(e) dentaire à proximité immédiate du patient n'est qu'exceptionnellement justifiée.
- Cette pratique doit être accompagnée des mesures de protection adaptées

▪ **Les techniques exo-buccale :**

- Il est recommandé d'avoir la commande à l'extérieur de la salle d'examen ; la protection du personnel est alors assurée par les parois et la porte du local conformes aux normes d'installation.
- En cas d'impossibilité, la commande peut se trouver à l'intérieur de la salle d'examen, soit derrière un paravent plombé soit à une distance suffisante (au moins 3 mètres) pour assurer la protection du personnel.

3. Sources de dangers à connaître :

Tableau 77 : Origine des dangers.

Techniques/Dangers	Rayonnement direct	Rayonnement diffusé
Endo-buccales	Par le faisceau principal. Risque d'exposition (l'extrémité du doigt, en cas de maintien du cliché).	Reflichit par la tête du patient. Risque pour les yeux si on reste en face du patient (secteur antéro-supérieur).
Exo-buccale	Aucun risque. Risque pour la main en cas de mur perforé derrière l'interrupteur ou pour les yeux si les murs ne sont que partiellement plombés.	Risque pour toute personne présente dans la salle sans protection adaptée.

**tableau élaboré par l'auteur.*

4. Evaluation du risque et détermination des niveaux d'exposition

Par la collaboration entre le médecin du travail et la personne compétente en radioprotection (PCR).

4-1 Éléments d'évaluation du risque

L'évaluation des risques s'appuie sur les résultats des mesures réalisées sur l'installation par la PCR, par un organisme agréé ; les indications dosimétriques éventuellement fournies par les fabricants ; l'analyse des pratiques propres à chaque exercice.

4-2 Délimitation des zones contrôlées et surveillées

- La délimitation des zones réglementées (contrôlées, surveillées) doit être étudiée dès la conception de l'installation et être confirmée à partir des mesures réalisées avant sa mise en service.
- Les zones sont définies au vu des résultats de l'analyse des risques :

- Une zone surveillée limitée à tout ou partie du local ;
- Une zone contrôlée intermittente limitée à un volume autour du patient.
- Lorsque le verrouillage de l'appareil interdit toute émission de rayonnement, ces zones peuvent être considérées comme non réglementées

4-3 Classification de professionnels exposés en catégories A et B

A titre indicatif, les catégories les plus souvent constatées au cabinet dentaire sont les suivantes (tableau 78)^[152] :

Tableau 78 : Les catégories des professionnels exposés.

Personnel	Classement	Dose efficace mSv/an
Dentistes, manipulateurs	Catégorie B	≤ 6 mSv/an
Assistant(e)s dentaires	N'ont pas à être classé(e)s. Catégorie B si la présence est justifiée dans la salle.	≤ 1 mSv/an
Secrétaires, d'accueil,	Ne sont pas concernés par le classement.	
De ménage, d'entretien		
Stagiaires	En fonction de l'étude de poste effectuée par la PCR.	

4-4 Choix de la surveillance dosimétrique

- Pour le personnel classé, une périodicité trimestrielle pour la dosimétrie passive au niveau de la poitrine est recommandée.
- Dosimétrie opérationnelle en cas d'intervention en zone contrôlée.

5-Stratégie de maîtrise de risques

5-1 Réduction des risques

- Utilisation par des professionnels (formés et qualifiés dans leur domaine)
- Connaissance et respect des consignes de radioprotection et de sécurité.
- Lorsque la présence d'une personne dans la salle est justifiée : celle-ci doit se placer à l'endroit où le niveau d'exposition au rayonnement diffusé est le plus faible et doit utiliser au mieux la possibilité de s'éloigner.
- Utilisation de dispositifs (porte film/capteur ou angulateurs). Il est également possible de faire tenir le film/capteur par le patient (le manipulateur tir de loin).

5-2 Mesures techniques concernant l'installation

➤ Appareillage :

- ✓ Aucun appareil de plus de 25 ans ne doit être utilisé ;
- ✓ Modèle homologué ;
- ✓ Maintenance et contrôle qualité de l'installation ;
- ✓ Dispositif permettant à l'utilisateur d'être renseigné sur la quantité de rayonnement émise (affichage des doses de préférences)^[160].

➤ Règles principales relatives aux locaux :

Conformité du local ; Contrôles de radioprotection des travailleurs : Contrôles techniques du générateur (à la réception et/ou avant la première utilisation, Périodiquement en interne par la PCR et en externe par un organisme agréé.

Contrôle d'ambiance périodique en interne par la PCR et en externe par un organisme agréé ; Contrôle interne en cas de modifications (parois du local, maintenance du générateur...) ; Contrôle après dépassement des valeurs limites d'exposition.

5-3 Mesures techniques individuelles

Lorsque le personnel est obligé d'assister un patient pendant le fonctionnement de l'appareil, le port de tablier plombé est obligatoire ; Les conditions d'entreposage des équipements de protection doivent être contrôlés régulièrement par la PCR.

5-4 Formation et information

- Formation à la radioprotection de toute personne susceptible d'intervenir en zones réglementées ;
- Affichage et diffusion des modalités d'accès aux zones réglementées, des consignes de radioprotection, des noms et coordonnées de la PCR et du médecin du travail ;
- Affichage au niveau des accès du plan du local indiquant les zones réglementées.

5-5 Prévention et surveillance médicale

Cas général

Surveillance médicale réglementaire :

- Visite avant l'affectation au poste puis visite au moins annuelle ;
- Le médecin du travail prescrit les examens complémentaires nécessaires ;
- En cas de dépassement de valeurs limites d'exposition, le médecin du travail prend toutes dispositions qu'il juge utiles vis-à-vis du travailleur concerné ;

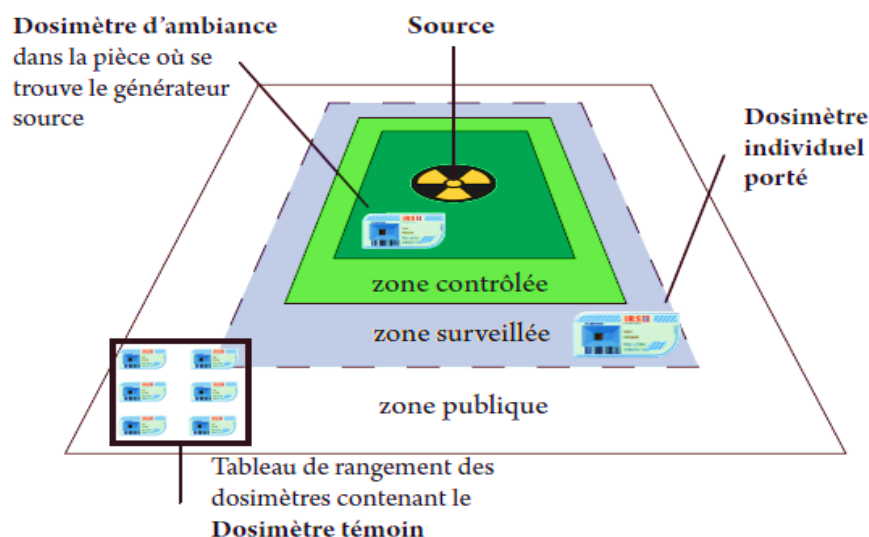
- Mise en place d'un plan de prévention précisant les obligations respectives de l'employeur et de l'entreprise extérieure ;

Surveillance dosimétrique individuelle :

L'employeur prend les dispositions nécessaires pour assurer la surveillance dosimétrique de ses salariés ; Le professionnel libéral prend les dispositions nécessaires pour assurer sa surveillance dosimétrique ; Le médecin du travail communique et commente les résultats dosimétriques individuels au travailleur concerné.

L'organisme agréé de dosimétrie communique les résultats au travailleur une fois par an. Le médecin dentiste devrait savoir que pour être en règle en ce qui concerne le suivi dosimétrique du personnel, comme le montre la Figure 82, il faut :

- Un dosimètre individuel et nominatif pour chaque professionnel.
- Un dosimètre témoin à placer dans le cabinet, en dehors de la salle de tirs,
- Un dosimètre d'ambiance par pièce comportant un générateur



Les principes de base sont : Le temps (à réduire au maximum) ; La distance (travailler avec les commandes à distance et utilisation d'un angulateur).

En cas de grossesse

Il est nécessaire que le personnel féminin informe le plus tôt possible le médecin du travail de sa grossesse, le changement d'affectation est laissé à l'appréciation du médecin du travail après concertation avec l'intéressée.

Le dossier médical

Il comporte notamment :

- Le double de la fiche d'exposition, établie par l'employeur avec l'aide du médecin du travail, comprenant les caractéristiques des nuisances radiologiques et des autres risques ;
- Le relevé dosimétrique avec les doses efficaces enregistrées ;
- L'ensemble des résultats des examens cliniques et complémentaires.
- Il est conservé pendant au moins 50 ans après la fin de la période d'exposition.
- Ce dossier est communiqué, sur sa demande, au médecin inspecteur du travail
- Si l'établissement vient à disparaître, ou si le travailleur change d'établissement, l'ensemble du dossier est transmis au médecin inspecteur du travail.
- Le travailleur a accès, à sa demande, aux informations contenues dans son dossier médical.

Suivi post exposition

Attestation d'exposition professionnelle aux rayonnements ionisants à établir.

6-Evaluation de la maîtrise des risques

- Afin d'évaluer la démarche de maîtrise du risque, l'employeur analyse les éléments suivants :
 - Résultat de l'étude par la PCR du relevé des doses individuelles ;
 - Bilan statistique des expositions des travailleurs ;
 - Bilan des dysfonctionnements relevés (à titre d'exemple peuvent être cités fuite d'huile, voyants défectueux...).
 - Bilan des contrôles de radioprotection effectués (ambiance, générateur...).

7-Autres risques

- Manutention ; posture ; Risque biologique ; Risque électrique [161-163].

8-L'action des acteurs de la radioprotection en Algérie

En Algérie, le commissariat de l'énergie nucléaire atomique (COMENA) avec une PCR et le centre de recherches nucléaires d'Alger sont les responsables de contrôle en matière de radioprotection. Ils doivent disposer de moyens matériel, logistiques et humains pour exécuter les missions de vérification qui doivent se faire régulièrement.

Par ailleurs, pour le corps des médecins dentistes, il faut inclure un chapitre de radiobiologie et radioprotection dans le programme de l'imagerie médicale dans le but de préciser les effets néfastes des RI tout en insistant sur l'application des règles et mesures de la radioprotection.

Des journées scientifiques de sensibilisation sur les risques liés aux RI doivent être programmées régulièrement. Des ateliers de travail en radioprotection spécifiques pour médecins dentistes sont suggérés, surtout concernant l'utilisation des angulateurs, le réglage optimisé des dispositifs radiogènes en se basant sur la sémiologie clinique pour poser le diagnostic des pathologies courantes sans avoir recours à la radiologie.

Il restera au médecin-dentiste de se contrôler lui-même dans l'usage des bonnes pratiques, le but étant de produire des images radiologiques, non seulement de bonne qualité, mais aussi parfaitement utiles au diagnostic clinique ^[164] .

BIBLIOGRAPHIE

1. GUYOT M. Choix du récepteur en radiologie dentaire intraorale. Enquête réalisée auprès d'une population de chirurgiens-dentistes de l'Est de la France. Nancy France UNIVERSITE HENRI POINCARÉ – NANCY 1; 2011.
2. De Roovere W. Utilisation des rayons x en médecine dentaire. In: nucléaire afdc, editor. 2009. p. 36.
3. Halboub ES, Barnkgkei I, Alsabbagh O, Hamadah O. Radiation-induced thumbs carcinoma due to practicing dental X-ray. *Contemporary Clinical Dentistry*. 2015;6(1):116-8.
4. Gambini D, Granier R. Effets indésirables des rayonsX. EMC - Elsevier Masson. 2013;Radiologie et imagerie médicale (35-090-A-10):20.
5. Stavrianou K, Pappous G, Pallikarakis N. a quality assurance program in dental radiographic units in western Greece. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. 2005;99(5):622-7.
6. Davies C, Grange S, Trevor MM. Radiation protection practices and related continuing professional education in dental radiography: A survey of practitioners in the North-east of England. *Radiography*. 2005;11(4):255-61.
7. Lee B, Ludlow J. Attitude of the Korean dentists towards radiation safety and selection criteria. *Imaging science in dentistry*. 2013;43(3):179-84.
8. Elmehdi HM, Pistorius S. radiation protection awareness among dentists in the united arab emirates. international conference on radiation protection in medicine; VARNA BULGARIA2010.
9. Kouassi YM, Wognin SB, N'gbesso R, Yeboue-Kouame YB, Tchicaya AF, Alla D, et al. Étude de l'observance des règles de radioprotection en milieu hospitalier à abidjan. *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement*. 2005;66(4):369-74.
10. Foucart JM, Felizardo R, Bidange G. La radioprotection en odontologie: réglementation française et nouvelles normes européennes: Éd. CdP; 2007.
11. Décret présidentiel n° 05-117 du 2 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 11 avril 2005 relatif aux mesures de protection contre les rayonnements ionisants. In: officiel J, editor. Algiers JORADP; 2005. p. 14.
12. Lagueroum M. rayonnement ionisant. *medecine du travail*. 2002;conférences de médecine du travail:12.
13. Dorban A. Etude de la radiométrie naturelle de la région d'Oran par spectroscopie gamma et alpha. In: boudiaf udsedltdO-M, editor. Algérie 2010.
14. Boudjenoun R, Noureddine A, Mancet M. évaluation de la radioactivité présente dans les moules le long du littora Algérien turquie 2007. p. 1.
15. Tabet -Aoul M, Mostefa-Kara K. pollution de l'air et radioactivité Benmrabet ed2014.
16. Thomas L. radiologie dentaire numérique2011.
17. Reid R, Curie M. Derrière la légende. *Revue d'histoire des science*. 1981;34(1):2.
18. Cavézian R, Pasquet G. 1 - Du cliché rétroalvéolaire 2D à l'imagerie sectionnelle: tomographie, scanner, cone beam 3D. In: Pasquet RC, editor. Cone Beam : Imagerie Diagnostique en Odontostomatologie. Paris: Elsevier Masson; 2011. p. 1-32.
19. CAVÉZIAN R. Histoire fantasmagorique de la radioactivité et des rayons X : de l'attraction à la répulsion. *Actes de la Société française d'histoire de l'art dentaire*. 2006;11:5.
20. Rayons: Histoires de rayons X, de radioactivité et de radioprotection. journal de l'expo, Galerie Euréka 2011:4.
21. Samuelli J-J. La découverte des rayons X par Röntgen. Bibnum. 2009.
22. Turner JE. Atoms, Radiation, and Radiation Protection. third ed: ©2007 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim; 2007. 595 p.
23. Salmon B, Le Denmat D. Radioprotection au cabinet dentaire EMC - Elsevier Masson. 2011;médecine buccale (28-900V-10):21.
24. Als-Nielsen J. X-rays and matter – the basic interactions. *Comptes Rendus Physique*. 2008;9(5):479-86.
25. Cirre C. L'installation radiologique en cabinet dentaire : choix et performances. faculté de chirurgie dentaire: université Henri poincaré Nancy I; 2010.
26. Formation de la personne compétente en radioprotection. *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement*. 2006;67(1):89-93.

27. Fléhard X, Gabriel JL. Sensibilisation à la Radioprotection. In: Caen L, editor. france2011. p. 42.
28. Dohan Ehrenfest DM, Gambini DJ. Formation à la Radioprotection des Patients spécialité dentaire. In: Radioprotection. Ald, editor. Document de Synthèse. paris2004. p. 25.
29. Kaeppler G, Dietz K, Herz K, Reinert S. Factors influencing the absorbed dose in intraoral radiography. *Dento maxillo facial radiology*. 2007;36(8):506-13.
30. Le Guen BM, R. effets des faibles doses des rayonnements ionisants 2007;Toxicologie -Pathologies professionnelles(16-510-A-10):14.
31. Cordoliani Y-S, Foehrenbach H. 4 - Exposition naturelle et artificielle. In: Cordoliani Y-S, Foehrenbach H, editors. Radioprotection en milieu médical (Troisième Édition). Paris: Elsevier Masson; 2014. p. 41-53.
32. Tebboune C, Rezk-kallah B, Zelmat B, Bouguetaya L. le cancer radio-induit:Evaluation de l'exposition du personnel du CHUOran. les entretiens de CHUOran2001.
33. Cordoliani Y-S, Foehrenbach H. 10 - Doses délivrées au patient en radiodiagnostic. Quantification et optimisation. In: Foehrenbach Y-SC, editor. Radioprotection en milieu médical (3e édition). Paris: Elsevier Masson; 2014. p. 131-9.
34. Cordoliani Y-S, Foehrenbach H. 6 - Effets pathologiques des rayonnements ionisants : effets déterministes. In: Cordoliani Y-S, Foehrenbach H, editors. Radioprotection en milieu médical (Troisième Édition). Paris: Elsevier Masson; 2014. p. 71-83.
35. Cordoliani Y-S, Foehrenbach H. 5 - Effets biologiques des rayonnements ionisants. In: Cordoliani Y-S, Foehrenbach H, editors. Radioprotection en milieu médical (Troisième Édition). Paris: Elsevier Masson; 2014. p. 55-69.
36. Gambini DJ, Pierrat N, Donnarieix D. radioprotection: secteur médical radiologie conventionnelle. 2010;2010(decembre):9.
37. Gambini DJ, Saurel D, Causse E, Choudat D. L'exposition professionnelle aux rayonnements ionisants à l'Assistance publique-Hôpitaux de Paris en 2006. *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement*. 2009;70(1):67-73.
38. Vuillez JP. Chapitre 6 : Radioprotection. In: Grenoble ujf, editor. grenoble2011. p. 69.
39. A. R, A F-H, al a. sources, effets and risk of ionizing radiation UNSCEAR 2012 report. Radiation UNSCotEoA, editor. United Nations New York USA2015.
40. Manti L, D'Arco A. Cooperative biological effects between ionizing radiation and other physical and chemical agents. *Mutation research*. 2010;704(1-3):115-22.
41. vuillez JP. Chapitre 5: Effets biologiques de rayonnements ionisant ou radiobiologie. In: Grenoble. ujf, editor. grenoble2010. p. 58.
42. Mazon J-J, Magne N, Thariat J. les effets cancérogènes des faibles doses de radiation ionisante. *Bulletin du Cancer*. 2015;102(06):2.
43. Averbeck D. les effets des faibles doses de rayonnement ionisant prosinfo. 2016;22(octobre):14.
44. Okano T, Nishikawa T, Watanabe E, Watanabe T, Takashima T, Yeh TW, et al. Maternal T and B cell engraftment in two cases of X-linked severe combined immunodeficiency with IgG1 gammopathy. *Clin Immunol*. 2017;183:112-20.
45. Basti L, Nagai K, Go J, Okano S, Oda T, Tanaka Y, et al. Lethal effects of ichthyotoxic raphidophytes, *Chattonella marina*, *C. antiqua*, and *Heterosigma akashiwo*, on post-embryonic stages of the Japanese pearl oyster, *Pinctada fucata martensii*. *Harmful Algae*. 2016;59:112-22.
46. Roussy E. Les ondes au service de la santé. pole 4 - santé. 2016;11:27.
47. Delacroix D, Guerre JP, Leblanc P. Radionucléides & radioprotection : Guide pratique pour la manipulation de substances radioactives dans les laboratoires de faible et moyenne activité2018.
48. Mazon J-J, Magne N, Thariat J. Les effets cancérogènes des faibles doses de radiations ionisantes : toujours des interrogations. *Bulletin du Cancer*. 2015;102(6):485-6.
49. FLEUTOT J. Les effets des rayonnements ionisants sur la santé. In: défense. cdSCsdDàlsnd, editor. france - paris2015. p. 129.
50. Gambini DJ, Granier R. Manuel pratique de radioprotection 2007.

51. Cordoliani Y-S, Foehrenbach H. 8 - Effets pathologiques des rayonnements ionisants : effets stochastiques. In: Cordoliani Y-S, Foehrenbach H, editors. Radioprotection en milieu médical (Troisième Édition). Paris: Elsevier Masson; 2014. p. 99-112.
52. Scarfe WC. Radiation risk in low-dose maxillofacial radiography. Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology. 2012;114(3):277-80.
53. Matsuzaki Y, Mabuchi Y, Okano H. Leptin receptor makes its mark on MSCs. Cell Stem Cell. 2014;15(2):112-4.
54. Janssens A, Mossman K, Morgan M. Radiological Protection Science and Application. In: development neaofeca, editor. Radiological Protection. France2016. p. 117.
55. Cordoliani Y-S, Foehrenbach H. 12 - Radioprotection des patients : niveaux de référence, guide des procédures et des indications des examens d'imagerie. In: Foehrenbach Y-SC, editor. Radioprotection en milieu médical (3e édition). Paris: Elsevier Masson; 2014. p. 157-70.
56. Présentation des principales dispositions réglementaires de radioprotection applicables en radiologie médicale et dentaire.: Hearing before the autorité de sureté nucléaire (2012).
57. Jimonet C, Métivier H. Radioprotection pratique dans le secteur médical : pour les sources scellées et non scellées paris - France 2016. 389 p.
58. Métivier H. Radioprotection et ingénierie nucléaire: EDP Sciences; 2012.
59. Cordoliani Y-S, Foehrenbach H. Radioprotection en milieu médical 3e édition ed. Paris: Elsevier Masson; 2014. 227 p.
60. Le-Guen B, Cordier G, Cabanes P. Rdioprotection EMC - Elsevier Masson. 2014;Pathologie Professionnelle (16-700-A-10):13.
61. Perez A, devic C, Colin C, Foray N. les faibles doses de radiation: vers une nouvelle lecture de l'évaluation du risque? Bulletin du Cancer. 2015;102(06):13.
62. Fleutot JB. Les effets des rayonnements ionisants sur la santé In: défense snd, editor. 2010. p. 129.
63. Où en est la recherche sur les faibles doses ? In: IRSN, editor. 2nd international workshop; paris: MELODI; 2010. p. 26.
64. Cordoliani Y-S, Foehrenbach H. 7 - Grossesse et exposition médicale. In: Cordoliani Y-S, Foehrenbach H, editors. Radioprotection en milieu médical (Troisième Édition). Paris: Elsevier Masson; 2014. p. 85-97.
65. Mortazavi SMJ, Shirazi KR, Mortazavi G. The study of the effects of ionizing and non-ionizing radiations on birth weight of newborns to exposed mothers. Journal of natural science, biology, and medicine. 2013;4(1):213-7.
66. Cavézian R, Pasquet G. L'imagerie médicale en odontologie. france2005. 184 p.
67. Cavézian R, Pasquet G, Bel G, Baller G. Imagerie dento-maxillaire :approche radio-clinique 3ème édition france 2006.
68. Antonakos I, Thrapsanioti Z, Ioannidou S, Efstathopoulos E. Comparative study of image quality and entrance surface dose in two radiographic units: Flat panel detector versus computed radiography system. Physica Medica: European Journal of Medical Physics. 2014;30:e77.
69. Wood RE, Kogon SL. Dental radiology considerations in DVI incidents: A review. Forensic Sci Int. 2010;201(1-3):27-32.
70. Bonnet E, Pailhes D, Fortin T, Jourlin M, Coudert J. Sémiologie radiologique. EMC - Elsevier Masson. 2001;semiologie radiologique(23-722-A-10).
71. Martin JE, Chuan-Dong W. Physics for Radiation Protection—A Handbook 2nd edition2006. 4773 p.
72. Konishi M, Lindh C, Dr O, Nilsson M, Tanimoto K, Rohlin M, et al. Important technical parameters are not presented in reports of intraoral digital radiography in endodontic treatment: recommendations for future studies. Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology. 2012;114(2):251-8.e6.
73. Baechler S, Monnin P, Aroua A, Valley J-F, Perrier M, Verdun F-R. Situation actuelle de l'irradiation du patient en radiologie dentaire. Radioprotection. 2006;41(3):333-44.
74. Ducou-le pointe H, Bouetté A. Optimisation de la radioprotection en imagerie pédiatrique. In: parisien HuE, editor. Journée de la Société Francaise de Radioprotection paris: APHP; 2011. p. 16.
75. Belinato W, Souza DN. Influence of physical parameters on radiation protection and image quality in intra-oral radiology. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. 2011;652(1):794-7.

76. Foulquier J. Éléments technologiques permettant de réduire la dose en radiologie conventionnelle et numérique. *Journal de Radiologie*. 2010;91(11, Part 2):1225-30.
77. Khounsary A, Dufresne E, Kewish CM, Qian J, Assoufid L, Conley R. Fabrication and evaluation of variable focus X-ray lenses. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*. 2007;582(1):117-9.
78. Han YY, Berkowitz O, Talbott E, Kondziolka D, Donovan M, Lunsford LD. Are frequent dental x-ray examinations associated with increased risk of vestibular schwannoma? *Journal of neurosurgery*. 2012;117 Suppl:78-83.
79. Schueler BA, Balter S, Miller DL. Radiation Protection Tools in Interventional Radiology. *Journal of the American College of Radiology*. 2012;9(11):844-5.
80. Ekpo EU, Hoban AC, McEntee MF. Optimisation of direct digital chest radiography using Cu filtration. *Radiography*. 2014;20(4):346-50.
81. Pasler FA, Visser H, Bourjat P. Atlas de poche de radiologie dentaire: Flammarion médecine-sciences; 2006.
82. Pasler F. *Radiology (Color Atlas of Dental Medicine)*. thieme, editor: thieme medical; 1993. 276 p.
83. Présentation des principales dispositions réglementaires de radioprotection applicable en radiologie médicale et dentaire. In: nucléaire ads, editor. france2012. p. 57.
84. Hauret L, Bar D, Marion P, Gräf C, Dupouy F, Péjac M, et al. Imagerie dento-maxillo-faciale Radiologie conventionnelle analogique et numérique Échographie. EMC - Elsevier Masson. 2006;Stomatologie(22-010-D-20):12.
85. Chouiter ME. La radiologie en médecine dentaire. Algerie: ANEP - algerie; 2002. 229 p.
86. Cordoliani YS. Explorations radiologiques en odontostomatologie Dosimétrie et estimation du risque. EMC - Elsevier Masson. 2005;stomatologie (1769-6844):11.
87. Jones P, Smeesters P, Wambersie A. [Radiology and radioprotection in dental medicine. 2: Regulations and practical recommendations]. *Revue belge de medecine dentaire*. 1991;46(1):31-52.
88. . nucléaire. CCcds, editor. canada 2013.
89. Winicki S, Simon S. Radioprotection dans les établissements de Santé: Aspects Techniques et Réglementaires. ITBM-RBM News. 2005;26(5):25-38.
90. Cordoliani YS. mesure de la dose délivrée au patient en radiologie. Principes et dispositions réglementaires. EMC - Elsevier Masson. 2007;Radiodiagnostic.(35-092-A-10):11.
91. Barish R. Radiation Protection and Dosimetry: An Introduction to Health Physics. *International Journal of Radiation Oncology*Biophysics*. 2010;76(1):313.
92. Blanpain B. Vers un calcul en temps réel de la dose dans un fantôme segmenté en mailles homogènes. toulouse: université de Toulouse; 2010.
93. Manning D. Editorial: Radiation dose and image quality. *Radiography*. 2014;20(4):291-2.
94. Talbot A, Rehel JL, Foucart JM, Aubert B. Evaluations dosimetriques des procedures radiologiques en odontostomatologie. *Journal de Radiologie*. 2005;86(10):1255.
95. Bahreyni Toossi MT, Akbari F, Bayani Roodi S. Radiation exposure to critical organs in panoramic dental examination. *Acta medica Iranica*. 2012;50(12):809-13.
96. Rehel J. obligation du radiologue pour la radioprotection EMC - Elsevier Masson. 2011;Radiologie et imagerie (35-093-B-10):7.
97. Aubert B, BEAUVAIS-MARCH H, BOURGUIGNON M, CAVEZIAN R, David P. Guide des indications et des procédures des examens radiologiques en odontostomatologie. In: HAS HAdls, Radioprotection. DGdSNe, Nucléaire lldRedS, editors. Recommandations pour les professionnels de santé. france2006. p. 109.
98. Sheikh S, Bhoweer AK, Arya S, Arora G. Evaluation of surface radiation dose to the thyroid gland and the gonads during routine full-mouth intraoral periapical and maxillary occlusal radiography. *Contemp Clin Dent*. 2010;1(2):83-7.
99. Modalités du contrôle de radioprotection. *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement*. 2006;67(1):93-104.
100. Antoni R, Bourgois L. Physique appliquée à l'exposition externe: Dosimétrie et radioprotection. Antoni R, Bourgois L, editors. Paris: Springer Paris; 2013 2013. 480 p.
101. Valiyaparambil J, Mallya S. Characterization of an optically stimulated dosimeter for dentomaxillofacial dosimetry. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. 2011;112(6):793-7.

102. Les rayons X. In: Rouen CHd, editor. espace régional de formation des professions de santé. FRANCE. p. 68.
103. Scarfe WC. Oral and maxillofacial radiology as a dental specialty: the first decade. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2010;110(4):405-8.
104. Brullmann D, Kempkes B, d'Hoedt B, Schulze R. Contrast curves of five different intraoral X-ray sensors: a technical note. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology*. 2013;115(6):e55-61.
105. Arora P, Devi P, Wazir SS. Evaluation of genotoxicity in patients subjected to panoramic radiography by micronucleus assay on epithelial cells of the oral mucosa. *J Dent (Tehran)*. 2014;11(1):47-55.
106. Spring R, Sheehy M, Carty T. Timely and cost effective determination of dose-width product for panoramic x-ray systems. *Physica Medica*. 2013;29(5):574.
107. Boyer B, Cordoliani Y-S. scanner et irradiation. EMC - Elsevier Masson. 2010;radiologie et imagerie médicale(35-095-A-10):10.
108. Choi J-W, Lee S-S, Choi S-C, Heo M-S, Huh K-H, Yi W-J, et al. Relationship between physical factors and subjective image quality of cone-beam computed tomography images according to diagnostic task. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology*. 2015;119(3):357-65.
109. de Rezende Barbosa GL, Ramirez-Sotelo LR, Tavora Dde M, de Almeida SM. Vertical measurements for planning palatal mini-implants in lateral radiography and cone beam computed tomography. *Implant dentistry*. 2014;23(5):588-92.
110. M EB. Risque professionnels et santé des médecins. Paris Masson; 2002. 174 p.
111. Godard O, Lochard J. L'histoire de la radioprotection, un antécédent du principe de précaution. Ecole polytechnique centre national de la recherche scientifique 2005;Cahier n° 2005(019):17.
112. Dawson P, Punwani S. The thyroid dose burden in medical imaging A re-examination. *Eur J Radiol*. 2009;69(1):74-9.
113. Pégorié A, Amabile JC, Dondey M, Boddaert G, De Carbonnières A, Bauss A, et al. Chirurgie endovasculaire : évaluation de l'exposition radiologique et proposition d'axes d'amélioration. *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement*. 2018;79(1):34-45.
114. Sansare K, Khanna V, Karjodkar F. Early victims of X-rays: a tribute and current perception. *Dento maxillo facial radiology*. 2011;40(2):123-5.
115. Roth J. Ecrans de protection lors de radiographies dentaires. *Revue Mensuelle Suisse Odonto-stomatologie*. 2006;116(11):3.
116. Finger PT, Chin KJ, Yu GP, Patel NS, Palladium-103 for Choroidal Melanoma Study G. Risk factors for cataract after palladium-103 ophthalmic plaque radiation therapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2011;80(3):800-6.
117. Rodgers C. Are dental X-rays causing Alzheimer's? Ten reasons to take a closer look. *Alzheimer's & Dementia*. 2012;8(2):e1.
118. Cordoliani YS. exploration radiologique en odontostomatologie.dosimétrie et estimation du risque 2008;medecine buccale (28-905-B-10):10.
119. Bourguignon M, Fleutot J. Risques sanitaires liés aux irradiations et principes de la radioprotection EMC - Elsevier Masson. 2008;traité de médecine Akos (7-1032):9.
120. CHALLETON-DE VATHAIRE C, BOISSON P, DUBUQUOY E, BOURGUIGNON M, VALERO M, Biau A. Incidents de radioprotection signalés à l'ex-OPRI en 1998 et 1999. *Radioprotection*. 2004;39(3):14.
121. Cordoliani YS. Les enjeux de la radioprotection en imagerie médicale: The issues of radiation protection in medical imaging. *Journal de Radiologie*. 2010;91(11, Part 2):1184-5.
122. Voigt A. [Contribution to radioprotection problems for the operation of dental x-ray units]. *Radiologia diagnostica*. 1974;15(5):683-5.
123. Cordoliani Y-S, Foehrenbach H. 14 - Organisation de la radioprotection dans un service d'imagerie médicale. In: Foehrenbach Y-SC, editor. *Radioprotection en milieu médical (3e édition)*. Paris: Elsevier Masson; 2014. p. 187-204.
124. Canales JM. radioprotection en santé au travail. In: nucléaire idreds, editor. france 2012. p. 68.
125. Rayonnements et Sources Radioactives. In: Atomique CAIE, d'Alger CdRN, editors. algeria 2006. p. 8.
126. Castagnet X, Amabile JC, Cazoulat A, Bohand S, Laroche P. Radioprotection du personnel au bloc opératoire. *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement*. 2009;70(4):373-84.
127. Lebouabi S, Hadeff F. Guide des maladie professionnelles en Algérie In: Rouiba-Alger sudmdt-DEA-Ed, editor. 2015.

128. CALVO V, AMMERICH M. Approche générale d'une étude de poste de travail en radiologie conventionnelle. In: CIRKUS R, editor. document technique. france2008. p. 20.
129. Rocher P, Moutarde A, Protas A, Sevalle M. Grille technique d'évaluation des règles de radioprotection en cabinets dentaires. Francaise AD, editor. paris. 2014.
130. Aubert B, Etard C, Rehel JL. Radioprotection des patients et du personnel. EMC - Elsevier Masson. 2014;Radiologie et imagerie médicale (35-092-B-10):12.
131. Le Heron J, Padovani R, Smith I, Czarwinski R. Radiation protection of medical staff. Eur J Radiol. 2010;76(1):20-3.
132. Radiation protection 136 : European guidelines on radiation protection in dental radiology : the safe use of radiographs in dental practice. In: European Commission. Directorate-General for Energy and Tra. Directorate H NSaS, editor. 2004. p. 120.
133. Scarfe WC. New dental radiology procedure codes in perspective. Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology. 2013;115(4):423-5.
134. Sethi S, Friedland S, Banerjee S. Su1615 U.S. Survey Assessing Current ERCP-Related Radiation Protection Practices. Gastrointestinal Endoscopy. 2015;81(5, Supplement):AB352.
135. Als C. Le musée sculptural imaginaire 2010 de médecine nucléaire. Conférence de synthèse du colloque annuel de la Société française de médecine nucléaire à Nice, le 11 mai 2010. Médecine Nucléaire. 2010;34:e43-e57.
136. Roch P. Radioprotection des patients : Guides des examens et des procédures Niveaux de référence diagnostiques. In: nucléaire idreds, editor. Module national d'enseignement de radioprotection du DES de Radiologie. paris2012. p. 53.
137. Malavaud S, Joffre F, Auriol J, Darres S. Hygiene recommendations for interventional radiology. Diagn Interv Imaging. 2012;93(11):813-22.
138. Gagna G, Gauron C. optimisation de la radioprotection dans les domaines electronucleaire, industriel et médical. . documents pour le medecin de travail 2010;124:8.
139. Okano T, Sur J. Radiation dose and protection in dentistry. Japanese Dental Science Review. 2010;46(2):112-21.
140. Kiffel T. La radioprotection des patients, évolutions réglementaires après la publication de la directive 2013-59Euratom. Médecine Nucléaire. 2015;39(3):297-9.
141. Ratnapalan S, Bentur Y, Koren G. "Doctor, will that x-ray harm my unborn child?". CMAJ : Canadian Medical Association journal = journal de l'Association medicale canadienne. 2008;179(12):1293-6.
142. Brisse H, Lemoine T, Gaboriaud G, Neuenschwander S. Radioprotection chez l'enfant : comment optimiser les doses en tomodensitometrie. Journal de Radiologie. 2004;85(9):1248.
143. Guide de radioprotection. In: CNRS, editor. Les cahiers de prévention. france2007. p. 82.
144. guide de radioprotection. In: Chicoutimi udqa, editor. 2012. p. 82.
145. Le Denmat D. controle qualité en radiologie. information dentaire 2011.
146. Rocher P. Les points importants de la radioprotection en cabinet dentaire. LE FIL DENTAIRE. 2013;80:5.
147. Aubert B. Organisation de la radioprotection en France. Journal de Radiologie. 2010;91(11, Part 2):1201-6.
148. bizet A. Les responsabilités de la personne compétente en radioprotection. Radioprotection. 2008;43(4):18.
149. Pasquier J-L, Vidal J-P. La personne compétente en radioprotection : Une conception originale de la prévention. radioprotection. 1998;33(03):9.
150. Mondé AA, Kouamé-Koutouan A, Tiahou GG, Camara CM, Yapo AA, Djessou SP, et al. Profil lipidoprotéinique, isotopique et risque athérogène dans la drépanocytose en Côte d'Ivoire. Médecine Nucléaire. 2010;34:e17-e21.
151. Diaz S, Rocher P. Radioprotection Les cinq commandements du chirurgien dentiste. Lettre de l'Ordre National des Chirurgiens Dentistes. 2009;75(fevrier - mars):5.
152. Gauron C. Médecine et rayonnements ionisants : fiche d'aide à l'analyse des risques en radiologie dentaire endobuccale. Documents pour le medecin de travail. 2009;123(1):7.
153. Edwards PC. "Expanding" the scope of practice of dental medicine for tomorrow's dental graduate: a unique role for our combined specialties. Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology. 2014;118(2):143-5.
154. Binnal A, Rajesh G, Denny C, Ahmed J, Nayak V. Insights into the state of radiation protection among a subpopulation of Indian dental practitioners. Imaging science in dentistry. 2013;43(4):253-9.

155. Gervaise A, Esperabe-Vignau F, Pernin M, Naulet P, Portron Y, Lapierre-Combes M. Évaluation des connaissances des prescripteurs de scanner en matière de radioprotection des patients. *Journal de Radiologie*. 2011;92(7-8):681-7.
156. Kouamé N, N'goan-Domoua AM, N'gbesso RD, Kéita AK. Performance et vulgarisation de l'écho-Doppler par couplage sus-pubien et endovaginal dans le diagnostic précoce des grossesses extra-utérines en Côte d'Ivoire. *Médecine Nucléaire*. 2010;34:e13-e6.
157. Bosanquet DC, Green G, Bosanquet AJ, Galland RB, Gower-Thomas K, Lewis MH. Doctors' knowledge of radiation -- a two-centre study and historical comparison. *Clin Radiol*. 2011;66(8):748-51.
158. Rezoug A, Belmabrouk F, souabi A, Serradj S. The radioprotection in the dental surgery: Evaluation of the means of prévention and supervision in the city of Oran-Algéria. *AEEDC Dubai* 2013. p. 1.
159. Radiation protection guidelines issued. *British dental journal*. 2004;196:445.
160. Rocher P. Rapport de conformité des générateurs de rayons X. *La lettre* 2014:3.
161. Aubert B, Biau A, Talbot A, Vidal JP. Médecine et rayonnements ionisants: fiche d'aide à l'analyse des risques en radiologie dentaire endobuccale et textes applicables. Département Études et assistance médicales, INRS. 2009:7.
162. Aubert B, Biau A, Rehel JL. Médecine et rayonnements ionisants: fiche d'aide à l'analyse des risques en radiologie dentaire exobuccale. Département Études et assistance médicales, INRS. 2009; Documents pour le Médecin du Travail N° 119 3e trimestre 2009:7.
163. American Academy of O, Maxillofacial R. Clinical recommendations regarding use of cone beam computed tomography in orthodontics. [corrected]. Position statement by the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology*. 2013;116(2):238-57.
164. Gillet-Guoinard F, Monar C. *La Boîte à outils en Santé-Sécurité-Environnement*. 3 ed. paris Dunod; 2010.

GLOSSAIRE

Anode : électrode positive dans un générateur électrique.

Atténuation : perte d'énergie, d'un rayonnement ionisant traversant un milieu, liée aux phénomènes d'absorption et de fusion.

Cathode : électrode négative dans un générateur électrique.

Cliché panoramique : zonographie (tomographie en coupe épaisse) courbe visualisant l'ensemble des arcades dentaires, les maxillaires, la mandibule et les articulations temporo-mandibulaires.

Cliché rétro-alvéolaire : technique radiographique permettant la visualisation des organes dentaires et des tissus parodontaux périphériques.

Cliché rétro-coronaire : (bite-wing, « film à ailettes mordues ») technique radiographique permettant la visualisation simultanée des couronnes dentaires antagonistes et des crêtes alvéolaires. Les clichés rétro-coronaires peuvent être réalisés avec le film en position horizontale mais également en position verticale.

Collimateur : c'est un appareil d'optique permettant d'obtenir un faisceau de rayons lumineux parallèles.

Collision : choc, phénomène d'interaction plus ou moins violente entre des particules qui se rapprochent l'une de l'autre à une distance de l'ordre de leur dimension.

Dose absorbée : quantité d'énergie absorbée par unité de masse de matière irradiée (unité : Gy = 1J/Kg).

Dose à l'entrée : dose absorbée dans l'air, rayonnement diffusé inclus, mesurée au niveau du point d'entrée de l'axe du faisceau de rayons X (unité : gray [Gy]).

Dose efficace : somme des doses équivalentes aux organes pondérés par un coefficient proportionnel à la sensibilité des tissus (facteur de pondération tissulaire). Elle permet d'évaluer les risques d'effets stochastiques (aléatoires).

Dose équivalente : produit de la dose absorbée par le facteur de pondération radiologique propre à chaque rayonnement (unité : Sievert [Sv] : pour les rayons X, 1 Gy = 1 Sv).

Dose maximale admissible (DMA) : dose limite, fixée par voie réglementaire, qu'une personne du public ou d'un travailleur est susceptible de recevoir (unité : sievert [Sv]).

Dosimètre photographique : dispositif passif de mesure de la dose absorbée par analyse de la densité optique d'un film dosimétrique.

Effet déterministe : effet déclenché par la mort d'un grand nombre de cellules exposées à un rayonnement ionisant. Effet apparaissant obligatoirement à partir d'un certain seuil.

Effet stochastique : effet aléatoire produit par un rayonnement ionisant (cancérogenèse ou effets héréditaires). Effet ne présentant pas de seuil.

Émulsion : préparation sensible à la lumière qui couvre les films et les papiers photographiques.

Équivalent plomb : épaisseur de plomb apportant la même protection que le matériau analysé (unité : millimètre).

Exposition : action d'exposer à un rayonnement ionisant. Il existe une relation directe entre les paramètres d'exposition (tension, intensité, temps) et la dose délivrée au patient.

Facteur de pondération tissulaire : facteur permettant de rapporter la probabilité d'effets stochastiques au niveau d'un organe à la probabilité totale d'effets stochastiques au niveau de l'organisme entier.

Faisceau polychromatique : c'est un faisceau composé de plusieurs couleurs.

Filament : dans un appareil électrique, c'est un fil conducteur rendu incandescent par le passage du courant.

Filtration : système d'élimination des rayons X de basse énergie, dits mous (<30 kV), fortement irradiants.

Image latente : se dit de l'image photographique d'un film impressionné mais non développé.

Imagerie sectionnelle : imagerie utilisant des techniques telles que la tomodensitométrie (scanner à rayon X), la tomographie spiralée, la reconstitution tomographique par faisceau

conique (« cone beam ») ou l'imagerie par résonance magnétique (IRM). Ces techniques présentent l'avantage de fournir des coupes fines de la région explorée sans superposition des structures anatomiques situées de part et d'autre.

Inactinique : se dit de la lumière, qui n'a pas d'action chimique à laquelle le film radiographique est sensible, ainsi le médecin dentiste peut travailler en voyant correctement dans la chambre noire.

Ionisation : transformation d'atome de molécules neutres en ions.

Irradiation : action d'un rayonnement ionisant sur la matière. En radioprotection, elle se caractérise par les doses absorbée, équivalente, effective, $\dot{\phi}$ l'entrée...

Justification : premier principe fondamental de radioprotection qui précise qu'une exposition aux rayonnements ionisants doit présenter un avantage médical direct suffisant au regard du risque encouru.

Maintenance : ensemble des activités destinées à maintenir ou à rétablir un dispositif médical dans un état ou dans des conditions données de sûreté de fonctionnement.

Négatoscope : écran lumineux, servant à examiner par transparence des négatifs radiographiques.

Numéro atomique : numéro d'un élément dans la classification périodique, il est égal au nombre de ses électrons tournant au tour du noyau, il différencie par conséquent les éléments des uns des autres.

Optimisation : second principe fondamental de radioprotection qui précise qu'une exposition justifiée doit permettre d'obtenir le meilleur résultat pour la moindre dose. L'optimisation impose l'application d l'assurance qualité.

Optoélectronique : partie de l'électronique traitant des dispositifs sensibles à l'action de la lumière ou produisant de la lumière.

Pénombre : état d'une surface incomplètement éclairée par un corps lumineux dont un corps opaque intercepte en partie les rayons.

Produit dose x surface (PDS) : produit de la dose moyenne absorbée dans l'air en l'absence de milieu rétrodiffusant, dans la section du faisceau de rayons X par la surface de cette section (unité : $\text{Gy} \times \text{cm}^2$).

Radioactivité : processus par lequel un noyau émet un rayonnement, particulaire ou électromagnétique afin de retrouver une configuration plus stable (unité : becquerel [Bq]).

Radioprotection : ensemble des mesures destinées à protéger l'homme contre les rayonnements ionisants tout en lui permettant de les utiliser.

Radon : élément gazeux radioactifs.

Rayonnement cathodique : faisceau d'électrons émis par la cathode d'un tube à vide parcouru par un courant.

Rayonnement cosmique : c'est un rayonnement complexe de grande énergie, en provenance de l'espace qui en traversant l'atmosphère produit une ionisation de l'air par suite de l'arrachement d'électrons aux atomes.

Rayonnement diffusé : rayonnements émis lors de l'interaction du faisceau primaire de rayon X avec la matière. Sa direction est aléatoire.

Rayonnement ionisant : flux de particules ou rayonnement électromagnétique présentant une énergie suffisante pour provoquer l'ionisation d'une molécule.

Scanner à rayons X : système numérique de radiodiagnostic analysant les coefficients d'atténuation obtenus au niveau des tissus, explorés selon un plan de coupe déterminé.

Tomodensitométrie : voir « scanner à rayons X ».

Zone contrôlée : zone dans laquelle les travailleurs sont susceptibles de recevoir, dans les conditions normales de travail, une dose efficace globale supérieure à 6 mSv pendant 12 mois consécutifs et, dans tous les cas, inférieure à 20 mSv.

Zone surveillée : zone dans laquelle les travailleurs sont susceptibles de recevoir, dans les conditions normales de travail, une dose efficace globale supérieure à 1 mSv et inférieure à 6 mSv pendant 12 mois consécutifs.

ANNEXES

Annexe 1

Tableau 79 : Les risques héréditaires spontanés et radio-induits (UNSCEAR 2001) .

Risque pour 10 ⁶ naissances vivantes						
Maladie	Anomalie génétique	Spontanées	Radio-induites par Gy ⁽¹⁾			
			Exposition génération Après génération		Exposition d'une seule génération	
			1 ^{re} Génération	2 ^e Génération	1 ^{re} Génération	2 ^e Génération
Mendélienne	Dominante Autosomique	16 500 (1,65 %)	750 à 1 500	1 300 à 2 500	750 à 1 500	500 à 1 000
	et liée au sexe Récessive	7 500 (0,75 %)	0	0	0	0
Chromosomique		4 000 (0,40 %)	(2)	(2)	(2)	(2)
	Chronique	650 000 (65 %)	250 à 1 200	250 à 1 200	250 à 1 200	250 à 1 200
Multifactorielle	Congénitale	60000 (0,60 %)	2 000	2 400 à 3 000	2 000	400 à 1 000
Total			3 000 à 4 700	3 950 à 6 700	3 000 à 4 700	1 150 à 3 200
Total par Gy en pourcentage du nombre			0,41	0,53	0,41	0,16
Des anomalies spontanées			à 0,64	à 0,91	à 0,64	à 0,43

Annexe 2

Tableau 80 : La protection des pièces adjacentes aux salles de radiographie.

Locaux	N° De code	Surveillance	Appareil de radiographie		
			Retro-alvéolaire Toutes parois	Panoramique/ Téléradiographie Plafond/ plancher	Panoramique/ Téléradiographie Parois latérales
Déshabillloirs et sas	I	Exclusivement par l'utilisateur responsable	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm
Salles de travail et de séjour du personnel classé catégorie A	II		0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm
Corridors, dégagement, escaliers, ascenseur, cours, jardins et tous lieux analogues (occupation transitoire)	III		0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm
Salle de travail et de séjour du personnel non classé catégorie A Chambres d'hospitalisation, salles d'attente	IV		0,5 mm	0,5 mm	1 mm
Lieux de passage sans stationnement de personnes (voies publiques, etc.)	V	Non Exclusivement par l'utilisateur responsable	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm
Lieux inaccessibles pendant l'irradiation	VII		0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm
Tous les autres lieux	VI		0,5 mm	0,5 mm	1,5 mm

Annexe 3

Tableau 81 : Protocole des opérations de maintenance.

Dispositif	Opération			
	Objectifs	Méthode	Fréquence	Personne habilitées
Tube radiogène	Eviter les artefacts provoqués par des éléments radio-opaques sur le tube	Chiffon, solution antiseptique	Journalière	Praticien manipulateur
Ecran renforceur	Eviter les artefacts provoqués par des poussières	Chiffon, solution anti septique puis produit préconisé par le fabricant ou, à défaut, eau légèrement savonneuse	Mensuelle	Praticien manipulateur Assistante dentaire
Bains de développement	Optimiser la procédure de développement	Changement des bains et respect des concentrations	Toutes les 3 semaines (même en l'absence d'utilisation)	
Machine à développer		Brosse Chiffon eau légèrement savonneuse	Selon spécification du fabricant	
Négatoscope	Optimiser les conditions de lecture	Chiffon, eau savonneuse ou alcool dilué Nettoyages des faces externes et internes de l'écran	Mensuelle (au minimum)	Praticien manipulateur Assistante dentaire Femme de ménage
Ecran informatique		Chiffon, produit préconisé par le fabricant ou, à défaut, eau légèrement savonneuse.	Mensuelle (au minimum)	Praticien manipulateur Assistante dentaire Femme de ménage

Annexe 4

Tableau 82 : Protocole des opérations de contrôle de qualité interne .

Dispositif	Opération			
	Objectif	Méthode	Fréquence	Personne habilitées
Tube radiogène				
Etat apparente	Prévention des dégradations stabilité du bras	Inspection visuelle, inspection manuelle	semestrielle	Praticien manipulateur
Centrage (téléradiographie)	Eviter les dédoublements anatomiques	Contrôle de l'alignement des olives auriculaires		
Temps de rotation	Vérifier la stabilité mécanique	Chronomètre		
Films				
Température de stockage	10-21 °C Si T<10°C : Condensation Si T>21°C : voile radiologique	Thermomètre	Semestrielle	Praticien manipulateur Assistante dentaire
Hydrométrie de stockage	30-50 % Si H<30% : Collage des films Si H >50% : voile radiologique	Hygromètre		
Dates de péremption	Prévention de la dégradation des images	Visuelle		
Cassettes				
Planéité	Vérifier le contact film /écran (prévention de la distorsion des images	Grille à trame millimétrique dont l'image est homogène	Semestrielle	Praticien manipulateur
Etanchéité a la lumière	Prévention du voile radiologique	Exposition de la cassette à la lumière pendant plusieurs minutes		
Intégrité des écrans renforceurs	Eviter les artefacts provoqués par les rayures	Identification des artéfacts récurrents après nettoyage des écrans		
Chambre noir				

Etanchéité aux rayons lumineux et ionisants	Prévention du voile radiologique	Pièce de monnaie posées sur un film en l'absence de lumière inactinique pendant plusieurs minutes	Annuelle	Praticien manipulateur Assistante dentaire Assistante dentaire
Vérification de la lampe inactinique	Prévention du voile radiologique	Pièce de monnaie posées sur un film en présence de lumière inactinique pendant plusieurs minutes		
Développement manuel (température des bains)	Vérifier les bains par rapport aux spécifications	Thermomètre (écran admissible : ±0,5°C)	Journalière (influence sur le temps de développement)	
Machines à développer				
Température des bains	Vérifier les bains par rapport aux spécifications	Thermomètre (écran admissible : ±0,5°C)	Semestrielle	Praticien manipulateur
Temps de développement	Vérifier le processus par rapport à l'état de référence	Thermomètre (écran admissible : ±10 %)		
Contrôle globale	Prévenir l'altération des films	Développement d'un film vierge : homogénéité du film (pas de rayures)		
Négatoscope				
Contrôle des tubes	Homogénéité de la plaque lumineuse	Absence de scintillement et de tremblement (négatoscope ouvert)	Semestrielle	Praticien manipulateur
Intégrité des caches	Eviter l'éblouissement	Inspection visuelle		
Emplacement	Eviter les lumières parasites	Positionner le négatoscope dans la pénombre		
Capteurs numériques	Eviter les artefacts provoqués par des altérations des capteurs numériques	Identification des artefacts récurrents		
Ecran informatique	Prévenir les erreurs de lectures	Mire informatique (réglage du contraste et de la luminosité)		

Annexe 5a

Tableau 83 : Optimisation des clichés rétro-alvéolaires.

Indication	Analyse des organes dentaires et des tissus parodontaux périphériques
Visualisation	Couronnes et racines des dents analysées Os alvéolaire (visibilité du périapex)
Critères de qualité du cliché	Pas de déformation de l'image des organes dentaires (élongation, pliure...) Densité et contraste du cliché permettant de distinguer la jonction amélodentinaire Pas de trace d'altération du récepteur (film plié, empreintes des rouleaux de la machine à développer, capteurs numériques altérés...) Respect du processus de développement des films (révélation, fixation, lavages)
Position du patient	Assise
Description de la procédure	Technique des plans parallèles si possible* Utilisation d'un angulateur De 8 à 17 films pour un bilan (selon l'âge dentaire) Parfois 2 ^e incidence décentrée de 200 environ (analyse de l'endodonte des dents pluriradiculées des 3 ^{es} molaires incluses ...)
Paramètres techniques	De 60 à 70 kV au minimum (90 kV en TIB) Générateur haute fréquence ou à tension stabilisée De 5 à 15 mA environ Filtration ~ 2,5 mm équivalent aluminium Diaphragme rectangulaire si possible Distance foyer-sujet : 20 cm au minimum (40 cm en TIB) Temps de pose : selon couple tube-récepteur (< 1 s) Contrôle préprogrammé de l'exposition Film de groupe ISO E ou F/capteur numérique
Protection	Collier thyroïdien Tablier plombé particulièrement chez l'enfant
Niveaux de référence diagnostiques	Dose à l'entrée : 4 mGy selon les recommandations européennes** diagnostiques

* La technique de la bissectrice doit parfois être utilisée : les valeurs théoriques d'angulation moyenne du tube sont, respectivement pour les incisives les canines les prémolaires et les molaires de + 40° + 45° + 30° et + 20° au maxillaire et de - 15° - 20°, 10° et - 5° à la mandibule.

** Ces valeurs, issues des publications, sont données à titre indicatif : les niveaux de référence diagnostiques sont en cours d'évaluation.

Annexe 5b -

Tableau 84 : Optimisation des clichés rétrocoronaires.

Indication	Détection des pertes amélo-dentinaires occlusales, proximales et évaluation de l'intégrité du sommet des crêtes alvéolaires
Visualisation	Couronnes dentaires maxillo mandibulaires et plus particulièrement, des faces proximales, depuis la face distale de la canine jusqu'à la face mésiale de la 3e molaire Sommet des crêtes alvéolaires (ou plus si le film est utilisé en position verticale)
Critères de qualité du cliché	Pas de déformation de l'image des couronnes dentaires (élongation, pliure) Pas de superposition des faces proximales (les conditions anatomiques nécessitent parfois la réalisation d'un cliché complémentaire : rétrocoronaire ou retroalvéolaire) Densité et contraste du cliché permettant de distinguer la jonction amélo-dentinaire Pas de trace d'altération du récepteur (film plié, empreintes des rouleaux de la machine à développer, capteurs numériques altérés) Respect du processus de développement des films (révélation, fixation, lavages...)
Position du patient	Assise
Description de la procédure	Utilisation d'un angulateur De 2 à 4 films pour un bilan (selon l'âge dentaire)
Paramètres techniques	De 60 à 70 kV au minimum (90 kV en TIB) Générateur haute fréquence ou à tension stabilisée De 5 à 15 mA environ
	Filtration $\geq 2,5$ mm équivalent aluminium Diaphragme rectangulaire si possible Distance foyer-sujet : 20 cm au minimum (40 cm en TIB) Temps de pose : selon couple tube-récepteur (< 15) Contrôle préprogrammé de l'exposition Film de groupe ISO E ou F/capteur numérique
Protection	Collier thyroïdien Tablier plombé particulièrement chez l'enfant
Niveaux de référence diagnostiques	Dose à l'entrée : 4 mGy selon les recommandations européennes

* Les niveaux de référence diagnostiques sont en cours d'évaluation.

Annexe 5c

Tableau 85 : Optimisation des clichés occlusaux.

Indication	Analyse vestibulo-linguale des organes dentaires et des tissus parodontaux périphériques Localisation vestibulo Unguate des organes dentaires surnuméraires Analyse des groupes incisivo-canins chez l'enfant
Visualisation	Couronnes et racines des dents analysées et des éléments périphériques
Critères de qualité du cliché	Pas de déformation de l'image des organes dentaires (pliure...) Densité et contraste du cliché permettant de distinguer la jonction amélo-dentinaire Pas de trace d'altération du récepteur (film plié, empreintes des rouleaux de la machine à développer, capteurs numériques altérés...) Respect du processus de développement des films (révélation, fixation, lavages...)
Position du patient	Assise pour le maxillaire Assise, la tête en hyperextension pour la mandibule
Description de la procédure	Technique des plans bissecteurs pour les groupes incisivo canins (angulation théorique moyenne de + 45° au maxillaire et de - 55° a la mandibule) Technique maxillaire selon les indications de + 65 a + 1300 (cliche dento axial) Technique mandibulaire, le plus souvent orthogonale (900)
Paramètres techniques	De 70-90 kV Générateur haute fréquence ou à tension stabilisée
	De 5 à 15 mA environ Filtration ~2,5 mm équivalent aluminium Distance foyer-sujet : 20 cm au minimum Temps de pose : selon couple tube-récepteur (< 1 s) Film de groupe ISO E ou F
Protection	Collier thyroïdien Tablier plombé particulièrement chez la femme enceinte et l'enfant
Niveaux de références diagnostiques	Aucun niveau disponible

Annexe 5d

Tableau 86 : Optimisation des clichés panoramiques

Indication	Analyse, selon les situations cliniques, de l'ensemble des dents, des maxillaires et de la mandibule, des sinus maxillaires, des fosses nasales et des articulations temporo-mandibulaires
Visualisation	Ensemble du complexe alvéolo-dentaire* Ensemble du complexe alvéolo-dentaire, des maxillaires, de La mandibule et des articulations temporo mandibulaires*
Critères de qualité du cliché	Pas d'erreur de positionnement antéro-postérieur (visibilité du rachis cervical) Pas de rotation de La tête (grandissement différentiel droite-gauche) Pas de flexion ou d'extension de la tête (plan de Francoit horizontal) Pas d'objet métallique (images fantômes) Pas d'artefact cinétique (immobilité du patient pendant l'acquisition) Pas de déformation de l'image des organes dentaires (élongation pliure) Pas d'artefact Lié à La cassette ou aux écrans renforceurs Densité et contraste du cliché permettant de distinguer les tissus mous, osseux et dentaires (émail et dentine) Pas de trace d'altération du récepteur (film plié empreintes des rouleaux de La machine à développer capteurs numériques altérés) Respect du processus de développement des films (révélation fixation Lavages. Nom du patient et date de réalisation du cliché
Position du patient	Debout, La tête immobilisée
Description de la procédure	Pas d'élément métallique (boucles d'oreilles, piercing...) Bout à bout incisif Langue collée au palais Utilisation des programmes de limitation du champ d'exposition selon les indications cliniques
Paramètres techniques	De 50 à 80 kV Générateur haute fréquence ou à tension stabilisée De 4 à 15 mA environ Filtration ~ 2,5 mm équivalent aluminium Hauteur du faisceau en relation avec la hauteur du film • Largeur du faisceau < 5 mm Centreurs lumineux Contrôle automatique de l'exposition Temps d'exposition : 12-18 s Vitesse nominale film écran > 400 / capteur numérique
Protection	Veste plombée particulièrement chez la femme enceinte et l'enfant
Niveaux de référence diagnostiques	Aucun niveau disponible

* Dans la majorité des situations cliniques, il est uniquement nécessaire de visualiser le complexe alvéolo-dentaire.

Annexe 5e

Tableau 87 : Optimisation des clichés téléradiographiques

Indication	Analyse, selon les situations cliniques, des structures squelettiques craniofaciales et des tissus mous Visualisation des points nécessaires aux analyses céphalométriques
Visualisation	Ensemble des structures faciales (os dent tissus mous) *
Critères de qualité du cliché	Pas de rotation de la tête Pas de flexion ou d'extension de la tête (plan de Francfort horizontal) surtout pour la téléradiographie de face Pas de roulis de la tête surtout pour la téléradiographie de profil Pas d'objet métallique Pas d'artefact cinétique (immobilité du patient pendant l'acquisition) Pas d'artefact lié à la cassette ou aux écrans renforceurs Densité et contraste du cliché permettant de distinguer les tissus mous, osseux et dentaires (émail et dentine) Pas de trace d'altération du récepteur (film plié, empreintes des rouleaux de la machine à développer, capteurs numériques altérés...) Respect du processus de développement des films (révélation, fixation, lavages...) Nom du patient et date de réalisation du cliché
Position du patient	Debout/assis la tête immobilisée par un céphalostat plan de Francfort horizontal
Description de la procédure	Pas d'élément métallique (boudes d'oreilles, piercing...) Occlusion en fonction des données cliniques Utilisation des programmes de limitation du champ d'exposition selon les indications cliniques
Paramètres techniques	De 50 à 80 kV Générateur haute fréquence ou à tension stabilisée De 4 à 15 mA environ Filtration k 25 mm équivalent aluminium Filtre « tissus mous » entre le foyer et le sujet Distance foyer-sujet > 1,5 m Limitation du champ d'exposition si l'appareil permet Contrôle automatique de l'exposition Temps d'exposition : 0,2-5 s Vitesse nominale film-écran > 400/capteur numérique
Protection	Veste plombée particulièrement chez la femme enceinte et l'enfant Collier thyroïdien si nécessaire
Niveaux de références diagnostiques	Aucun niveau disponible Niveau de référence de la dose à l'entrée en radiologie classique crânienne chez l'adulte de 3 à 5 mGy (pour information)

* Dans la majorité des situations cliniques, il est uniquement nécessaire de visualiser le complexe maxillo-facial.

Annexe 6

Tableau 88 : Tableau Algérien N°6 des affections provoquées par les RI en milieu de travail

DESIGNATION MALADIES	DES	DPC (Délai de Prise en Charge)	LISTE DES PRINCIPAUX TRAVAUX SUSCEPTIBLES DE PROVOQUER CES MALADIES
Anémie, leucémie, thrombopénie ou syndrome hémorragiques consécutifs à une irradiation aigue -Anémie, leucopénie, thrombopénie ou syndrome hémorragique consécutifs à une irradiation chronique. -Blépharite ou conjonctivite. -Kératite. -Cataracte -Radiodermites aigues. -Radiodermite chronique. -Radio-épithélialite aigue des muqueuses. -Radiolésions chroniques des muqueuses. -Radionécrose osseuse. -Leucémies. -cancer broncho-pulmonaire primitive par inhalation. -Sarcome osseux.		90j 1an 90 j 1an 10 ans 90 j 10 ans 90 j 90 j 30ans 30 ans 30 ans 50 ans	Tous travaux exposant à l'action des rayons ou des substances radioactives naturelles ou artificielles ou à toute autre source d'émission corpusculaire, notamment : -extraction et traitement des minerais radioactifs, -préparation des substances radioactives, -préparation de produits chimiques et pharmaceutique radioactifs, -préparation et application de produits luminescents radifères -recherches ou mesures sur les substances radioactives et les rayons X dans les laboratoires. Fabrication des appareils pour la radiothérapie et d'appareils à rayons X, -travaux exposant des travailleurs au rayonnement dans les hopitaux, les sanatoriums, <u>les cabinets dentaires et radiologiques</u> , dans les maisons de santé et les centres anticancéreux. -travaux dans toutes les industries ou commerce utilisant les rayons X, les substances radioactives, les substances ou dispositifs émettant les rayonnements indiqués ci-dessus.

Annexe 7 (La fiche d'enquête) :

UNIVERSITE D'ORAN 1 AHMED BENBELLA
FACULTE DE MEDECINE D'ORAN
DEPARTEMENT DE MEDECINE DENTAIRE
SERVICE D'ODONTOLOGIE CONSERVATRICE-ENDODONTIE
LABORATOIRE D'ODONTOLOGIE CONSERVATRICE - ENDODONTIE
SERVICE DE MEDECINE DE TRAVAIL

CODE DE LA STRUCTURE :

FICHE NUMERO :



RISQUE RADIQUE ET RADIOPROTECTIO DANS LES STRUCTURES DE MEDECINE DENTAIRE DE LA COMMUNE D'ORAN

ORAN, LE/...../.....

Les réponses sont codées : 1- Oui

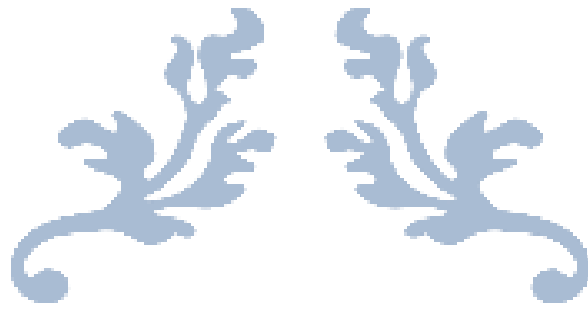
2- Non

LA CONFORMITE DES DISPOSITIFS RADIOGENES	
1- Quel est La nature de l'activité de la structure dentaire ? Structure hospitalo-universitaire, 2) EHS Etablissement hospitalière de santé, 3) EPSP Etablissement publique de santé de proximité, 4) UDS Unité des soins, 5) Cabinet privé , 6) Clinique privée 7) Autres ; précisez	
2- Quel est le nombre des sources radiogènes existante ? N= source (s) 1- Si N=1, 2- Si N>1	
1^{ER} DISPOSITIF	
Dénomination commerciale : La marque :	
Le fabricant : paye d'origine Les références électrotechniques	
Année de fabrication :/...../..... , Année de mise en service :/...../..... (.....ans de service)	
3 -La durée de fonctionnement du dispositif (1) est- elle inferieure à celle limitée par les organismes de radioprotection ?	
4-Quel est le type de 1^{er} dispositif radiogène existant ? 1- PANORAMIQUE / 2- RETROALVEOLAIRE CONVENTIONNELLE / 3- RVG / 4- TELERADIOGRAPHIE / 5- CONE BEAM / 6 -DENTALSCAN.	
5 - Ce dispositif (1) est -il ? 1- fixe 2- mobiles ou portatif	
6 - Le circuit électrique est-il protégé de la haute tension ?	
7- L'appareil de coupure est-il existant ?	
8 - La qualité et la continuité de la mise à la terre ; sont-elles respectées ?	
9 -La section de file d'alimentation est-elle respectée ? 1- Ø de file ≥ 2,5mm, 2- Ø de file < 2,5mm	
10 - Existe-t-il un système de déclenchement externe (à l'extérieure de la salle d'implantation) ,	
2^{EME} DISPOSITIF (s'il existe)	
Dénomination commerciale : La marque :	
Année de fabrication :/...../..... , Année de mise en service :/...../..... (.....ans de service)	
11 - Quel est le type de 2^{eme} dispositif radiogène existant ? 1- panoramique / 2- rétroalvéolaire conventionnelle / 3- RVG / 4- téléradiographie / 5- cône BEAM / 6 -DENTA SCAN.	
12- Ce dispositif (2) est -il ? 1- fixe 2- mobiles ou portatif	
13- La durée de fonctionnement du dispositif (2) est- elle inferieure à celle limitée par les organismes de radioprotection ?	
14- Le circuit électrique est-il protégé de la haute tension ?	
15- L'appareil de coupure est-il existant ?	
16- La qualité et la continuité de la mise à la terre ; sont-elles respectées ?	
17 -La section de file d'alimentation est-elle respectée ? 1- Ø de file ≥ 2,5mm, 2- Ø de file < 2,5mm	
18- Existe-t-il un système de déclenchement externe (à l'extérieure de la salle d'implantation) ?	
Si N>1,	
19- Existe-t-il un système pour éviter le fonctionnement simultané ?	
20- vos dispositifs ; sont -ils déclarés auprès des organismes de radioprotection ?	
21-avez -vous réparé votre radio ? Si OUI, combien par an ?	
22- Avez-vous un agenda de maintenance de votre dispositif radiogène ?	
23- Les contrôles périodiques des sources radiogènes par un organisme national spécialisé sont-ils réalisés ?	
24-Qui assure la maintenance de votre dispositif radiogène ? 1- Vous-même, 2- Technicien de fauteuil 3-Biophysicien, 4-Autre ; précisez.....	
25-Cette personne peut-elle réglée le temps d'exposition ?	
26- Cette personne peut-elle réglée a dose émise ?	
27- Cette personne peut-elle modifiée les paramètres électriques ?	
28- chez les vendeurs 2- chez un organisme spécialisé 3- autre (.....)	

29- Connaissez-vous les organismes responsables du contrôle des appareillages radiogènes en Algérie ? précisez lequel ? :..... 1- réponse correcte 2- réponse incorrecte		Si Oui,																													
30- Est-ce que la déclaration d'un appareillage radiographique est obligatoire ? 1- Oui 2- Non 3- je ne sais pas																															
31- avez-vous une personne compétente en radioprotection (PCR) ?																															
LA CONFORMITE DES LOCAUX D'IMPLANTATION																															
32 -existe- t- elle une salle de radiologie spéciale hors la salle des soins 1-oui , 2-dans la salle de soins																															
33 -La Superficie (S) de la salle d'implantation de source radiogène = ... M ² 1-si (S) ≥ 9m² , 2-si (S) < 9m²																															
34-; Si N>1 , la règle de majoration de 03 m² par source supplémentaire est-elle respectée ?																															
Conformité aux normes d'isolation des rayons Nature des parois (type T, épaisseur E et équivalence au plomb EP) de la salle d'implantation : 1 - si EP ≥ 0,3 mm de plomb (conforme) : 2 - si EP < 0,3 mm de plomb (Non conforme)		Schéma																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">Les parois*</th> <th style="width: 25%;">T</th> <th style="width: 25%;">E (cm)</th> <th style="width: 25%;">EP Conforme=paroi isolante. 1coforme où 2 non conforme</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PAROI 1 (Nord)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PAROI 2 (Est)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PAROI 3 (Sud)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PAROI 4 (Ouest)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PLAFOND :</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>SOL :</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Les parois*	T	E (cm)	EP Conforme=paroi isolante. 1coforme où 2 non conforme	PAROI 1 (Nord)				PAROI 2 (Est)				PAROI 3 (Sud)				PAROI 4 (Ouest)				PLAFOND :				SOL :					
Les parois*	T	E (cm)	EP Conforme=paroi isolante. 1coforme où 2 non conforme																												
PAROI 1 (Nord)																															
PAROI 2 (Est)																															
PAROI 3 (Sud)																															
PAROI 4 (Ouest)																															
PLAFOND :																															
SOL :																															
35 -Les parois de la salle d'implantation sont-elles conformes aux normes d'isolation radiologique ?																															
36 - La délimitation des zones réglementées a-t-elle effectuée pour la salle d'implantation ?																															
37 -les affichages réglementaires et les signalisations lumineuses sont –ils présents ?																															
38- Existe- t-il un tablier plombé ?																															
39- Le tablier plombé s'il existe ; est –il mit correctement sur un cintre rigide ?																															
40- Existe-t-il un cache thyroïde ?																															
41- Existent-t-elles des lunettes de radioprotection ?																															
42- Existe-t-il un paravent plombé ?																															
LES CONNAISSANCES, ATTITUDES ET PRATIQUES DES PRATICIENS																															
43- Sexe : 1- Masculin 2- Féminin																															
44- Date naissance : .../.../..... Age : ...ans et mois.																															
45 - Quelle est votre statut d'exercice professionnel dans l'établissement ? 1) Professeur / maitre de conférences 2) Maitre assistant(e) 3) Médecin dentiste spécialiste 4) Résident (e)en post graduation 5) Etudiant (e) en graduation 6) Médecin dentiste généraliste																															

7) Assistante dentaire 8) Manipulateur qualifié 9) Autre (précisez).....			
46- Quel est le nombre d'années d'ancienneté de la personne qui manipule la source radiogène ?		ans	
47- faites-vous des visites chez le médecin de travail ? Si OUI, combien par an ?			
48- A votre avis ; existe-t-il un risque lié à la radiographie dentaire ? Si OUI, est-il D'origine physique ? D'origine chimique ? D'origine biologique ? D'origine organisationnelle ? 1- réponse correcte 2- réponse incorrecte			
49- Connaissez-vous la limite maximale des doses d'irradiation tolérable par le corps entier par an publiée par les organismes de radioprotection ? Si Oui, précisez..... 1- réponse correcte 2- réponse incorrecte			
50- Connaissez-vous la limite maximale des doses d'irradiation tolérable par le cristallin par an publiée par les organismes de radioprotection ? Si Oui, précisez..... 1- réponse correcte 2- réponse incorrecte			
51- Connaissez-vous la limite maximale des doses d'irradiation tolérable par les extrémités et la peau par an publiée par les organismes de radioprotection ? Si Oui, précisez..... 1- réponse correcte 2- réponse incorrecte			
52- Connaissez-vous approximativement le nombre de radios réalisées par semaine et par an ?			
53- Combien approximativement par semaine ? Combien par an ? 1- < la limite tolérable 2- > la limite tolérable		radios /semn, ...radios /an	
54- Quelle est l'évolution de ces valeurs avec le temps ? 1- en augmentation, 2 - en diminution			
55- ratez-vous des radiographies ? Si oui ; Combien approximativement sur dix ?		/10	
56- Connaissez-vous la température du développement (idéale) des clichés radiographiques ? Si oui, précisez..... 1- réponse correcte 2- réponse incorrecte			
57- Maîtrisez-vous le contraste de votre cliché ?			
58- Maîtrisez-vous la densité de votre cliché ?			
59- Maîtrisez-vous la tension électrique de votre cône ?			
60- Maîtrisez-vous le temps d'exposition de votre cône ?			
61- Etes-vous formés régulièrement en radioprotection ?			
SIMULATION D'UN ACTE RADIOLOGIQUE ET MESURES DOSIMETRIQUES.			
L'heure de réalisation de l'acte radiologique : Entre.....H minutes et H minutes			
Nomenclature de la dent à radiographier :..... 1secteur sup droit, 2secteur sup gauche, 3 secteur inf gauche, 4 secteur inf droit .5 : antéro sup, 6 : antéro inf		Le secteur.....	
La taille de praticien (.....cm)?			
62-Motif de cette radiographie : l'acte est-il justifié ?			
63- La dose est-elle réglable sur le dispositif radiogène ?			
64- Le temps est-il réglable sur le dispositif radiogène ?			
65- La valeur de la dose si elle est indiquée sur le générateur (dose indiquée) DI=.....µSv /h			
66- La valeur du temps s'il est indiquée sur le générateur (temps indiqué) TI=.....S			
Les valeurs des doses enregistrées avant le bombardement : 67- Au niveau du compteur fixé à l'œil : ➤ DO ₀ =.....µSv /h 68- Au niveau du compteur fixé à la main manipulatrice : ➤ DM ₀ =.....µSv/h 69- Au niveau du compteur fixé à la poitrine : ➤ DP ₀ =.....µSv/h		organes/ moment L'œil (cristalin)	La dose Avant émission µSv /h DO ₀ = La dose Après émission µSv/h DO _r =

Les valeurs des doses enregistrées après le bombardement (réalité) 70 -Au niveau du compteur fixé à l' œil : ➤ DO_r =..... μSv/h 71 - Au niveau du compteur fixé à la main manipulatrice. ➤ DM_r =..... μSv/h 72 - Au niveau du compteur fixé à la poitrine : ➤ DP_r =..... μSv/h			
	La main manipulatrice (la plus proche de source)	DM₀ =	DM_r =
	Le corp entier (poitrine)	DP₀ =	DP_r =
73 - Quelle est la distance (D) entre le praticien et la source radiogène ? 1- D < 0 2 m, 2- D ≥ 02 m			
74 - Quelle est sa position par rapport au cône lors de la prise du cliché ? 1 -zone de sécurité, 2 - zone de danger			
75 - Qui maintien le cliché Lors de prise de radiographie ? 1 -le praticien, 2 -Le Patient, 3 -L'Angulateur			
76 - Ferme-t-il les portes du cabinet pendant l'émission des rayons ?			
77 - Est-il seul dans la salle avec le patient le moment de l'émission des rayons ?			
78 - Porte-t-il un dosimètre ?			
Lors de prise des clichés radiographiques ; porte -t-il ? 79 -un tablier plombé ? 80 - un cache thyroïde ? 81 - des gants plombés ? 82 - des lunettes plombées ? 83 -protège gonades			
84 - Porte-t-elle un tablier plombé en cas de grossesse ?			
85 -La radiographie est-elle réussie ? Si NON , la cause d'échec est liée à ? 86 -Cône 87 - Angulateur 88 - Incidence /praticien 89 -Patient (.....) 90 - Récepteur d'image (.....) 91 -logiciel numérique ou transfert d'image 92 - électricité			
93 -votre récepteur d'image est-il ? 1 -cliché classique, 2 -cliché autodéveloppant, 3 -capteur numérique			
94 -La température et l'humidité de l'air de stockage des films radiographiques sont-elles maîtrisées ?			
95 - La température des bains de développement est-elle maîtrisée ?			
96 -Existe-elle une chambre noire de développement ?			
97 - Cette chambre est-elle étanche aux rayons lumineux ?			
98 - existe -t- elle une lampe inactinique			
99 - Existe-il un négatoscope ?			
100 -Existe-elle une loupe de grossissement ?			



« Tant qu'un homme persiste dans la recherche de la science, il demeure savant. Mais dès qu'il pense l'avoir entièrement maîtrisé, il retombe dans l'ignorance ».

Abou Hamid Al Ghazali



Résumé :

Introduction :

L'objectif de l'étude était d'évaluer le risque radique et la situation en matière de radioprotection dans les structures de médecine dentaire de la commune d'Oran. Sans protection, les risques sanitaires radio-induits peuvent être des effets essentiellement stochastiques dus aux doses considérées comme faibles mais répétées. Dans ce présent travail nous avons essayé de mettre en valeur un éventuel risque aux niveaux des structures de médecine dentaire de cette commune.

Matériel et méthodes :

Nous avons réalisé une étude transversale descriptive, exhaustive au niveau des structures de médecine dentaire publiques et privées de la commune d'Oran, de novembre 2017 à février 2018. Elle concerne les appareils radiogènes ($n=154$), le personnel manipulateur de ces appareils ($n=198$) et les locaux destinés à l'acte radiologique. Des mesures dosimétriques ont été relevées conformément à un protocole tenant compte de la dose reçue par le corps entier, la main manipulatrice et l'œil (organe biologiquement très radiosensibles). Les doses reçues ont été évaluées au moyen de dosimètres Geiger Muller préalablement étalonnés.

Résultats :

L'estimation du risque est possible grâce aux résultats observés. Les doses dépassent le seuil tolérable en médecine dentaire de 6 mSv chez 43 praticiens. L'occupation d'une zone de danger par les médecins dentistes par rapport aux dispositifs radiogènes pendant l'émission des RX donne $OR=8,06$ [$1,319-64,30$], l'exercice dans le secteur privé un $OR=3,79$ [$1,31-10,89$] et pour un âge dépassant 36 ans un $OR=0,30$ [$0,14-0,67$] (facteur protecteur), l'exposition, le manque de formation, l'absence des EPI et EPC révèlent une exposition dangereuse et permettent d'estimer le risque radique au niveau de ces structures.

Conclusion :

Le bilan de la radioprotection présenté contribue à l'évaluation du risque, l'élaboration d'un programme local d'actions sur le plan préventif et à la responsabilisation de l'ensemble des manipulateurs de dispositifs radiogène.

Mots clés : Odontologie ; ASN ; Radioprotection ; Optimisation ; Rayonnements ionisants ; dose ; Risque radique.

Abstract:

Introduction:

The objective of the study were to assess the radiation risk related to the existence of controlled X-ray equipment, the location of these non-compliant devices and exposure during handling. Without protection, the radiation-induced health risks can be essentially stochastic effects due to the doses considered as weak present work we have highlighted this risk at the level of the structures of dental medicine of the municipality of Oran.

Materials and Methods:

We carried out a descriptive, exhaustive cross-sectional study at the level of the public and private dental medicine structures in the commune of Oran, from November 2017 to February 2018. It concerns the X-ray machines (n-154), the manipulator personnel of the X-ray machines (No 198) and the premises intended for the radiological act. Dosimetric measurements were taken according to a protocol that took into account the dose received by the whole body, the hand manipulator and the eye (biologically highly radiosensitive organ). The doses received were evaluated using the Geiger Muller dosimeters previously calibrated.

Results:

Results: Doses exceeded threshold (tolerable in dentistry) 6 mSv practitioners, ORs calculated (Occupation of a danger zone by dentists versus X-ray devices during ORX RX emission at : 8 , 06 [1,319-64,30] fiscal year in the private sector OR : 3,79 [1,31-10,89] and having an age exceeding 36 years is a protective factor ORà: 0,30 [0,14 -0,67]), exposure, lack of training, PPE and others show the dangerous exposure and allow to estimate the radiation risk at these structures.

Conclusion:

Radioprotection presented contributes to risk assessment, the definition of an assessment of the prevention program and the empowerment of all.

key stakeholders: Odontology X-rays, ASN, Radioprotection Optimization, ionizing radiation, dose Radiobiology, Radiation risk.

ملخص:

مقدمة:

كانت أهداف الدراسة هي تقييم مخاطر الإشعاع المتعلقة بوجود أجهزة الأشعة السينية التي يتم التحكم فيها، وموقع هذه الأجهزة غير المتوافقة والتعرض أثناء المعالجة. بدون حماية، يمكن أن تكون المخاطر الصحية الناجمة عن الإشعاع تأثيرات عشوائية بشكل أساسي بسبب الجرعات التي تعتبر عملاً ضعيفاً حالياً وقد أبرزنا هذا الخطر على مستوى هياكل طب الأسنان في بلدية وهران.

الاجهزة والطرق:

. أجرينا دراسة مقطعية وصفية وشاملة على مستوى هياكل طب الأسنان العامة والخاصة في بلدية وهران، من نوفمبر ٢٠١٧ تم أخذ إلى فبراير ٢٠١٨. وهو يتعلق بأجهزة الأشعة السينية أفراد مناوئ أجهزة الأشعة السينية (رقم ١٩٨) والمباني المخصصة للعمل قياسات قياس الجرعات وفقا لبروتوكول أخذ في الاعتبار الجرعة التي تلقاها الجسم كله، ومن جهة التعامل اليدوي والعين (الجهاز عالي الحساسية من الناحية البيولوجية) وتم تقييم الجرعات المستلمة باستخدام مقاييس جرعات جيجر مولر التي سبق معايرتها.

النتائج:

حددت النتائج من خلال الانحدار اللوجستي الثنائي ثلاثة عوامل رئيسية في ارتباط مباشر مع خطر الإشعاع في هذه الهياكل. يتم تقديم العوامل في ترتيب الأهمية:

الاحتلال منطقة الخطر من قبل أطباء الأسنان فيما يتعلق بأجهزة الأشعة السينية أثناء انبعاثها $OR = 8,06 [1,319-64,30]$

العمل في القطاع الخاص $OR = 3,79 [1,31-10,89]$

أما عندما يكون عمرك يتجاوز ٣٦ سنة فهذا يمثل عامل حماية.. $OR = 0,30 [0,14-0,67]$.

التعرض للأشعة من دون حماية مع قلة الوعي تمثل عوامل خطر.

الخاتمة:

يساهم تقرير الحماية من الإشعاع المقدم في تقييم المخاطر، وتحديد البرنامج المحلي للإجراءات الوقائية وتمكين جميع الأطراف المعنية.

الكلمات المفتاح

الإشعاعية، تنظيم المخاطر؛ الأشعة السينية.. الأمثل، الجرعة الإشعاعية المؤينة

Résumé :

Introduction :

L'objectif de l'étude était d'évaluer le risque radique et la situation en matière de radioprotection dans les structures de médecine dentaire de la commune d'Oran. Sans protection, les risques sanitaires radio-induits peuvent être des effets essentiellement stochastiques dûs aux doses considérées comme faibles mais répétées. Dans ce présent travail nous avons essayé de mettre en valeur un éventuel risque aux niveaux des structures de médecine dentaire de cette commune.

Matériel et méthodes :

Nous avons réalisé une étude transversale descriptive, exhaustive au niveau des structures de médecine dentaire publiques et privées de la commune d'Oran, de novembre 2017 à février 2018. Elle concerne les appareils radiogènes (n=154), le personnel manipulateur de ces appareils (n=198) et les locaux destinés à l'acte radiologique. Des mesures dosimétriques ont été relevées conformément à un protocole tenant compte de la dose reçue par le corps entier, la main manipulatrice et l'œil (organe biologiquement très radiosensibles). Les doses reçues ont été évaluées au moyen de dosimètres Geiger Muller préalablement étalonnés.

Résultats :

L'estimation du risque est possible grâce aux résultats observés. Les doses dépassent le seuil tolérable en médecine dentaire de 6 mSv chez 43 praticiens. L'occupation d'une zone de danger par les médecins dentistes par rapport aux dispositifs radiogènes pendant l'émission des RX donne OR= 8,06 [1,319-64,30], l'exercice dans le secteur privé un OR =3,79 [1,31-10,89] et pour un âge dépassant 36 ans un OR=0,30 [0,14-0,67] (facteur protecteur), l'exposition, le manque de formation, l'absence des EPI et EPC révèlent une exposition dangereuse et permettent d'estimer le risque radique au niveau de ces structures.

Conclusion :

Le bilan de la radioprotection présenté contribue à l'évaluation du risque, l'élaboration d'un programme local d'actions sur le plan préventif et à la responsabilisation de l'ensemble des des manipulateurs de dispositifs radiogène.

Mots clés : Odontologie ; ASN ; Radioprotection ; Optimisation ; Rayonnements ionisants ; dose ; Risque radique.

Les coordonnées de l'auteur :

Nom : REZOUG

Prénom : Abdelkader

Adresse : 16, rue BOUACHRIA KEBIR Mohamed-Belkaid -Bir el Djir -Oran- Algérie

Mail : rzgaek@yahoo.fr

