



HAL
open science

Les caries post-radiques liées aux rayons X : étiopathogénie et prise en charge initiale

Élodie Lours

► **To cite this version:**

Élodie Lours. Les caries post-radiques liées aux rayons X : étiopathogénie et prise en charge initiale. Sciences du Vivant [q-bio]. 2020. dumas-03131777

HAL Id: dumas-03131777

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03131777v1>

Submitted on 4 Feb 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0
International License

AVERTISSEMENT

Cette thèse d'exercice est le fruit d'un travail approuvé par le jury de soutenance et réalisé dans le but d'obtenir le diplôme d'État de docteur en chirurgie dentaire. Ce document est mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt toute poursuite pénale.



UNIVERSITÉ DE PARIS

UFR D'ODONTOLOGIE - MONTROUGE

Année 2020

N° M035

THÈSE

POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le : 18 mai 2020

Par

Élodie LOURS

**Les caries post-radiques liées aux rayons X : étiopathogénie
et prise en charge initiale**

Dirigée par M. le Docteur Franck Decup

JURY

Mme le Professeur Élisabeth Dursun

Président

Mme le Docteur Isabelle Fouilloux

Assesseur

M. le Docteur Franck Decup

Assesseur

Mme le Docteur Marion Florimond

Assesseur

M. le Docteur Lucas Duong

Invité



Tableau des enseignants de l'UFR

DÉPARTEMENTS	DISCIPLINES	PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS	MAÎTRES DE CONFÉRENCES
1. DÉVELOPPEMENT, CROISSANCE ET PRÉVENTION	ODONTOLOGIE PÉDIATRIQUE	Mme DAVIT-BÉAL Mme DURSUN Mme VITAL	M. COURSON Mme JEGAT Mme SMAIL-FAUGERON Mme VANDERZWALM
	ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE		Mme BENAHMED M. DUNGLAS Mme KAMOUN Mme LE NORCY
	PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ ET ODONTOLOGIE LÉGALE	Mme FOLLIGUET M. PIRNAY	Mme GERMA M. TAVERNIER
2. CHIRURGIE ORALE, PARODONTOLOGIE, BIOLOGIE ORALE	PARODONTOLOGIE	Mme COLOMBIER Mme GOSSET	M. BIOSSE DUPLAN M. GUEZ
	CHIRURGIE ORALE	M. MAMAN Mme RADOI	Mme EJEIL M. GAULTIER M. HADIDA M. MOREAU M. NGUYEN Mme TAÏHI
	BIOLOGIE ORALE	Mme CHAUSSAIN M. GOGLY Mme SÉGUIER Mme POLIARD	M. ARRETO Mme BARDET (MCF) Mme CHARDIN M. FERRE M. LE MAY
3. RÉHABILITATION ORALE	DENTISTERIE RESTAURATRICE ENDODONTIE	Mme BOUKPESSI Mme CHEMLA	Mme BERÈS Mme BESNAULT M. BONTE Mme COLLIGNON M. DECUP Mme GAUCHER
	PROTHÈSES	Mme WULFMAN	M. CHEYLAN M. DAAS M. DOT M. EID Mme FOUILLOUX-PATEY Mme GORIN M. RENAULT M. RIGNON-BRET M. TRAMBA
	FONCTION-DYSFONCTION, IMAGERIE, BIOMATÉRIAUX	M. SALMON	M. ATTAL Mme BENBELAID Mme BENOÎT A LA GUILLAUME (MCF) M. BOUTER M. CHARRIER M. CHERRUAU M. FLEITER Mme FRON CHABOUIS Mme MANGIONE Mme TILOTTA
	PROFESSEURS ÉMÉRITES	M. BÉRENHOLC Mme BRION M. LASFARGUES M. LAUTROU M. LEVY	M. PELLAT M. PIERRISNARD M. SAFFAR Mme WOLIKOW

Liste mise à jour le 04 novembre 2019

Remerciements

À Mme le Professeur Élisabeth Dursun

Docteur en Chirurgie dentaire

Ancien Interne des Hôpitaux

Docteur de l'Université Paris 13

Habilitée à Diriger des Recherches

Professeur des Universités, UFR d'Odontologie - Montrouge

Praticien Hospitalier, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris

Je vous remercie vivement pour la rapidité et la gentillesse avec laquelle vous avez accepté de présider ce jury de thèse d'exercice. Qu'il me soit permis de vous exprimer mes sincères remerciements et mon respect le plus profond.

À Mme le Docteur Isabelle Fouilloux

Docteur en Chirurgie dentaire

Docteur de l'Université Paris Descartes

Maître de Conférences des Universités, UFR d'Odontologie - Montrouge

Praticien Hospitalier, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris

Je vous remercie sincèrement d'avoir accepté de siéger dans mon jury. Vous m'avez transmis votre goût pour la rigueur. J'admire vos connaissances et votre côté perfectionniste. Je vous remercie de m'avoir permis d'être votre attachée. Que ce travail soit l'occasion pour moi de vous témoigner ma sincère gratitude et mon profond respect.

À M. le Docteur Franck Decup

Docteur en Chirurgie dentaire

Docteur de l'Université Paris Descartes

Maître de Conférences des Universités, UFR d'Odontologie - Montrouge

Praticien Hospitalier, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris

Je vous remercie d'avoir accepté de m'encadrer et de m'avoir appris pendant ces derniers mois à être concise, perfectionniste mais aussi patiente. J'admire votre polyactivité intellectuelle et votre curiosité. Vous me donnez envie plus que jamais de continuer la formation continue. Veuillez trouver dans cette thèse le témoignage de ma sympathie et de ma reconnaissance. Qu'il me soit permis de vous exprimer mes sincères remerciements et mon respect le plus profond.

À Mme le Docteur Marion Florimond

Docteur en Chirurgie dentaire

Assistant Hospitalo-Universitaire, UFR d'Odontologie - Montrouge

Merci de m'avoir appris à cureter mes premières caries sans stress (et avec des gâteaux !). Je vous remercie pour votre gentillesse, votre patiente pédagogie, vos conseils et pour l'élaboration de la consultation juste au bon moment pour moi. Et enfin merci pour votre bonne humeur constante qui rend l'ambiance à l'hôpital chaleureuse. Que ce travail soit l'occasion pour moi de vous témoigner ma sincère gratitude et mon profond respect.

À M. le Docteur Lucas Duong

Docteur en Chirurgie dentaire

Spécialiste qualifié en Chirurgie orale

Ancien Interne des Hôpitaux

Assistant Hospitalo-Universitaire, UFR d'Odontologie - Montrouge

Merci pour votre renforcement positif, vos conseils et votre disponibilité qu'il s'agisse d'un patient du service ou du cabinet. Votre rencontre m'a permis d'approfondir et de nourrir mon intérêt pour la cancérologie buccale. Qu'il me soit permis de vous exprimer mes sincères remerciements et mon respect le plus profond.

A ma famille,

Mon père pour ses messages quotidiens, sa force de vivre et son soutien sans faille.

Ma maman pour m'avoir aidé quand mes peurs me paralysaient et pour m'avoir appris que sur un malentendu, on peut faire beaucoup de choses.

Ma mamie pour tes bredele dont toi seule à le secret et toi papi pour tes appels plein d'amour.

Mon frère pour veiller sur moi à distance.

Mes 3 chats pour leur présence et leur affection (non négligeable) pendant la P1.

A mes amis,

Jojo, Léa et Alice pour votre non jugement et vos réflexions sur la vie.

Marie pour ta générosité et ton amitié depuis 15 ans.

Mon inattendu binôme, pour avoir été juste parfaite à l'hôpital et en voisine.

Agathe pour son caractère et son amitié.

Casar pour ses heures de cours sur mesure à base de rire et mots croisés.

Claire, pour nos échanges téléphoniques et qui tu es.

Les Chloés et autres RPN sans qui la fac aurait été bien différente.

Aux amis d'Ivry, +1 pour Nadir.

Léna ma colloc préférée pour toujours.

Caca (pardon Camcam) et Anne Claire car je vous aime.

A la personne spéciale,

Yohann, de notre rencontre, à nos révisions, discussions puis aux papillons, merci.

Aux personnes inspirantes,

A Thibault pour ton dévouement peu importe l'heure, la fatigue et le nombre de patients et tes connaissances à un si jeune âge.

Au Pr Boukpepsi pour ses bonjours nominatifs, sa pédagogie et son dévouement malgré ses occupations plus que nombreuses.

Merci d'avoir fait passer ces 6 années aussi facilement et de me donner envie de
« toujours plus ».

Table des matières

INTRODUCTION	3
1 : CARACTERISTIQUES DE LA CARIE POST-RADIQUE	5
1.1 CONTEXTE ET EPIDEMIOLOGIE.....	5
1.1.1. <i>Définitions cliniques</i>	6
1.1.2. <i>Classifications</i>	12
1.2. EFFETS DIRECTS DES RAYONS X.....	14
1.2.1 <i>Modification du tissu minéralisé amélaire et dentinaire</i>	15
1.2.2 <i>Modification du tissu pulpaire</i>	22
1.3. EFFETS INDIRECTS DES RAYONS X.....	24
1.3.1 <i>Modification de la flore, régime alimentaire et hygiène</i>	24
1.3.2 <i>Troubles salivaires</i>	25
1.4. CONCLUSION.....	28
2 : EFFETS DES RAYONNEMENTS SUR LES MATERIAUX ET LE COLLAGE	30
2.1. EFFETS DES RAYONNEMENTS SUR LES MATERIAUX DE RESTAURATION DIRECTE	30
2.1.1. <i>Ciments Verres Ionomère Modifiés par Adjonction de Résines (CVIMAR)</i>	30
2.1.2. <i>Composites</i>	31
2.2. EFFETS DES RAYONNEMENTS SUR LES CAPACITES DE COLLAGE.....	32
3 : DISCUSSION	34
3.1. LE CHOIX DU PANEL ET DU PROTOCOLE D'IRRADIATION	34
3.2. LE TYPE D'ETUDE ET L'OPERATEUR	34
3.3. CHOIX DES DENTS ET TYPE DE PREPARATION DES ECHANTILLIONS.....	35
3.4. LES TESTS	35
3.5. CHOIX DES MATERIAUX ET MISE EN PLACE	35
3.6. CHOIX DU MATERIAU DE RESTAURATION EN TECHNIQUE DIRECTE LE PLUS APPROPRIE POUR LES LESIONS CERVICALES	36
4 : SPECIFICITE DU PROTOCOLE CLINIQUE	39
4.1. FICHE N° 1 : PREMIERE CONSULTATION D'UN PATIENT SUIVI POUR IRRADIATION CERVICO-FACIALE	39
4.2. FICHE N° 2 : STRATEGIE DE TRAITEMENT PENDANT ET APRES RADIOTHERAPIE CERVICO-FACIALE	41
4.3. FICHE N° 3 : PROCEDURES OPERATOIRES DU TRAITEMENT INITIAL D'UNE CARIE POST-RADIQUE CERVICALE	42
5 : PROPHYLAXIE DES RRC ET PREVENTION DES EFFETS IMMEDIATS ET RETARDES DE LA RADIOTHERAPIE....	43
5.1. FICHE 4 : PROPHYLAXIE AVANT LA RADIOTHERAPIE	43

5.2. FICHE 5 : PROPHYLAXIE PENDANT LA RADIOTHERAPIE	44
5.3. FICHE 6 : PROPHYLAXIE APRES LA RADIOTHERAPIE	45
CONCLUSION	47
BIBLIOGRAPHIE	48
TABLE DES FIGURES.....	52
TABLE DES TABLEAUX.....	53

Introduction

La carie post-radique (RRC = Radiation Related Caries) mentionnée pour la première fois en 1939 est une séquelle courante de la radiothérapie cervico-faciale. Il a été montré que 25 % des patients traités en auraient voire 90 % selon d'autres auteurs.^{1, 2}

En 2005 en France, il y a eu 16 000 nouveaux cas de cancer des Voies Aérodigestives Supérieures (VADS). En terme de prévalence, notre pays occupe la première place en Europe.³ Dans plus de 70 % des cas, une partie du traitement se fera par radiothérapie externe.⁴ Le plus souvent, les patients vont être irradiés par rayon X, à raison de 5 séances par semaine pendant 7 semaines (fréquemment autour de 65-70 Gy).

Ces irradiations quotidiennes vont avoir des répercussions indésirables sur les os, les muscles, la denture, les muqueuses et la salive impactant la santé bucco-dentaire globale. Parmi ces répercussions multiples, on retrouve les RRC. C'est pourquoi un suivi par un chirurgien-dentiste est essentiel.

Ces lésions carieuses présentent un problème particulier car :

- Sur un terrain immunitaire affaibli et avec un risque d'ostéoradionécrose élevé, mal diagnostiquées ou traitées, elles peuvent entraîner des complications sévères.
- Par cumul de handicaps fonctionnels et sociaux, elles entraînent un véritable impact psychologique pour le patient pouvant conduire à une anxiété sociale voire dépression sévère.
- A l'heure actuelle, il n'existe pas de guidelines officielles pour les soigner et les dentistes sont très mal informés de la prévention et du suivi à réaliser. Ainsi, la prise en charge dentaire de ces patients varie selon les pays et le niveau de formation du dentiste, ce qui crée des inégalités.

¹ Zhang et al., « Investigation of salivary function and oral microbiota of radiation caries-free people with nasopharyngeal carcinoma ».

² Rangel Palmier et al., « Radiation-related caries assessment through the international caries detection and assessment system and the post-radiation dental index ».

³ Rouers et al., « État dentaire des patients atteints d'un cancer des voies aérodigestives supérieures ».

⁴ Thariat et al., « Dent et irradiation : denture et conséquences sur la denture de la radiothérapie des cancers de la tête et du cou ».

A partir de ces constatations, nous nous sommes fixés l'objectif de chercher à caractériser la maladie carieuse post-radique en essayant de comprendre son mécanisme d'apparition dans le but de proposer des protocoles de prise en charge pour les lésions cervicales.

Dans ce travail, nous allons d'abord définir les caractéristiques de la maladie carieuse post-radique et de la RRC en elle-même. Nous nous intéresserons aux effets directs et indirects des rayons X sur les tissus dentaires et matériaux de collage pour proposer des procédures de traitement en technique directe (après avoir discuté des données recueillies). Ainsi, vous trouverez à la fin des tableaux synthétiques des protocoles opératoires et de la prévention à mettre en place selon la situation.

1 : Caractéristiques de la carie post-radique

1.1 Contexte et épidémiologie

Le cancer des VADS nécessite le plus souvent une exérèse de la tumeur avec curage ganglionnaire associée à une radiothérapie. Celle-ci entraîne une hypocellularité, une hypovascularisation et une hypoxie qui à l'échelle du patient se traduisent par des effets indésirables immédiats ou tardifs qui impactent la qualité de vie post-traitement.⁵ Au niveau bucco-dentaire, on constate entre autres des lésions dentaires caractéristiques qualifiées de « caries post-radiques ».

Ce phénomène encore controversé pourrait s'expliquer par la mise en place de facteurs de risques carieux spécifiquement liés aux effets secondaires de la radiothérapie :

- LOB (Limitation de l'Ouverture Buccale), épithélite et mucite par la complexité du brossage et de l'alimentation qu'ils entraînent.
- L'hyposialie qui diminue la protection et l'élimination physiologique salivaire favorisant un environnement cariogène (pH, biofilm).
- La dysgueusie qui va orienter les patients vers une alimentation sucrée.
- Modification histologique défavorable de l'organe dentaire (étant un tissu biologique, l'hypothèse se pose).

Le risque de développer une lésion carieuse serait 12 à 200 fois plus important pour une dent irradiée entre 30 et 60 Gy comparée à une dent non irradiée.⁶ Il faut cependant faire attention car elles ne se développent pas forcément immédiatement après la radiothérapie. Les études sur le moment le plus à risque d'apparition diffèrent : les RRC peuvent arriver après 17 jours de radiothérapie, 4 semaines après l'achèvement de la radiothérapie, comme 1 an après ou des années après.^{7,8} Nous allons voir que le contexte multifactoriel dans lequel s'inclut la maladie carieuse post-

⁵ Rouers et al., « État dentaire des patients atteints d'un cancer des voies aérodigestives supérieures ».

⁶ Liang et al., « Radiation caries in nasopharyngeal carcinoma patients after intensity-modulated radiation therapy : a cross-sectional study ».

⁷ Bekes et al., « The influence of different irradiation doses and desensitizer application on demineralization of human dentin ».

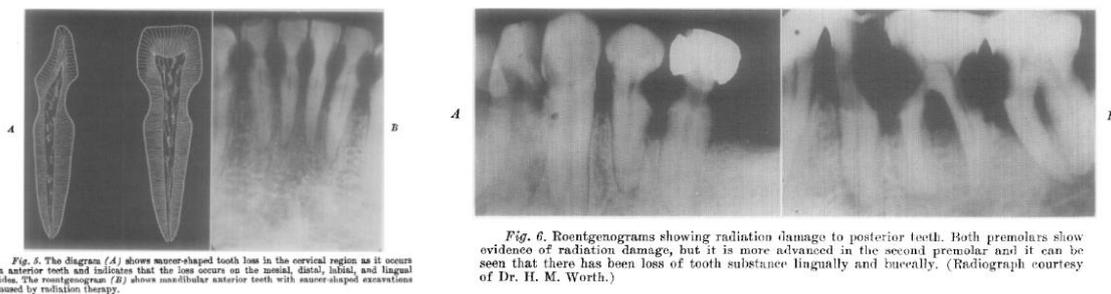
⁸ Zhang et al., « Investigation of salivary function and oral microbiota of radiation caries-free people with nasopharyngeal carcinoma ».

radique entraîne des avis différents au sein de la communauté scientifique quant à sa définition et sa prise en charge.

1.1.1. Définitions cliniques

Un des premiers articles évoquant la carie post-radique a été rédigé en 1968. On nous la décrit de cette façon (texte traduit par l'auteur) : « perte de substance en forme de soucoupe dans la région cervicale, sur plusieurs dents. La surface dentaire est jugée décalcifiée comme si la dent était cariée mais on ne peut pas retirer la substance avec un excavateur alors que l'on sent cliniquement avec une sonde que la dureté amélaire est plus basse que la normale ».⁹

Figure 1 : Radiographies et diagramme illustrant la description initiale des RRC



Source : Poyton, « The effects of radiation on teeth », 1968.

Sans le savoir, ces auteurs venaient de mettre en évidence un type de lésion que même des décennies après, les scientifiques n'arriveraient toujours pas à cerner. En effet, au cours des recherches et des articles lus, on a pu retrouver des étiologies et des définitions, diverses et variées. A l'heure actuelle, les résultats et les avis de la communauté divergent, ainsi, aucun consensus n'a pu être trouvé.

En 2009, Silva et al. considèrent que les RRC sont une forme unique de caries rampantes par :

- Leur rapidité d'apparition et de progression
- Leur capacité destructrice (et sans symptomatologie douloureuse en général)
- Leur topologie : bords libres incisifs et région cervicale
- Leur aspect : lésions carieuses standards et dyschromies diffuses marron

Les dyschromies marron seraient pour Silva et al. des lésions carieuses débutantes qui pourraient expliquer la progression rapide des RRC. En effet, ils auraient détecté des lésions amélaire non

⁹ Poyton, « The effects of radiation on teeth ».

cavitaires correspondant macroscopiquement aux colorations brunes (cf. figure 2). Ainsi pour ces auteurs, il faudrait traiter ces colorations précocément (mais ils ne précisent pas par quels moyens).¹⁰

Figure 2 : À gauche, vue macroscopique de discoloration marron, et à droite 3 échantillons amélaire observés au microscope à lumière polarisée (E = émail)

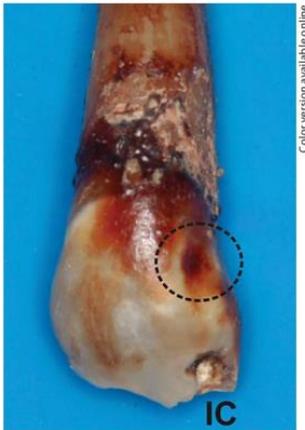


Fig. 1. Macroscopic view of specimen with brown discoloration affecting enamel (circle) and root surfaces. IC = Incisal caries.

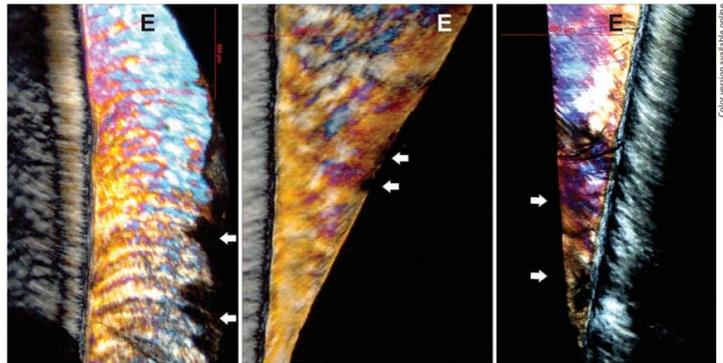


Fig. 7. Polarized light micrographs of enamel superficial demineralization (arrows) in noncavitated smooth surface of enamel in three different specimens. E = Enamel.

Source : Silva et al. « Patterns of demineralization and dentin reactions in radiation-related caries », 2009.

A droite, au niveau des flèches, on voit des déminéralisations amélaire superficielles non cavitaires sur des surfaces lisses qui correspondent macroscopiquement à ce que l'on voit à gauche (discolorations marron sur les surfaces lisses amélaire et radiculaires (ainsi qu'une lésion carieuse incisive = IC)).

La lésion carieuse en elle-même suivrait le même schéma de déminéralisation que la lésion standard : triangle avec la base vers la surface de la dent et la pointe vers la pulpe ou en demi-lune au niveau cervical. Avec à chaque fois, une zone déminéralisée, translucide, atubulaire puis la dentine réactionnelles et intrabulbaire (cf. figure 3).^{11 12}

¹⁰ Santos-Silva et al., « Patterns of demineralization and dentin reactions in radiation-related caries ».

¹¹ Santos-Silva et al.

¹² Fonseca et al., « Dentin-pulp complex reactions in conventional and radiation-related caries ».

Figure 3 : 4 coupes observés au microscope à lumière polarisée

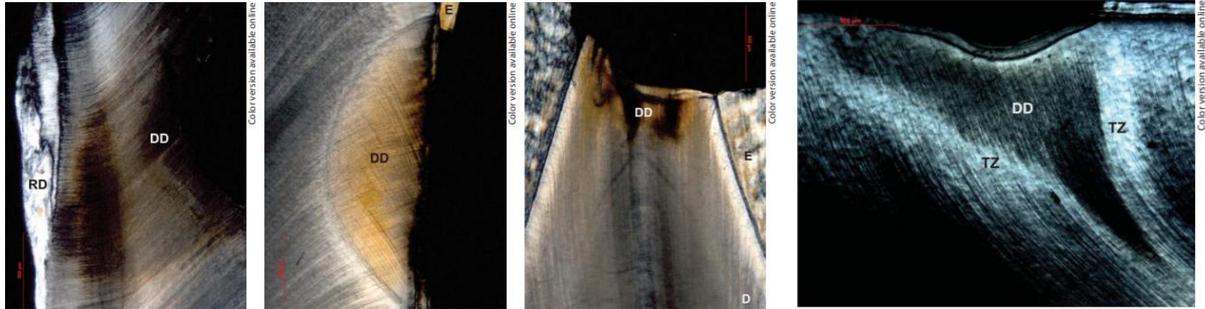


Fig. 4. Polarized light micrograph of a cervical caries lesion exhibiting reactionary dentin deposition (RD) in radicular canal pulp and a triangular pattern of demineralization. DD = Demineralized dentin.

Fig. 5. Incipient root surface caries exhibiting a half-moon-like shape with a semi-circular demineralized zone. E = Enamel; DD = demineralized dentin. Polarized light microscopy.

Fig. 6. Polarized light micrograph of a specimen with incisal caries. DD = Demineralized dentin; D = dentin; E = enamel.

Fig. 3. Polarized light micrograph of a cervical caries lesion exhibiting demineralizing dentin (DD), translucent zone (TZ) and a triangular pattern of demineralization.

Source : Silva et al. « Patterns of demineralization and dentin reactions in radiation-related caries », 2009.

Une revue systématique de la littérature sur la carie post-radique de 2015 identifierait 3 schémas cliniques différents pour la carie post-radique (cf. figure 4)¹³ :

- Type 1 (le plus commun) : **lésion cervicale** qui se développe de façon circonférentielle pour finir par amputer la couronne.
- Type 2 : apparition de zones de **déminéralisation**, généralement associées à des lésions d'usure chimique et mécanique sur les faces occlusales et bords libres.
- Type 3 (le moins fréquent) : apparition de **dyschromies** dentinaires, la teinte apparait marron foncée/noire et les bords libres ainsi que faces occlusales apparaissent usées.

¹³ Gupta et al., « Radiation-induced dental caries, prevention and treatment : a systematic review ».

Figure 4 : Photos des 3 types de RRC selon Gupta et al.



Figure 1: Type 1 are lesions affecting the cervical aspect of the teeth and extending along the cemento-enamel junction



Figure 3: Type 3 lesions present as color changes in the dentin. The crown is dark brown-black, along with occlusal wear



Figure 2: (a) Type 2 presents with demineralized and worn occlusal surfaces.
(b) Type 2 presents with demineralized and worn occlusal surfaces

Source : Gupta et al. « Radiation-induced dental caries, prevention and treatment », 2015.

La même année, Santos-Silva et son équipe qui ont mené une étude clinique comparative sur 5 patients émettent l'hypothèse que ce type de **carie serait lié à l'hyposialie** induite par la radiothérapie. Ainsi, cette lésion serait similaire aux lésions carieuses rampantes que l'on peut retrouver avec certaines médications sialoprives, le syndrome de Goujerot ou encore dans la réaction du greffon contre l'hôte (cGHD) de par sa localisation, sa vitesse d'évolution et l'hyposialie en place (cf. figure 5).¹⁴

Figure 5 : Photos cliniques montrant des lésions carieuses dans un contexte de réaction de greffon contre l'hôte (cGHD)



Source : Santos-Silva et al. « cGVHD-related caries and its shared features with other 'dry-mouth'-related caries », 2015.

¹⁴ Santos-Silva et al., « cGVHD-related caries and its shared features with other 'dry-mouth'-related caries ».

Deux années plus tard, Rangel Palmier et al. ont étudié cliniquement et photographiquement 833 dents prélevées sur 60 patients différents, irradiés pour cancer des VADS entre 2003 et 2016. Ils ont trouvé que 97,7 % des dents présentaient une lésion carieuse. Ils les ont comparées et émettent l'idée que c'est une **lésion carieuse spécifique qui suivrait son propre schéma de développement**.

Selon son stade de sévérité, on retrouverait :

- des fêlures amélares et usure des bords libres, des colorations brunes/noires (respectivement images B, D, A de la figure 6)
- des lésions carieuses au collet/jonction amélo-cémentaire conduisant à un décollement amélaire (photo C de la figure 6) et à une destruction de la dentine sous-jacente puis une perte de la couronne dentaire.¹⁵ Cette carie partirait du collet et se propagerait à toute la surface pour conduire à la perte de la couronne dentaire.

Figure 6 : Photos cliniques des différents stades de sévérité d'une lésion carieuse post-radique précédemment décrits



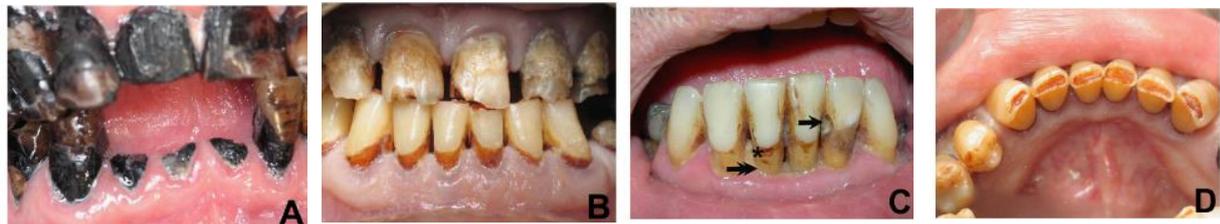
Source : Rangel Palmier et al. « Radiation-related caries assessment through the international caries detection and assessment system and the post-radiation dental index », 2017.

Pour certains comme Thariat et al. et la Société Française de Radiothérapie Oncologique (SFRO) en 2010, **les fêlures** avec les dents crénelées à bord coupant **et les colorations dentaires** extrinsèques/acquises (cf. figure 7) seraient des **complications dentaires** liées au rayonnement, à distinguer de la carie radio-induite en elle-même.¹⁶ Ils contredisent ainsi les conclusions plus récentes de Rangel Palmier et al. ainsi que de la revue systématique de 2015. Ils précisent également que les dents d'ébène seraient dues à la colonisation des dents par des bactéries chromogènes et que cette coloration atypique ne serait pas une caractéristique systématique.

¹⁵ Rangel Palmier et al., « Radiation-related caries assessment through the international caries detection and assessment system and the post-radiation dental index ».

¹⁶ Thariat et al., « Dent et irradiation : denture et conséquences sur la denture de la radiothérapie des cancers de la tête et du cou ».

Figure 7 : Photos illustrant les complications dentaires que l'on peut rencontrer après une radiothérapie

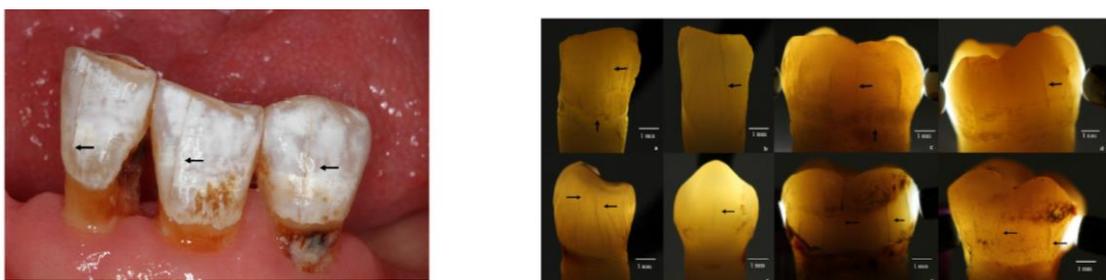


A = dents d'ébènes, B = dents crénelées avec RRC débutante, C = RRC, D = altération de l'émail avec coloration de la dentine de la face occlusale

Source : Thariat et al. « Dent et irradiation : denture et conséquences sur la denture de la radiothérapie des cancers de la tête et du cou », 2010.

L'étude de 2018 de Rangel Palmier et al. confirmerait en se fiant à l'observation clinique, que les fendillements et fractures seraient bien des composantes des lésions carieuses post-radiques naissantes et s'incluraient dans ce qu'il nomme le « **cracked tooth syndrome** ». ¹⁷ En effet, en analysant 40 dents extraites sur des patients ayant eu une radiothérapie pour cancer des VADS, ils auraient constaté que ces fendillements pouvaient apparaître avant les discolorations brunes/noires, l'usure du bord libre (et destruction voire perte de la couronne complète) cf. figure 8. Cela traduirait pour eux une fragilité amélaire post-rayons X. Ils pensent même que les fêlures offriraient aux bactéries une zone de colonisation facile qui pourrait jouer sur la progression de la carie post-radique.

Figure 8 : Observation des fêlures amélares coronaires post-radiothérapie (photo à droite et une photo avec transillumination à gauche)



Source : Rangel Palmier et al, « Cracked tooth syndrome in irradiated patients with head and neck cancer », 2018.

¹⁷ Rangel Palmier et al., « Cracked tooth syndrome in irradiated patients with head and neck cancer ».

Il est à noter, cependant, que plusieurs sources de l'article de 1997 écrit par l'équipe de Kielbassa et al. contredisent cette théorie en disant que les fêlures seraient liées à un stress mécanique dû à la contracture des muscles masticateurs.¹⁸

En conclusion, en 2020, nous n'avons toujours pas de consensus sur la définition des RRC. Nous retiendrons que l'on doit distinguer les caractéristiques de la maladie carieuse post-radique, de la lésion en elle-même, ainsi nous noterons :

- pour la lésion : la topologie particulière (bord libre et cervicale) et la vitesse de progression rapide.
- pour la maladie : des comorbidités fréquentes = fêlures/usure, dyschromies dentinaires et amélaire.

Le seul signe pathognomonique d'une maladie carieuse post-radique serait la lésion carieuse en elle-même. Les autres signes pouvant y être associés sont plus ou moins fréquents et plus ou moins prononcés.

La RRC est une complication pathologique de la radiothérapie. On peut supposer l'hypothèse de cofacteurs liés au développement bactérien (déséquilibres et voies de passage). Le tissu amélaire pourrait subir des transformations histologiques générant des fêlures de surface (aggravées par les contraintes musculaires liées à la LOB) et une délamination au niveau de la jonction amélo-dentinaire (observations faites par Palmier et al.) offrant des portes d'entrée atypiques aux bactéries. De plus, les modifications de l'écosystème buccal (hyposialie, spécificités bactériennes) pourraient également entraîner chez certains patients : une coloration particulière, de l'usure par manque de lubrification salivaire et une pénétration bactérienne au niveau des zones cervicales devenues très vulnérables. L'absence de bouclier salivaire constituant en plus un des facteurs de risque carieux connu sur le moyen et long terme.

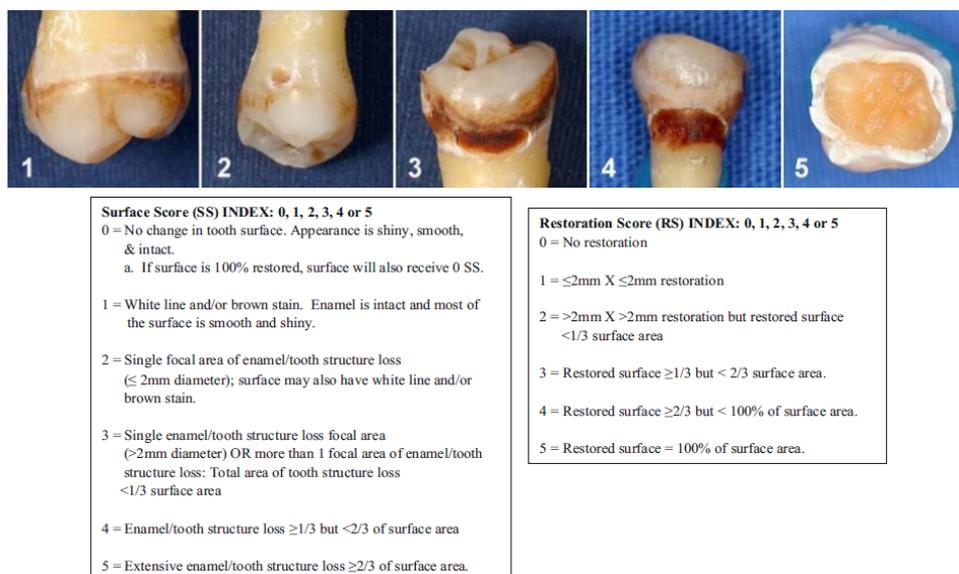
1.1.2. Classifications

Par envie d'uniformisation, Walker, Williams et Wichman, ont essayé d'établir une classification en 2008, la PRDI : Post-Radiation Dental Index¹⁹, qui ne prend pas en compte le rebord incisal et les faces proximales (cf. figure 9)

¹⁸ Kielbassa et al., « Irradiation effects on microhardness of fluoridated and non-fluoridated bovine dentin ».

¹⁹ Walker, Williams, et Wichman, « Post-radiation dental index : development and reliability ».

Figure 9 : Photos des surfaces atteintes par des caries post-radiques reliées un score allant de 1 à 5 et tableau des 2 scores proposés



Source : Walker, Williams et Wichmann, « Post-radiation index : development and reliability » 2008.

Les autres auteurs qui considèrent la RRC comme une carie « standard » pensent que l'on devrait utiliser l'ICDAS (International Caries Detection et Assessment System). Une étude menée en 2017 par Rangel Palmier et al. a donc porté sur la pertinence de ces 2 classifications : ICDAS et PRDI. Pour ce faire, 814 lésions carieuses post- radiques ont été prises puis classées en utilisant l'une et l'autre. Au vu des études antérieures et leurs observations, ils ont conclu qu'elles ne sont pas exploitables car les deux ne prennent pas en compte l'ensemble du spectre qualificatif de la carie post-radique définie par eux-mêmes : les fissures, altérations de la couleur de surface, la délamination et la typologie atypique. Ainsi, en tenant compte des divergences d'opinion sur la définition, la tentative de classification paraît vaine voire inutile. Il faudrait d'abord réaliser d'autres études complémentaires pour affiner la sémiologie de cette affection particulière (cf. tableau 1 comparatif).

Tableau 1 : Tableau résumant les similitudes et différences basées sur la bibliographie précédente

	Maladie carieuse « standard »	Maladie carieuse post-radique
Localisation des lésions	Puits, fissures ou sous les points de contacts	En cervicale de surfaces lisses ou sur les bords libres/cuspides (dents antérieures mandibulaires ++)
Histologie des lésions	Déminéralisation à schéma triangulaire : base du côté de la surface dentaire et pointe tournée vers la pulpe dentaire.	
Symptomatologie	+/- douloureux	Pas de douleurs sévères
Vitesse	Variabilité inter-individuelle	Plus rapide Plus destructrice Plus agressive
Classification	ICDAS Si/StA (site/stade)	AUCUNE PRDI (non utilisée)
Comorbidités fréquentes	Aucune démontrée	Fêlure amélaire (cracked tooth syndrome) Dyschromies : déminéralisation, coloration brun/noire (dents d'ébène) Décollement amélaire/Usure dentaire

Source : Auteur, 2020.

De nouvelles études seraient donc à mener pour véritablement poser le diagnostic et cela le plus précocement possible. Rangel Palmier et al. soulignent le fait qu'il faudrait une classification clinique au plus vite pour aider les praticiens à réaliser un diagnostic puis une prise en charge efficace et rapide.²⁰

Comme il n'existe pas de classification pour répertorier les lésions carieuses post-radiques consensuelle en 2020, on peut proposer de considérer ces lésions comme des « classiques » et ainsi, utiliser la classification SiSta pour faire ressortir la problématique clinique, principalement liée au site cervical. Dans ce cas, on considérerait les fêlures (inhérentes aux radiations) comme des portes d'entrée pour la mise en place du processus carieux. Cependant, la description topographique à but thérapeutique proposée avec SiSta devrait être recontextualisée avec les conditions spécifiques de développement de la carie post-radiothérapie (particularités du tissu et de l'environnement).

En résumé,

A travers ces différentes définitions et caractérisations proposées par les auteurs, on constate la difficulté de définir la carie post-radique. Il s'agit d'un processus pathologique dont :

- L'environnement est particulier du fait du patient (hygiène, hyposialie, habitudes, état général etc.).
- Le processus pathologique bactérien caractéristique pourrait être légèrement différent du processus connu, classique.
- Le substrat agressé est également susceptible d'avoir subi des modifications tissulaires.
- Le traitement serait spécifique (étant donné les critères précédents et la spécificité de localisation des lésions)

Dans la partie suivante, nous allons nous intéresser aux effets directs des rayons X sur le tissu dentaire pour essayer de mieux comprendre le mécanisme de développement de la RRC.

1.2. Effets directs des rayons X

On définira un effet direct, comme l'effet du rayonnement ionisant en lui-même sur les tissus. On évoquera ses effets sur les tissus minéralisés amélaire et dentinaire en terme de composition, structure et propriétés mécaniques, puis ses effets sur le tissu pulpaire.

²⁰ Rangel Palmier et al., « Radiation-related caries assessment through the international caries detection and assessment system and the post-radiation dental index ».

Les rayonnements ionisants vont majoritairement affecter l'ADN des cellules via un double mécanisme:

- une action directe : leur passage arrache des électrons altérant les structures atomique et moléculaire des cellules.
- une action indirecte : création de radicaux libres par ionisation ou radiolyse de l'eau, réaction chimique entraînant la coupure des molécules. L'action sur les cellules est indirecte car elle se ferait via les radicaux produits : H_2O_2 , H_2 , H^+ . La majorité des lésions surviendraient via ces mécanismes.²¹

1.2.1 Modification du tissu minéralisé amélaire et dentinaire

1.2.1.1. Dans sa composition

L'émail a une structure composée de 95 % de minéraux, 4 % d'eau et 1 % de protéines. La partie minérale est composée de cristaux d'hydroxyapatite de formule chimique, $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$. Selon une étude de 2017, la composition en Ca/P analysée par analyse dispersive en énergie, resterait inchangée après irradiation.²² En revanche, la **solubilité des cristaux d'hydroxyapatite** serait **modifiée** d'après un article publié en 2014 mais les répercussions de cet effet n'ont pas été expliquées en détail.²³ Ceci semblerait être confirmé avec l'étude de Lu et al de 2019 qui aurait démontré une diminution de la cristallinité de l'hydroxyapatite amélaire ce qui augmenterait la solubilité des cristaux à pH acide. Pour eux cette diminution expliquerait que le ratio protéines/minéraux serait augmenté après radiothérapie.²⁴

La dentine située entre l'émail et la pulpe est composée de 70 % de minéraux, 20 % de protéines, et 10 % d'eau. Après irradiation, on remarque fréquemment une hypersensibilité dentinaire qui gêne le patient pour brosser efficacement et dont l'exacte raison reste inconnue. Au vu des données recueillies dans la littérature, la composition dentinaire serait modifiée par la radiothérapie. Par spectroscopie IRTF, l'étude de 2017 de Rodrigues et al. a montré qu'il y aurait une **perturbation de la composition dentinaire**. D'après eux, cette dénaturation de la structure dentinaire à l'échelle moléculaire serait liée aux radicaux libres produits par le passage des rayons X.²⁵ L'étude de Lu et al.

²¹ Bemer et al., « Radiothérapie et soins buccodentaires ».

²² Barros da Cunha et al., « Effects of different radiation doses on the microhardness, superficial morphology, and mineral components of human enamel ».

²³ Gonçalves et al., « Radiation therapy alters microhardness and microstructure of enamel and dentin of permanent human teeth ».

²⁴ Lu et al., « Direct radiation-induced effects on dental hard tissue ».

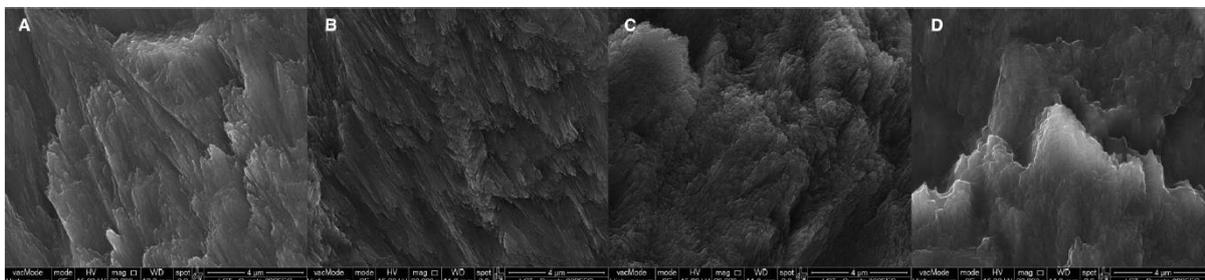
²⁵ Rodrigues et al., « Influence of radiotherapy on the dentin properties and bond strength ».

confirmerait ce changement en montrant un ratio protéines/minéraux diminué quand les doses d'irradiation augmentent. Pour les auteurs, cela pourrait s'expliquer par la destruction protéique.²⁶

1.2.1.2. Dans sa structure

Concernant l'émail, une étude *in vitro* de 2017 a conclu en analysant des coupes au MEB qu'il y avait un léger **changement structural** au niveau de l'émail cervical après 70 Gy.²⁷ La structure amélaire y apparaît plus lisse (cf. figure 10). L'article ne propose cependant pas d'explication quant à cette modification.

Figure 10 : Coupe d'émail cervical observée au MEB à un grossissement de 20 000



A est le groupe contrôle, B (irradié à 20 Gy), C (irradié à 40Gy) et D (irradié à 70Gy)

Source : Barros da Cunha et al, « Effects of different radiation doses on the microhardness, superficial morphology and mineral components of human enamel », 2017.

Après une dose cumulée de 30 Gy, une étude de 2014 ayant utilisé le même outil a constaté une modification au niveau de la structure inter-prismatique (matrice organique de l'émail).²⁸ Ils émettent l'hypothèse suivante : étant donné que cette région contiendrait la concentration hydrique amélaire, elle permettrait plus de réactions oxydatives donc plus de radicaux libres seraient produits et on aurait plus de destruction. Ces résultats coïncident avec ceux trouvés en 2019 par l'équipe de Lu. A l'aide de l'AFM (Microscope à Force Atomique), ils ont pu constater que les prismes apparaîtraient plus courts et moins différenciés. La structure prismatique apparaîtrait érodée, informe et difficile à reconnaître. Sur le MEB, on verrait bien la destruction de la substance interprismatique (cf. figure ci-dessous).²⁹

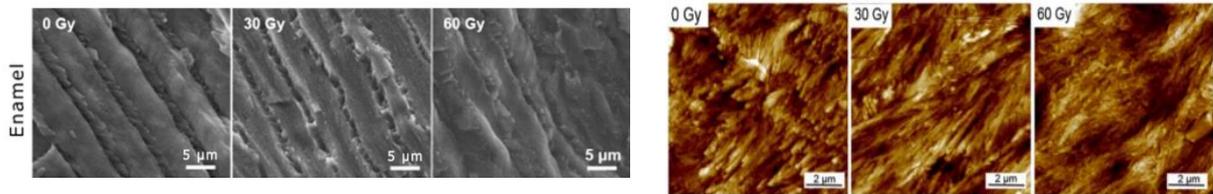
²⁶ Lu et al., « Direct radiation-induced effects on dental hard tissue ».

²⁷ Barros da Cunha et al., « Effects of different radiation doses on the microhardness, superficial morphology, and mineral components of human enamel ».

²⁸ Gonçalves et al., « Radiation therapy alters microhardness and microstructure of enamel and dentin of permanent human teeth ».

²⁹ Lu et al., « Direct radiation-induced effects on dental hard tissue ».

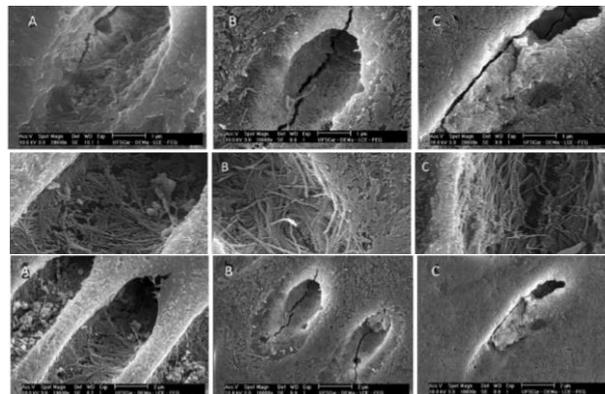
Figure 11 : Tissu amélaire observé au MEB à droite et au AFM à gauche



Source : Lu et al. « Direct radiation-induced effects on dental hard tissue », 2019.

Concernant la structure dentinaire, les modifications moléculaires détaillées plus haut entraîneraient une **altération structurale**. La radiothérapie entraînerait une altération de la triple hélice collagénique ainsi qu'une décarboxylation des groupements carboxylates du collagène, groupements permettant au collagène d'interagir avec la partie minérale³⁰ ce qui créerait des microfêlures dans l'hydroxyapatite.³¹ L'article de 2013 aurait noté en observant des coupes au MEB, des différences au niveau de la dentine inter-tubulaire, péri-tubulaire et intra-tubulaire. Ces altérations augmenteraient dès 30 Gy et 60 Gy. En effet, ils ont observé que des fissures apparaissaient dès 30 Gy et qu'à partir de 60 Gy, le réseau de fibres de collagène se casse et les tubuli s'oblitérent (cf. figure 12).³² L'oblitération des tubuli serait liée à la dégénérescence odontoblastique selon Gupta et al.³³

Figure 12 : Coupes observées au MEB de dentine permanente sur un zoom de 1000 pour la première puis les deux dernières à 20 000



Source : Gonçalves et al. « Radiation therapy alters microhardness and microstructure of enamel and dentin of permanent human teeth », 2014.

³⁰ Rodrigues et al., « Influence of radiotherapy on the dentin properties and bond strength ».

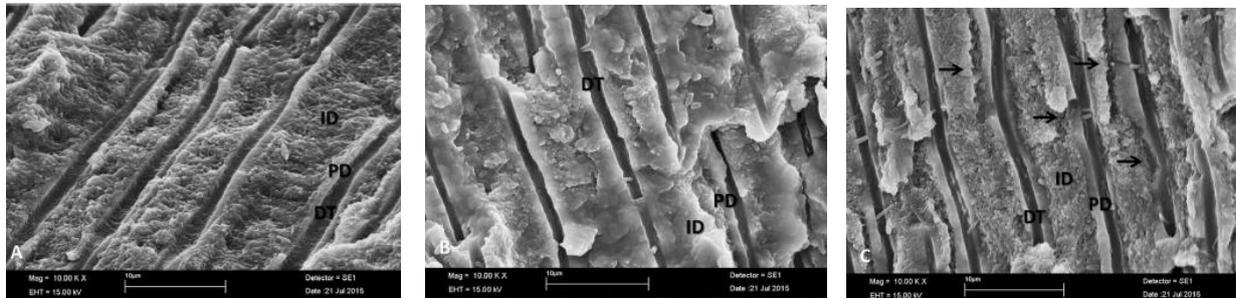
³¹ Liang et al., « Effect of high energy X-ray irradiation on the nano-mechanical properties of human enamel and dentine ».

³² Gonçalves et al., « Radiation therapy alters microhardness and microstructure of enamel and dentin of permanent human teeth ».

³³ Gupta et al., « Radiation-induced dental caries, prevention and treatment : a systematic review ».

Une étude de 2017 a aussi observé au MEB qu'une discontinuité apparaissait entre la dentine péri et inter-tubulaire après irradiation (cf. figure 13).³⁴

Figure 13 : Comparaison au MEB d'une coupe de dentine saine (A), 2 coupes de dentine irradiée à 72 Gy (1.8Gy / jour pendant 8 semaines)

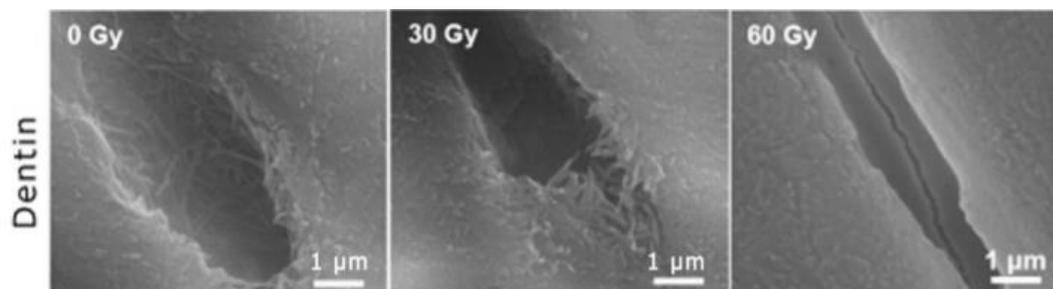


Source : Rodriguez et al. « Influence of radiotherapy on the dentin properties and bond strength », 2017.

Sur la dentine saine (A), on voit que la péri-tubulaire apparaît plus minéralisée, plus lisse et que l'inter-tubulaire présentant une surface plus rugueuse. Pour la dentine irradiée (B et C), la distinction dentine tubulaire et inter-tubulaire est moins claire. L'aspect de la dentine inter-tubulaire est moins rugueux. Sur la plus irradiée (C), on remarque une discontinuité dans l'organisation de la structure sur plusieurs zones.

L'étude récente de janvier 2019 confirmerait à son tour cette altération structurale. Ils constateraient une oblitération des tubuli, une dégénérescence de la matrice collagénique et des fêlures sur la paroi tubulaire à partir de 30 et 60 Gy (cf. figure 14 ci-dessous).³⁵

Figure 14 : Coupe de dentine irradiée au MEB



Source : Lu et al. « Direct radiation-induced effects on dental hard tissue », 2019.

³⁴ Rodrigues et al., « Influence of radiotherapy on the dentin properties and bond strength ».

³⁵ Lu et al., « Direct radiation-induced effects on dental hard tissue ».

En résumé, les rayonnements entraîneraient des modifications structurales amélaire et dentinaire par :

- Effets indirects via la radiolyse l'eau entraînant la production de radicaux libres ou hautement réactifs qui déstructurent le tissu et l'assèche.
- Effets directs via la modification de l'ADN, des structures secondaire et tertiaire des protéines ainsi que la décarboxylation oxydative des groupements terminaux carboxylates du collagène (faisant le lien avec les cristaux d'hydroxyapatite dentinaires).

Il est à noter qu'une dent dépulpée perd sa composante hydrique externe due à la pulpe mais conserve les molécules d'eau liées dans la structure du tissu. Ici, ce sont les molécules d'eau liées dans la profondeur du tissu dentinaire qui peuvent être détruites expliquant ainsi son assèchement en profondeur.

Ces modifications des tissus dentaires vont avoir des répercussions sur les propriétés mécaniques.

1.2.1.3. Dans ses propriétés mécaniques

- **Microdureté**

Concernant l'émail, sa dureté diminuerait de 73 %³⁶ selon Fränzel et Gerlach (2009), contre 87 % pour Liang et al. (2016).³⁷ En revanche, une étude datant de 2000 menée par Kielbassa et al. n'aurait pas trouvé de différence significative.³⁸ En 2014, une étude brésilienne conclurait également que l'irradiation ne changerait pas la dureté amélaire globale. En revanche, pour eux, la dureté de l'émail superficiel diminuerait sous 30 Gy puis augmenterait au-delà de cette dose. Ils émettent la théorie que l'irradiation entraînerait un remaniement des bandes de Hunter-Schreger.³⁹

Pour une étude plus récente de 2019, la microdureté amélaire serait inchangée sauf à 50 microns de la JAD où elle diminuerait.⁴⁰ Ainsi, il semblerait que l'atteinte de la microdureté varierait selon la région amélaire concernée.

Concernant la dentine, hormis une étude de Rodrigues et son équipe datant de 2017 qui a montré que la dureté dentine irradiée était augmentée⁴¹, les autres tendent vers une baisse. On aurait pour

³⁶ Fränzel et Gerlach, « The irradiation action on human dental tissue by X-rays and electrons : a nanoindenter study ».

³⁷ Liang et al., « Effect of high energy X-ray irradiation on the nano-mechanical properties of human enamel and dentine ».

³⁸ Barros da Cunha et al., « Effects of different radiation doses on the microhardness, superficial morphology, and mineral components of human enamel ».

³⁹ Gonçalves et al., « Radiation therapy alters microhardness and microstructure of enamel and dentin of permanent human teeth ».

⁴⁰ Lu et al., « Direct radiation-induced effects on dental hard tissue ».

Fränzel et Gerlach un baisse de l'ordre de 55 % et pour Liang et al. de 73 %.⁴² Selon une étude de 2007, la dentine présenterait une atteinte globale de sa dureté suite aux irradiations⁴³ alors que pour Gonçalves et al. sa dureté serait surtout diminuée dans l'épaisseur moyenne.⁴⁴ On retrouverait même cette baisse de la dureté chez l'animal. En effet, en 1997, une étude sur la région cervicale d'incisive irradiée bovine aurait montré que la dentine bovine serait sévèrement affectée par l'irradiation à 60 Gy. Elle ne pourrait plus servir de support à l'émail qui se fissurerait et deviendrait poreux.⁴⁵

Ainsi, les résultats des recherches et le sens clinique convergent vers une baisse de la dureté amélaire et dentinaire post-radiothérapie. En revanche, les zones affectées et la dose à partir de laquelle on aurait une atteinte, restent controversées.

- **Module d'élasticité**

Une étude ayant utilisé la vitesse de transmission des US (VTU) pour mesurer le module d'élasticité a montré que l'émail et la dentine irradiés voient leur valeur augmenter.⁴⁶ Cependant cette étude est contestée par les résultats obtenus en 2007 par Fränzel et Gerlach. Pour eux, après irradiation à 60 Gy, le module d'élasticité amélaire serait diminué de 60 % et celui dentinaire de 45 %.⁴⁷ Cette baisse sera aussi démontrée par :

- Liang et al. en 2016 avec 78 % pour l'émail et 44 % pour la dentine.⁴⁸
- Lu et al en 2019 pour l'émail à 50 micron de la JAD.⁴⁹

En tout cas, les propriétés mécaniques dentinaires sembleraient moins affectées par l'irradiation que celles de l'émail.

⁴¹ Rodrigues et al., « Influence of radiotherapy on the dentin properties and bond strength ».

⁴² Liang et al., « Effect of high energy X-ray irradiation on the nano-mechanical properties of human enamel and dentine ».

⁴³ Fränzel et Gerlach, « The irradiation action on human dental tissue by X-rays and electrons : a nanoindenter study ».

⁴⁴ Gonçalves et al., « Radiation therapy alters microhardness and microstructure of enamel and dentin of permanent human teeth ».

⁴⁵ Kielbassa et al., « Irradiation effects on microhardness of fluoridated and non-fluoridated bovine dentin ».

⁴⁶ Al-Nawas et al., « Using ultrasound transmission velocity to analyse the mechanical properties of teeth after in vitro, in situ, and in vivo irradiation ».

⁴⁷ Fränzel et Gerlach, « The irradiation action on human dental tissue by X-rays and electrons : a nanoindenter study ».

⁴⁸ Liang et al., « Effect of high energy X-ray irradiation on the nano-mechanical properties of human enamel and dentine ».

⁴⁹ Lu et al., « Direct radiation-induced effects on dental hard tissue ».

1.2.1.4. Cas particulier de la jonction amélo-dentinaire

Une étude de 2005 mentionne qu'elle serait moins résistante aux attaques acides après irradiation.⁵⁰ Ces résultats sont soutenus par un article de 2013 qui explique que la destruction du collagène pulpaire et la dégénérescence du processus odontoblastique entraîneraient une fragilité de cette jonction.⁵¹

En 2015, Reed et son équipe concluent in vitro que l'irradiation augmenterait le module d'élasticité ainsi que les duretés amélaire et dentinaire proche de la jonction (500 ou 30 microns). Or dans des conditions physiologiques, les tissus de la JAD sont moins minéralisés que les deux voisins et plus riches en matière organique afin de protéger l'organe dentaire contre entre autre, de la propagation des fêlures.⁵² Ils auraient aussi trouvé une augmentation du ratio phosphate/matière organique dans les tissus adjacents à la JAD qui seraient pour eux liés à la destruction protéique post-radique.⁵³

Cependant, Barros da Cunha et son équipe ont trouvé en 2017 avec deux tests différents que la dureté de l'émail cervical diminuerait avec l'exposition aux rayons. Cet effet serait dose – dépendant et s'expliquerait par le fait que l'émail y est plus fin et plus poreux que dans sa partie coronaire.⁵⁴

Une autre équipe en 2019 aurait constaté une baisse de la microdureté amélaire à 50 micromètres de la JAD. Cette diminution serait associée à une diminution du module d'élasticité (à 30 Gy et 60 Gy) et une altération structurale visible au MEB. Des fissures apparaîtraient à mesure que les doses augmentent. A 30 et 60 Gy, la JAD apparaîtrait instable et discontinue (cf. figure 15).

⁵⁰ Springer et al., « Radiation caries : radiogenic destruction of dental collagen ».

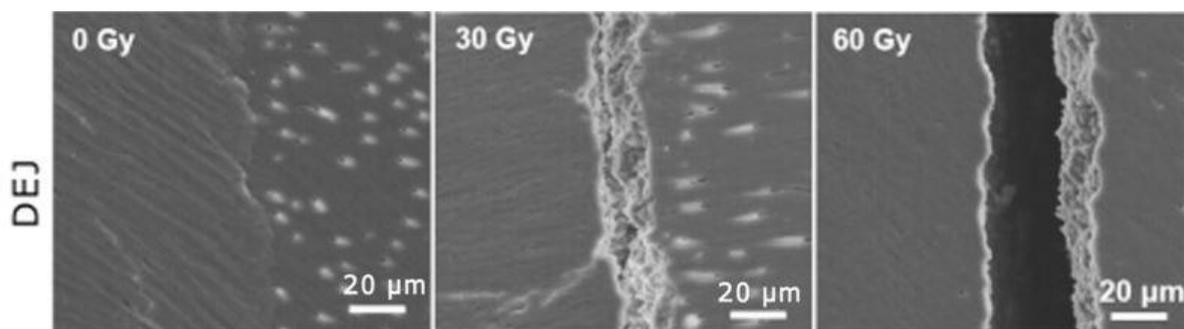
⁵¹ Ray-Chaudhuri, Shah, et Porter, « The oral management of patients who have received radiotherapy to the head and neck region ».

⁵² Bazos et Magne, « Bio-emulation : biomimetically emulating nature utilizing a histo-anatomic approach : structural analysis ».

⁵³ Reed et al., « Radiotherapy effect on nano-mechanical properties and chemical composition of enamel and dentine ».

⁵⁴ Barros da Cunha et al., « Effects of different radiation doses on the microhardness, superficial morphology, and mineral components of human enamel ».

Figure 15 : JAD irradiée observée au MEB



Source : Lu et al., « Direct radiation-induced effects on dental hard tissue », 2019.

La diminution du degré de cristallinité majorée dans l'émail après radiothérapie créerait une augmentation de la solubilité de l'hydroxyapatite à pH acide. Associé à la baisse de la microdureté, du module d'élasticité et aux fissures constatée au MEB pourrait expliquer selon Lu et al. que les RRC se retrouvent au niveau du collet. Ils émettent l'hypothèse que ce serait la plus grande concentration organique dans les tissus entourant la JAD qui justifierait sa destruction précoce par les 6 semaines de radiothérapie. Ainsi, la JAD serait une zone plus à risque par l'apparition des porosités amélaire et discontinuités tissulaires post-radiques car ces modifications serviraient aux bactéries cariogènes de surface réténive et de voie d'entrée.⁵⁵

Cependant, au vu des divergences d'autres études seraient à mener pour mieux cerner les changements sur cette région particulière.

1.2.2 Modification du tissu pulpaire

En 2005, l'étude de Springer et al. constaterait des dommages directs sur le collagène pulpaire dès 31.5 Gy par chromatographie en phase liquide à haute performance. Ils suggèrent que la destruction radiogénique du collagène pulpaire pourrait contribuer au long terme à une fibrose secondaire et à une diminution de la vascularisation affectant le métabolisme odontoblastique⁵⁶ (diminution confirmée par l'Institut Gustave Roussy).⁵⁷

⁵⁵ Lu et al., « Direct radiation-induced effects on dental hard tissue ».

⁵⁶ Springer et al., « Radiation caries : radiogenic destruction of dental collagen ».

⁵⁷ Bernard et Peronnet, « Soins buccodentaires et radiothérapie ».

Cependant, une étude portant sur les singes aurait montré qu'après irradiation de l'arcade maxillaire à des doses thérapeutiques, il n'y aurait aucune altération microscopique de la pulpe dentaire.⁵⁸

Ce résultat est conforté par :

- Une étude de 2014 où aucune différence dans la microvascularisation, l'innervation et dans la composition de la matrice extracellulaire pulpaire n'aurait été constaté dans 33 échantillons pulpaires irradiés puis testés par immunohistochimie.⁵⁹
- Une étude de 2016 de Katoaka et al où il n'y aurait pas de différence 4-6 ans après la radiothérapie concernant la sensibilité pulpaire des dents irradiées. Ils auraient testé 180 dents (dont 90 irradiées) avec test au froid et oxymétrie de poul (pour mesurer la saturation en oxygène dans la pulpe). Ils supposent que s'il y a un effet pulpaire toxique des rayons, il pourrait être réversible et non pas au long terme comme pour le tissu osseux.⁶⁰
- Une étude de 2019 sur la réaction du complexe pulpo-dentinaire dans les RRC. Fonseca et al. concluraient par analyse au microscope optique que la physiopathologie pulpaire serait similaire à celle obtenue pour une lésion carieuse standard et qu'on aurait une conservation de l'aspect vasculaire et la formation de dentine réactionnelle.⁶¹
- Une étude de 2009 qui aurait montré au microscope à lumière polarisée que la fonction odontoblastique serait normale avec une production de dentine réactionnelle et intratubulaire.⁶²

En résumé,

Les études ne donnent pas toutes la même importance aux effets directs des rayons ionisants sur les tissus dentaires. Il apparaît quand même que les rayonnements entraîneraient une modification moléculaire qui se traduirait à l'échelle tissulaire par des changements mécaniques et structuraux. L'émail semblerait plus affecté que la dentine au niveau de ses caractéristiques physiques mais c'est le comportement synergique des deux tissus qui pourrait être le plus modifié. Il semblerait que leur fragilité post-radiothérapie pourrait les rendre plus susceptibles à la pénétration bactérienne (fêlure,

⁵⁸ Springer et al., « Radiation caries : radiogenic destruction of dental collagen ».

⁵⁹ Faria et al., « Micromorphology of the dental pulp is highly preserved in cancer patients who underwent head and neck +radiotherapy ».

⁶⁰ Kataoka et al., « Late effects of head and neck radiotherapy on pulp vitality assessed by pulse oximetry ».

⁶¹ Fonseca et al., « Dentin-pulp complex reactions in conventional and radiation-related caries ».

⁶² Santos-Silva et al., « Patterns of demineralization and dentin reactions in radiation-related caries ».

dissociation entre les tissus) et donc au développement des lésions carieuses. Et ce notamment au niveau de la JAD qui serait une zone modifiée dans sa structure par la radiothérapie de par sa structure plus organique. D'autres études seraient à mener afin de mieux comprendre les effets des rayons sur le tissu pulpaire. Il en est de même au niveau de la transformation des molécules collagéniques, de l'impact des radicaux libres et de la décarboxylation oxydative.

1.3. Effets indirects des rayons X

La lésion carieuse est provoquée par un déséquilibre de 4 facteurs : dentaire, bactérien, alimentaire et salivaire. Nous avons déjà regardé le premier dans la partie précédente. Nous allons regarder maintenant l'effet des rayons X sur les 3 autres pour mieux comprendre le mécanisme.

1.3.1 Modification de la flore, régime alimentaire et hygiène

Les rayonnements entraîneraient une modification de la flore bactérienne buccale. En effet, il a été montré que les bactéries cariogènes et acidophiles comme *S. mutans* et *Lactobacillus* seraient plus nombreuses pendant la radiothérapie. Ces changements pourraient même persister 3 mois après voire plus. Cette perturbation de la flore ne serait pas uniquement liée au rayonnement, il semblerait que l'hyposialie et les changements dans la composition salivaire participeraient à l'altération du microbiote commensale orale et au fait qu'il devienne plus pathogène.⁶³

Cette théorie est contestée par une étude de 2015 qui conclut qu'il n'y aurait pas de changement dans les cultures de *Streptococcus* et *Lactobacillus* : ni dans la biodiversité, ni dans la composition des cultures entre des bactéries irradiées et des bactéries non irradiées.⁶⁴

La radiothérapie a aussi un impact sur le régime alimentaire des patients. On constate des changements dans la fréquence et la composition des repas à cause des effets secondaires:

- La dysgueusie (plus ou moins transitoire) : perte post-radiothérapie des goûts majoritairement acide et amer qui modifie leur envie et satiété.
- La dysphagie provoquée par les modifications salivaires et le traitement. Les patients atteints ne pourront plus avaler que des boissons sucrées et/ou liquides. Elles peuvent aussi entraîner des troubles du sommeil modifiant le rythme et le moral.

⁶³ Kielbassa et al., « Radiation-related damage to dentition ».

⁶⁴ Zhang et al., « Investigation of salivary function and oral microbiota of radiation caries-free people with nasopharyngeal carcinoma ».

Certains patients vont parfois perdre beaucoup de poids et devront alors suivre un régime médical hypercalorique (apport régulier sucré) pour supporter le traitement.

L'hygiène est aussi perturbée car :

- Les séances de radiothérapie sont chronophages.
- On a un manque de communication sur l'importance de l'assiduité du brossage pendant les radiothérapies.
- Le stress et l'état psychologique du patient font qu'il peut minimiser cet aspect-là.
- Les effets secondaires de la radiothérapie tels que les mycoses et les mucites peuvent rendre le brossage inconfortable voire impossible sans aide médicamenteuse.

Ainsi, avec un apport sucré régulier, une diminution du brossage sur un terrain immunitaire fragile où la flore serait elle-même plus cariogène, le Risque Carieux Individuel (RCI) de ces patients ne peut qu'être très augmenté. Comme nous allons le voir dans la partie suivante, il faut ajouter à ces facteurs de risque que l'élimination naturelle des aliments par la salive est diminuée par l'hyposialie.

1.3.2 Troubles salivaires

Dès que l'on fait une radiothérapie cervico-faciale, on a une irradiation des tissus et organes à proximité de la tumeur. Une technique récente, la RCMI (Radiothérapie Conformationnelle avec Modulation d'Intensité) a été décrite comme étant davantage conservatrice pour les muscles masticateurs et les glandes salivaires.⁶⁵ Offrir une irradiation plus ciblée de la tumeur permettrait d'après l'article de 2015 de Zhang et al. de réduire la baisse de la fonction salivaire comparée à la radiothérapie conventionnelle.⁶⁶

En effet, les glandes salivaires seraient sensibles aux irradiations et on aurait une diminution rapide de leur fonction même à de faible dose. Depuis la 1^{ère} description de l'endommagement des glandes par irradiation en 1911, par Bergonié, de nombreuses études ont été menées. Depuis 1966, on en relèverait plus de 900.⁶⁷ Il en découle que l'impact dépendrait du type de glande : la glande parotide serait plus sensible aux rayons et les glandes submandibulaires plus radio-résistantes.

⁶⁵ Liang et al., « Radiation caries in nasopharyngeal carcinoma patients after intensity-modulated radiation therapy : a cross-sectional study ».

⁶⁶ Zhang et al., « Investigation of salivary function and oral microbiota of radiation caries-free people with nasopharyngeal carcinoma ».

⁶⁷ Nagler, « The enigmatic mechanism of irradiation-induced damage to the major salivary glands ».

D'après une étude de 2002, la réduction du débit salivaire serait de 50 % par glande dans les quelques jours suivant la radiothérapie à faible dose (2.5/10Gy).⁶⁸ Une autre étude de Deng et al. datant de 2015 confirmerait cela en expliquant que le débit normal de 1mL/min serait divisé par 2 avec les 2 premières semaines de radiothérapie. Ils proposent plus précisément que ce serait la mort des cellules séreuses qui expliquerait la diminution de la quantité salivaire.⁶⁹ Une autre étude mentionne une baisse dès les premiers jours de radiothérapie puis une baisse plus graduelle jusqu'à atteindre 10 % du débit initial.⁷⁰

La qualité salivaire et donc sa composition serait aussi modifiée. Au-delà de 2,5-10 Gy, la salive diminuerait de 90 % et deviendrait plus muqueuse.⁷¹ Pour rappel, une salive séreuse est riche en amylase et en eau (et en électrolyte) alors qu'une salive muqueuse est enrichie en mucine ce qui lui donne un aspect plus visqueux, moins liquide. A forte dose, la salive ne serait donc plus séreuse car les acini séreux dégénéraient plus rapidement que les muqueux. Elle deviendrait donc plus épaisse, visqueuse, la quantité d'ions fluorures et calciques diminuerait.⁷²

La concentration en électrolyte salivaire serait aussi perturbée et le pH serait plus acide. Le pouvoir tampon diminuerait aussi.⁷³ ⁷⁴Le pH ne serait donc plus ramené à l'équilibre (6,5-7,5) aussi vite et on resterait plus longtemps sous 5,5 (pH où l'émail se déminéralise).⁷⁵ La modification du pH n'est pas unanime, une étude de 2015 n'a montré aucune différence significative.⁷⁶

⁶⁸ Nagler.

⁶⁹ Deng et al., « Dental demineralization and caries in patients with head and neck cancer ».

⁷⁰ Barros da Cunha et al., « Effects of different radiation doses on the microhardness, superficial morphology, and mineral components of human enamel ».

⁷¹ Nagler, « The enigmatic mechanism of irradiation-induced damage to the major salivary glands ».

⁷² Barros da Cunha et al., « Effects of different radiation doses on the microhardness, superficial morphology, and mineral components of human enamel ».

⁷³ Gaetti-Jardim et al., « Supragingival and subgingival microbiota from patients with poor oral hygiene submitted to radiotherapy for head and neck cancer treatment ».

⁷⁴ Barros da Cunha et al., « Effects of different radiation doses on the microhardness, superficial morphology, and mineral components of human enamel ».

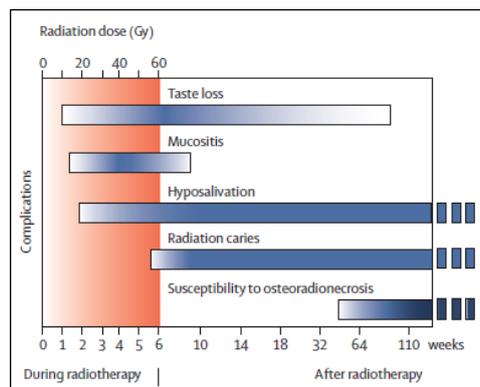
⁷⁵ Deng et al., « Dental demineralization and caries in patients with head and neck cancer ».

⁷⁶ Zhang et al., « Investigation of salivary function and oral microbiota of radiation caries-free people with nasopharyngeal carcinoma ».

Les effets indésirables sur la qualité et quantité salivaire peuvent être transitoires. On considère qu'ils peuvent persister après le traitement et être permanents à partir d'une dose reçue cumulée de 30 Gy.⁷⁷

D'autres considèrent que dès 50 Gy, la glande salivaire serait détruite.⁷⁸ Sachant que le plus souvent la radiothérapie pour les cancers des VADS se fait à 65-70 Gy, on peut considérer que dans presque tous les cas, ces patients auront une hyposialie à vie. Selon un article de 2015⁷⁹, 40 Gy serait la meilleure dose prédictive pour retrouver un flux salivaire normal.

Figure 16 : Diagramme représentant l'apparition des effets secondaires selon le temps



Source : Kielbassa et al. « Radiation-related damage to dentition », 2006.

Comme on le voit sur ce diagramme schématique, l'hyposialie fait partie des premiers effets secondaires. La maladie carieuse post-radique arriverait dans un second temps.

Il est connu que l'hyposialie impacte la reminéralisation amélaire. La balance reminéralisation/déminéralisation serait déséquilibrée mais l'impact de ce facteur sur la maladie carieuse est débattu. Certains considéreraient que plus le débit salivaire est faible, plus le RCI est élevé. En effet, dans l'article de Zhang et al. de 2015 est mentionné une étude qui aurait notifié que 85 % des patients irradiés ayant un débit salivaire inférieur à 0,5mL développeraient au moins une lésion carieuse par an. En comparant la RCMI avec la technique conventionnelle, Zhang et al. constateraient une baisse significative de l'hyposialie mais pas de l'incidence de la carie post-radique.⁸⁰ C'est

⁷⁷ Deng et al., « Dental demineralization and caries in patients with head and neck cancer ».

⁷⁸ Bernard et Peronnet, « Soins buccodentaires et radiothérapie ».

⁷⁹ Zhang et al., « Investigation of salivary function and oral microbiota of radiation caries-free people with nasopharyngeal carcinoma ».

⁸⁰ Zhang et al.

pourquoi, le poids de la salive dans la maladie carieuse post- radique reste à définir mais il faudrait privilégier la RCMI pour préserver les tissus.

Une autre solution pour préserver les tissus glandulaires serait de transférer une des deux glandes salivaires submandibulaires (avec artère/nerf faciale et ganglion submandibulaire) dans la région submentale controlatérale à la tumeur avant de commencer la radiothérapie. Introduite en 1980, cette intervention technique ne peut se faire que si le patient est N0 (aucune adénopathie) et que le bénéfice coût risque soit bon.^{81 82}

En résumé, il faut retenir que les 4 grands facteurs impliqués dans la maladie carieuse sont modifiés lors d'une radiothérapie. Concernant la salive, il y a une diminution de la quantité presque immédiate réduisant le débit à 10 % de l'initial ainsi qu'un impact sur la qualité et ses capacités de défense. Au-delà de 60 Gy, l'hyposialie devient irréversible et le patient la conservera à vie. Il est donc essentiel d'intégrer le patient dans un suivi et protocole de prophylaxie en amont, pendant et après radiothérapie. Il est à noter que malgré la mise en place d'une radiothérapie plus ciblée, on constate toujours la présence de lésions carieuses post-radiques.⁸³

1.4. Conclusion

Les études sur les effets directs de la radiothérapie sont très controversées car les protocoles et donc les résultats varient beaucoup d'une étude à l'autre (les biais seront détaillés plus loin). Entre 30 et 60 Gy, les dommages sur les tissus dentaires seraient liés majoritairement à l'hyposialie alors qu'à partir de 60 Gy, ils seraient liés aux rayons et à l'hyposialie selon Walker et al. (2012).⁸⁴

L'émail et la dentine sembleraient affectés dans leur structure (notamment collagénique). La dentine apparaîtrait fissurée, les tubuli obstrués et les fibres de collagène cassées. Ces modifications microscopiques entraîneraient une modification mécanique de la dureté et du module d'élasticité amélaire et dentinaire. Concernant le tissu pulpaire, à l'heure actuelle, il semblerait que l'on puisse avoir une destruction collagénique pouvant entraîner une fibrose secondaire.

⁸¹ Deng et al., « Dental demineralization and caries in patients with head and neck cancer ».

⁸² Gupta et al., « Radiation-induced dental caries, prevention and treatment : a systematic review ».

⁸³ Zhang et al., « Investigation of salivary function and oral microbiota of radiation caries-free people with nasopharyngeal carcinoma ».

⁸⁴ Walker et al., « Impact of radiotherapy dose on dentition breakdown in head and neck cancer patients ».

Ces fragilités tissulaires développées suite à l'irradiation sont à associer avec le déséquilibre de la flore, la modification du pouvoir tampon et de la salive. Il faut aussi bien sûr prendre en compte les modifications alimentaires du patient ainsi que son humeur et sa motivation à l'hygiène. C'est tout ce contexte global qui nous permet de justifier l'installation de la maladie carieuse post-radique.

Figure 17 : Schéma représentant les effets directs et indirects de la radiothérapie cervico-faciale de façon non exhaustive

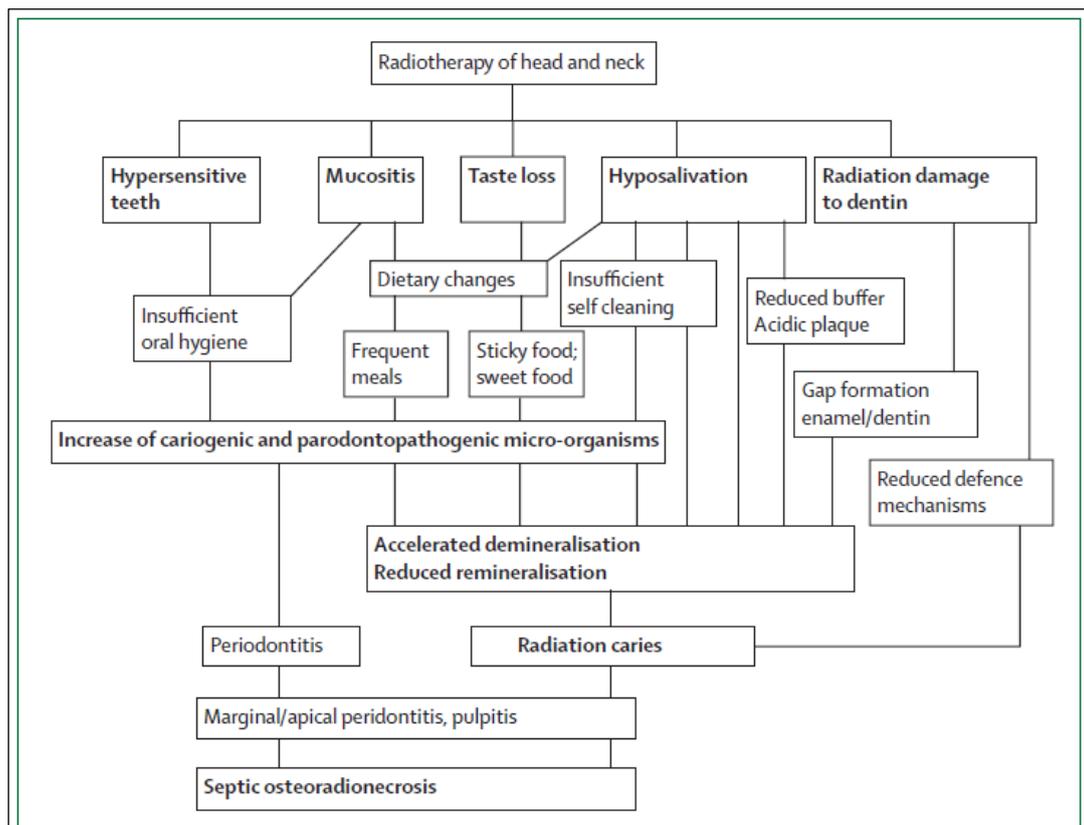


Figure 4: Direct and indirect consequences of head and neck radiotherapy
Radiotherapy leads to caries, periodontitis, and osteoradionecrosis; elimination of these effects can prevent radiation caries. Figure modified from reference 8, with permission.

Source : Kielbassa et al. « Radiation-related damage to dentition », 2006.

Ces modifications majeures dans la structure et les propriétés mécaniques sembleraient d'après des études récentes affecter le collage et c'est ce que nous verrons dans la suite.⁸⁵

⁸⁵ Rodrigues et al., « Influence of radiotherapy on the dentin properties and bond strength ».

2 : Effets des rayonnements sur les matériaux et le collage

2.1. Effets des rayonnements sur les matériaux de restauration directe

Nous allons nous intéresser aux effets directs et indirects de la radiothérapie sur les matériaux standards de restauration directe et les systèmes adhésifs afin d'avoir une idée de la longévité possible de ces restaurations et de mieux cibler leurs indications cliniques sur les patients irradiés.

2.1.1. Ciments Verres Ionomère Modifiés par Adjonction de Résines (CVIMAR)

Après radiothérapie, le CVI conventionnel aurait tendance à s'éroder et à se déshydrater en présence d'un gel fluoré acide et d'une hyposialie liée au rayonnement. Ainsi, le matériau deviendrait rugueux, rétentif de plaque et aurait un moins bon vieillissement. Comme il semblerait que l'ajout de résine permette de pallier à ces problèmes, on s'intéressera uniquement au CVIMAR.^{86 87}

Concernant les effets sur le CVIMAR en lui-même. Dans une étude de 2018 ont été irradiés 30 échantillons en barre et cylindre de CVIMAR à 70,2 Gy à raison de 1,8 Gy pendant 39 jours. Elle constaterait une augmentation de la résistance à la flexion, à la traction, de la dureté et de la rugosité de surface. En revanche, il ne semblerait pas y avoir de modification dans la composition chimique du matériau.⁸⁸

Concernant le CVIMAR appliqué après ART, son vieillissement après radiothérapie n'est pas optimal : 30 % de perte à 2 ans, fractures et défauts marginaux.^{89 90 91} On ne peut que constater qu'il n'y a pas d'étude sur la modification de la force adhésive du CVIMAR réalisé avant ou après radiothérapie.

⁸⁶ Hu et al., « Restoration of teeth with more-viscous glass ionomer cements following radiation-induced caries ».

⁸⁷ De Moor et al., « Two-year clinical performance of glass ionomer and resin composite restorations in xerostomic head-and neck-irradiated cancer patients ».

⁸⁸ Brandeburski et Della Bona, « Effect of ionizing radiation on properties of restorative materials ».

⁸⁹ Hu et al., « Restoration of teeth with more-viscous glass ionomer cements following radiation-induced caries ».

⁹⁰ Hu et al., « Radiation-induced root surface caries restored with glassionomer cement placed in conventional and ART cavity preparations : Results at two years ».

⁹¹ De Moor et al., « Two-year clinical performance of glass ionomer and resin composite restorations in xerostomic head-and neck-irradiated cancer patients ».

2.1.2. Composites

La même étude de 2018 qui a testé les échantillons de CVIMAR, a testé également des échantillons de composite micro et nano hybrides. On aurait une augmentation de leur résistance à la flexion et pas de modification dans la composition. En revanche, la dureté du composite microhybride diminuerait et sa rugosité de surface ne changerait pas.⁹²

Dans une étude in vitro de 2008, des échantillons de composite nano et microhybride ont été irradiés à 5, 35 et 70 Gy. Ils ont conclu que les rayonnements ionisants favoriseraient la liaison et la rupture de liaison pouvant modifier les propriétés mécaniques. Cette prédominance de l'une sur l'autre dépendrait de la composition du composite. Pour eux, l'irradiation d'un composite microhybride diminuerait sa microdureté alors que celle d'un composite fluide l'augmenterait. Le degré de conversion, essentiel pour évaluer la toxicité d'un composite, ne serait quant à lui, pas modifié.⁹³

La revue systématique de 2017 sur le comportement mécanique des composites irradiés conclut que l'irradiation pourrait produire in vitro des changements dans la composition des composites fluides (particulièrement dans sa matière organique) mais n'aurait pas d'effet négatif sur les propriétés mécaniques des composites en général s'il est fait avant les rayons. Il faudrait réaliser d'autres études où le protocole de radiothérapie serait plus réaliste (fractionnement des doses etc.).⁹⁴

Cependant, en 2018, S. B. N. Brandeburski et A. D. Bona émettent l'hypothèse que le rayonnement X entraînerait une polymérisation additionnelle du composite. Ils suggèrent que les radicaux libres des matériaux en résine réagiraient chimiquement au contact des rayons X ce qui stabiliserait le matériau ou/et en modifierait ses propriétés.⁹⁵

En résumé, selon les connaissances actuelles, la résine composite pourrait être affectée dans sa composition et ses propriétés. Quant au CVIMAR, le manque d'étude ne peut que nous faire envisager qu'il pourrait subir un vieillissement précoce après radiothérapie. Après avoir vu les effets sur les matériaux bruts, nous allons nous intéresser aux modifications sur les systèmes adhésifs afin de savoir si la capacité de collage du composite serait altérée.

⁹² Brandeburski et Della Bona, « Effect of ionizing radiation on properties of restorative materials ».

⁹³ Dibo da Cruz et al., « Effect of therapeutic dose X rays on mechanical and chemical properties of esthetic dental materials ».

⁹⁴ Madrid Troconis et al., « Impact of head and neck radiotherapy on the mechanical behavior of composite resins and adhesive systems : a systematic review ».

⁹⁵ Brandeburski et Della Bona, « Effect of ionizing radiation on properties of restorative materials ».

2.2. Effets des rayonnements sur les capacités de collage

Plusieurs études ont testé différents adhésifs avec différents protocoles et on conclut qu'il n'y aurait pas d'abaissement de l'adhésion sur la dentine irradiée. On retrouve en 2001, une étude qui a testé la force d'adhésion de 4 adhésifs différents (des MR3 et un universel) sur de la dentine de dents de sagesse humaine à l'aide d'une machine Instron. Selon eux, il n'y aurait pas d'abaissement de l'adhésion sur la dentine irradiée.⁹⁶ La même conclusion a été faite dans une étude de 2013 testant la force adhésive de 3 adhésifs (MR2, SAM et MR3) avec une machine de la même marque mais cette fois sur de la dentine d'incisive extraite.⁹⁷ Une étude récente de 2016 confirme aussi que la radiothérapie n'affecterait pas la force d'adhésion que ce soit pour l'émail ou la dentine en testant deux adhésifs (MR2 et universel) sur différentes zones dentinaires et amélaire de dent de sagesse (avec toujours une machine Instron). Ils constateraient aussi plus d'échec sur l'émail que sur la dentine peu importe l'adhésif ou les doses.⁹⁸

Cependant d'autres études ne corroborent pas ces résultats. En effet, de nombreuses études sur ce sujet existent. Leurs protocoles et donc résultats diffèrent tellement que ça rend la possibilité d'émettre une conclusion pertinente complexe. C'est pourquoi afin d'y voir plus clair, une méta-analyse a été menée très récemment. 115 études ont été recensées sur le comportement mécanique des systèmes adhésifs et résines composites soumis aux rayons X. Parmi elles, seulement 13 ont été retenues comme pertinentes. En 2017 a donc été conclu que la force adhésive diminuerait si la procédure adhésive est faite juste avant ou après radiothérapie. En revanche, elle ne semble pas être affectée lorsqu'une radiothérapie in vitro est réalisée après que le protocole soit fait. Ils concluent également que ces études évaluant la force adhésive sur la dentine après une radiothérapie in vivo ne seraient pas concluantes.⁹⁹

L'étude de Rodrigues et al. de la même année et donc non prise en compte dans cette méta-analyse rejoint cette idée. La force d'adhésion serait plus basse pour les restaurations faites après radiothérapie (groupe IB) alors que celle du groupe où les restaurations sont faites avant (IA), serait similaire à celle sur dents saines. Ils ont observé l'interface primaire/adhésif au MCBL (Microscope

⁹⁶ Gernhardt et al., « Journal of oral rehabilitation ».

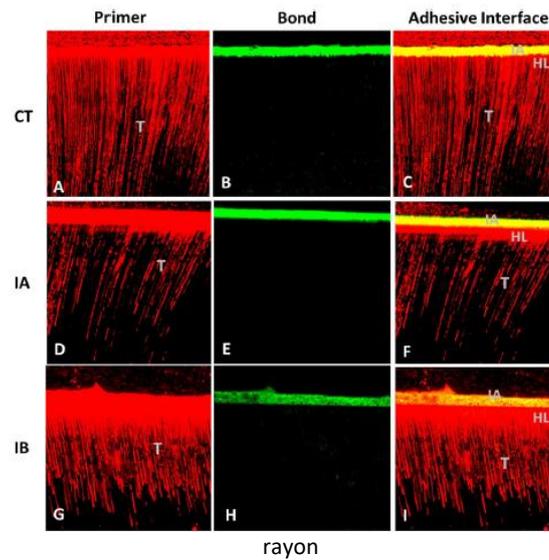
⁹⁷ Galetti et al., « Radiotherapy does not impair dentin adhesive properties in head and neck cancer patients ».

⁹⁸ Barros da Cunha et al., « Effects of different radiation doses on the bond strengths of two different adhesive systems to enamel and dentin ».

⁹⁹ Madrid Troconis et al., « Impact of head and neck radiotherapy on the mechanical behavior of composite resins and adhesive systems : a systematic review ».

Confocal à Balayage Laser, cf. figure 18). Comparativement, la couche hybride apparaît clairsemée de porosités et l'épaisseur de primer plus importante quand la restauration est faite après. Cet aspect atypique du primer reste encore à élucider. Ainsi, ils concluent que la radiothérapie aurait une influence sur la capacité de collage et la formation de la couche hybride.¹⁰⁰

Figure 18 : En observation au CLSM = MCBL en français (Microscope confocal à balayage laser) On voit la surface de collage pour tous les groupes : Ct = sans rayon, IA = restauration avant rayon et IB = restauration après



Source : Rodrigues et al. « Influence of radiotherapy on the dentin properties and bond strength », 2018.

En conclusion, nous constatons qu'il y a des controverses sur les modifications de l'adhésion. La méta-analyse de 2017 qui croise les différentes études conclut que la force adhésive diminuerait si la procédure adhésive est faite juste avant ou après radiothérapie in vitro.¹⁰¹ La radiothérapie pourrait donc avoir une influence sur la capacité de collage et la formation de la couche hybride (à mettre en relation avec les modifications dentinaires et amélaire). Lorsque cela est possible, il serait donc préférable de réaliser les soins nécessaires avant le traitement. Cependant, ces résultats ne contre-indiquent pas le fait de réaliser des restaurations adhésives après, le cas échéant. Les études cliniques présentent comment dit précédemment des protocoles différents créant des biais compromettant la véracité clinique de leurs résultats. Nous allons vous présenter les biais que nous avons pu relever dans la partie suivante.

¹⁰⁰ Rodrigues et al., « Influence of radiotherapy on the dentin properties and bond strength ».

¹⁰¹ Madrid Troconis et al., « Impact of head and neck radiotherapy on the mechanical behavior of composite resins and adhesive systems : a systematic review ».

3 : Discussion

La compréhension de l'étiopathogénie des RRC se heurte au faible nombre d'études qui traitent du sujet. Quant à celles existantes, elles sont difficilement comparables étant donné la non-uniformité des protocoles. Ces différences peuvent biaiser les résultats. C'est pourquoi, nous proposons dans cette partie une liste non exhaustive de ces biais pour mieux cerner la problématique.

3.1. Le choix du panel et du protocole d'irradiation

Les études sont souvent basées sur un faible nombre de patients car le recrutement est compliqué du fait de la maladie. Le contexte (addictions et effets secondaires toxiques des traitements) ainsi que la forte mortalité (50 % de survie à 5 ans) expliquent la perte de suivi au long terme. Cette réduction rend les résultats finaux du peu d'études peu significatifs.

Le protocole d'irradiation varie également. Les patients que l'on compare n'ont pas forcément eu le même type de cancer, ni la même localisation. Or le champ d'irradiation et la dose reçue dépendent de la tumeur.

Pour les études in vitro, les échantillons n'ont pas un protocole uniformisé ainsi chaque étude choisit : le temps cumulé d'irradiation (dose reçue totale), le fractionnement des doses reçues par jour. Parfois, la dose sera donnée en 1 fois ce qui ne représente pas les conditions réelles.

Les dents sont irradiées en dehors de l'environnement buccal (salive, muscles, biofilm) donc la dose d'irradiation reçue par les dents n'est pas la même qu'en condition réelle.

3.2. Le type d'étude et l'opérateur

L'opérateur n'est pas le même, parfois c'est un dentiste lambda, parfois un spécialiste. Les gestes effectués ne seront donc pas de la même précision et pas reproductibles. Le type d'études varie également, certaines sont in vivo, d'autres in vitro. Pour ces dernières, le type de milieu de conservation (T°C, milieu) des dents pendant, avant et après les radiations varie créant une nouvelle variable.

3.3. Choix des dents et type de préparation des échantillons

Les études n'utilisent pas les mêmes types de dent ; pour certaines, ce sont des dents de sagesse, d'autres des dents antérieures etc. Elles peuvent être animales (bœuf, singe) ou humaines, vitales ou non. Parfois les échantillons ne sont pas faits sur des dents ou encore on n'en connaît pas le nombre. Les échantillons dentaires peuvent être obtenus à la fraise, à la scie ou encore selon Tagami et al. (1991) avec un papier en carbure de silicone ou à la fraise sous irrigation continue. D'ailleurs, selon lui la préparation avec ce dernier système serait connue pour augmenter considérablement la résistance à la traction comparée aux autres techniques. Cependant, ceci est contredit par Retief et al. (1989) et Haller (1993) qui pensent que ça ne changerait pas les propriétés physicochimiques de la dentine humaine.¹⁰²

3.4. Les tests

Le protocole pour tester les propriétés mécaniques des différents matériaux varie selon les études. On retrouve par exemple : la machine, Instron Universal testing machine ou encore l'utilisation de la nano-indentation.

Les restaurations testées et comparées sont parfois réalisées sur la même dent ce qui pourrait entraîner un réarrangement du collagène et des minéraux augmentant la microdureté et donc biaisant son évaluation.¹⁰³

Les critères pour évaluer le suivi des restaurations afin d'évaluer leur qualité et efficacité au long terme varient selon les études.

3.5. Choix des matériaux et mise en place

Les matériaux testés sont différents selon les études. On utilise différents systèmes et marques de composites (nano et micro-hybrides et modifiés par ajout d'acide polyacrylique) et de CVI (traditionnels, CVIMAR). Les systèmes d'adhésion pour le composite sont eux aussi différents. Ainsi, établir des vérités générales sur des matériaux qui ne sont pas les mêmes semble non pertinent.

De plus, la mise en place des matériaux varie. Certaines études respectent les protocoles d'utilisation des produits (temps de photopolymérisation etc.) et posent le champ opératoire, d'autres non. Certains réalisent un curetage partiel (ART), d'autre total, ainsi, la charge bactérienne laissée est variable. Il y a aussi des variabilités dans les tailles des cavités ainsi que leur localisation. Or on ne

¹⁰² Gernhardt et al., « Journal of oral rehabilitation ».

¹⁰³ Rodrigues et al., « Influence of radiotherapy on the dentin properties and bond strength ».

peut pas comparer les résultats obtenus pour une lésion occlusale avec ceux obtenus pour une cervicale.

3.6. Choix du matériau de restauration en technique directe le plus approprié pour les lésions cervicales

Afin de proposer le choix le plus compatible avec l'environnement irradié pour avoir une restauration la plus pérenne possible, nous allons d'abord faire un bilan des données actuelles sur les effets de la radiothérapie (sur les tissus, les matériaux eux-mêmes et leur adhésion).

Comme vu précédemment, la radiothérapie modifierait les tissus dentaires, supports de nos matériaux de restauration directe :

- Une modification de la trame collagénique et de la cohésion hydroxyapatite/matrice.
- Une altération structurale visible au MEB de l'émail et de la dentine.
- Une modification du module d'élasticité et de la dureté amélaire et dentinaire.
- Une fragilité mécanique de la JAD.

Les matériaux ne sont pas en reste puisque l'on constaterait pour le CVIMAR :

- un vieillissement précoce (30 % de perte à 2 ans, des défauts marginaux et des fractures).
- un manque d'étude pour conclure à une modification de ses propriétés et capacités d'adhésion.

On noterait cependant un côté protecteur en cas de non-respect de l'application des gouttières à port de gel fluoré car on aurait moins de lésions carieuses secondaires (comparées au composite ou l'amalgame).¹⁰⁴

Concernant le composite, il y a débat. Pour certains, ses propriétés ne sembleraient pas altérées, pour d'autres, les rayonnements entraîneraient une polymérisation additionnelle de la résine composite qui la stabiliserait ou la modifierait. En revanche, les forces adhésives seraient modifiées in vitro que si le protocole adhésif est réalisé juste avant ou après la radiothérapie.

Cliniquement, pour le traitement des caries radiculaires sur patients classiques, la FDI (Fédération Dentaire Internationale - World Dental Federation) a statué en 2006 sur l'utilisation du CVIMAR.

¹⁰⁴ Hu et al., « Radiation-induced root surface caries restored with glassionomer cement placed in conventional and ART cavity preparations : Results at two years ».

Concernant les RRC cervicales, l'idée d'utiliser aussi ce matériau est relayée d'ors et déjà dans le milieu médical avec l'Institut Gustave Roussy. En effet, le premier centre européen de soins, de recherche et d'enseignement en cancérologie préconise de privilégier les matériaux à base de verre ionomère par rapport aux résines composites collées pour pallier l'altération de la capacité de collage dans un contexte d'asialie.

Ainsi, le choix va dépendre des modifications inhérentes à la radiothérapie, de l'état de santé du patient mais aussi du moment de sa prise en charge par rapport aux rayons :

Pendant la radiothérapie, on s'abstiendra ou on utilisera le CVI pour sa facilité de mise en œuvre (tolérant en cas d'étanchéité perfectible du champ, relargage de fluor, adhésion naturelle et matériau injectable en masse) afin d'éviter un approfondissement des lésions carieuses.¹⁰⁵

Après la radiothérapie, réalisation par principe de précaution d'une restauration au CVI après curetage partiel. Puis, si le patient survit à 2 ans et qu'il a une bonne observance de la prophylaxie, Moor et al. préconiseraient de faire une technique sandwich : conservation d'un fond dentinaire de CVI et de le recouvrir de composite.¹⁰⁶ Ainsi, on remédierait au vieillissement précoce du CVIMAR ainsi qu'à la baisse de la force adhésive du composite démontrée in vitro¹⁰⁷ tout en augmentant l'esthétisme.

Néanmoins chez un patient dont les facteurs de risque seraient beaucoup plus contrôlés, pour des considérations cliniques et esthétiques, la mise en œuvre d'un composite direct pourrait être nécessaire et ne serait pas contre-indiqué. Il faudrait cependant idéalement pour contrôler au mieux les risques :

- Une compliance du patient dans son hygiène, son équilibre alimentaire, le port de ses gouttières et dans le suivi des rendez-vous.
- Un débit salivaire suffisant ou à réhausser via un traitement.
- Une information du patient concernant le risque de décollement, de lésions carieuses secondaires et du peu d'information scientifique concernant le sujet.

¹⁰⁵ De Moor et al., « Two-year clinical performance of glass ionomer and resin composite restorations in xerostomic head-and neck-irradiated cancer patients ».

¹⁰⁶ De Moor et al.

¹⁰⁷ Madrid Troconis et al., « Impact of head and neck radiotherapy on the mechanical behavior of composite resins and adhesive systems : a systematic review ».

En conclusion, d'autres études seraient à mener notamment sur les modifications de l'adhésion du CVI à la dent après radiothérapie. Cela permettrait d'avoir plus d'informations sur la pertinence de l'indication de ses matériaux de restauration post-radiothérapie. Avec les données recueillies, nous allons proposer 3 tableaux pratiques pour permettre à tout praticien une prise en charge efficace et sécurisée des patients ayant des caries post-radiques cervicales.

4 : Spécificité du protocole clinique

Les patients ayant ou ayant eu une radiothérapie cervico-faciale doivent être pris en charge dans des conditions adaptées à leur contexte psychologique ainsi qu'aux modifications biologiques intrabuccales et extrabuccales que nous avons vues dans la première partie. Il existe des guidelines concernant la prise en charge globale de ces patients mais il nous est apparu qu'il y avait peu de recommandations sur les procédures cliniques en elles-mêmes. Parallèlement, il semblerait que beaucoup de chirurgiens-dentistes craignent de soigner ces patients ou les adressent automatiquement aux hôpitaux déjà surchargés ce qui pose un problème de santé publique.

Ainsi, pour palier à cette réticence, nous allons proposer des fiches synthétiques. Ces supports découlent de notre analyse bibliographique et ont été pensés pour accompagner un praticien non initié. Nous mettrons en avant les éléments pertinents à prendre en compte :

- en première consultation pour faciliter leur prise en charge.
- dans l'organisation des soins selon le moment par rapport aux séances de rayons.
- pour les différentes procédures cliniques.

4.1. Fiche n° 1 : Première consultation d'un patient suivi pour irradiation cervico-faciale

Objectifs: Collecter les données spécifiques (facteurs généraux, locaux, environnementaux) permettant d'identifier les précautions et difficultés liées au patient, aux sites d'intervention, aux types de lésions carieuses et aux protocoles cliniques associés afin de déterminer un plan de traitement adapté (cf. tableau 2 ci-après).

Tableau 2 : Guide à la première consultation

#1 : INFORMATIONS VIA L'ONCOLOGUE ET LE RADIOTHERAPEUTE		
ELEMENTS D'OBSERVATION	INTERET ET INTERPRETATION	CONSEQUENCES CLINIQUES
Tumeur <i>Type, localisation, TNM</i>	Connaître le pronostic vital et la thérapeutique	- Etat psychologique du patient - Sévérité des séquelles physiques
Radiothérapie <i>+/- chimiothérapie</i>	Anticiper la toxicité aiguë et tardive à venir	- Etat psychologique du patient - Sévérité des effets secondaires - Statut immunitaire
Protocole de traitement <i>Dose reçue cumulée (Gy)/Volume/Fréquence/Répartition/Date début-fin</i>	Connaître le champ et l'intensité de l'irradiation	- Connaître la sévérité des risques d'avoir des complications opératoires, post-opératoires - Connaître les actes contre-indiqués - Choisir la fenêtre pour réaliser les soins - Adaptation du protocole d'anesthésie (vasoconstricteurs et technique) et chirurgical (risque d'ostéoradionécrose)
Technique utilisée <i>RCMI ou non</i>	Connaître la sévérité des effets secondaires	- Rémanence des effets indésirables - Modification des facteurs de risque carieux

#2 : INFORMATIONS VIA L'INTERROGATOIRE ET L'OBSERVATION CLINIQUE			
	ELEMENTS D'OBSERVATION	INTERET ET INTERPRETATION	CONSEQUENCES CLINIQUES
CRITERES LIES AUX CONDITIONS GENERALES DU PATIENT	Contexte psychologique		
	Etat du patient <i>Fatigue / Douleurs / Environnement social/ Intoxication alcoolotabagique (70% des cancers des VADS)</i>	Sévérité de l'inconfort Niveau d'observance du patient Syndrome de sevrage	- Modification de la thérapeutique, du moment et du temps pour chaque séance (report du soin ou séance courte si nécessaire) - Accompagnement au sevrage
	Sévérité des effets secondaires		
	Examen clinique et fonctionnel <i>Externe : posture, aspect Clinique : LOB, muqueuse, dents (et entretien)</i>	Savoir s'il y a des changements environnementaux associés (médication sucrée, modification du rythme-composition des repas, dans l'observance de l'hygiène) Savoir s'il y a une symptomatologie	- Délai prise en charge (abstention/report), temps au fauteuil etc. - Modification RCI et niveau de protection salivaire - Possibilité de soins
	Examen exobuccal		
Sévérité de la LOB <i>Pré ou post radiothérapie Absent, sévère, transitoire ou permanent</i>	Quantifier l'ouverture Connaître l'impact sur la qualité du brossage et son alimentation	- Détermination des choix thérapeutiques (si sévère, digue impossible) - Sévérité du RCI - Etat général du patient (qualité de l'observance)	
CRITERES INTRA-BUCCAUX	Examen endobuccal		
	Lésions carieuses <i>Localisation, profondeur (SiSta)</i>	Poser un diagnostic pulpaire et dentaire Anticiper s'il peut y avoir une effraction pulpaire	- Ordonnance à prévoir - Pronostic et type d'acte - Procédures opératoires

Source : Auteur, 2020.

4.2. Fiche n° 2 : Stratégie de traitement pendant et après radiothérapie cervico-faciale

Objectifs : Connaître les précautions et choix de traitement en fonction du moment de prise en charge du patient, 2 périodes distinctes sont à retenir :

- pendant la radiothérapie (contexte : hyposialie, mucite, LOB, dysphagie, altération des tissus minéralisés, altération de l'état général)
- après la radiothérapie (contexte : hyposialie, LOB, RRC, affaiblissement de l'état général) (cf. tableau 3 ci-après).

Tableau 3 : Démarche thérapeutique pour les RRC pendant et après radiothérapie

PENDANT LA RADIOTHERAPIE															
CONDITIONS GENERALES DU PATIENT															
ADEQUATES	Réalisation des soins mais privilégier un matériau dont la mise en œuvre est rapide et avec le moins de biais possible : préconiser le CVIMAR. <ul style="list-style-type: none"> - Possibilité de faire évoluer la restauration (dépose partielle/sandwich ou totale) après la fin de la radiothérapie - Prudence avec la pose de la digue (la pose du crampon peut léser la gencive) 														
ALTEREES	Report des soins.														
APRES LA RADIOTHERAPIE															
PRECAUTIONS POUR LES SOINS															
EXTRACTIONS	Hors territoire irradié : protocole standard En territoire irradié : pour les dents cariées et « non enfouissables » Antibioprophylaxie 6g/24h à commencer la veille ou le matin de l'intervention puis pendant 2 semaines (contrôle de l'épithélialisation à 1 semaine) ¹⁰⁸														
TRAITEMENTS CONSERVATEURS	Le choix du matériau dépendra d'abord du patient. Les indications où il serait préférable de les utiliser : <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>Composite</th> <th>CVIMAR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>*Bonne observance alimentaire, au niveau de l'hygiène et de la prophylaxie</td> <td>-Mauvaise observance des 3</td> </tr> <tr> <td>*Aucune LOB, pas de mucite</td> <td>-Bonne observance mais LOB</td> </tr> <tr> <td>*Etanchéité possible</td> <td>-Bonne observance, proximité pulpaire</td> </tr> <tr> <td></td> <td>-Champ opératoire étanche impossible</td> </tr> <tr> <td></td> <td>-Asthénie</td> </tr> <tr> <td></td> <td>-Récidive ou chimiothérapie palliative</td> </tr> </tbody> </table> Par principe de précaution en attendant de nouvelles conclusions scientifiques, on proposera : <ul style="list-style-type: none"> - Si le patient est non compliant : un CVI - Si le patient est compliant : technique sandwich CVI/composite ou composite direct (si demande esthétique et quantité de salive suffisante) Ces soins doivent être inscrits dans le cadre d'une maintenance régulière (IP, vieillissement) NB : en cas de traitement endodontique, une antibioprophylaxie 1h avant est nécessaire.	Composite	CVIMAR	*Bonne observance alimentaire, au niveau de l'hygiène et de la prophylaxie	-Mauvaise observance des 3	*Aucune LOB, pas de mucite	-Bonne observance mais LOB	*Etanchéité possible	-Bonne observance, proximité pulpaire		-Champ opératoire étanche impossible		-Asthénie		-Récidive ou chimiothérapie palliative
Composite	CVIMAR														
*Bonne observance alimentaire, au niveau de l'hygiène et de la prophylaxie	-Mauvaise observance des 3														
*Aucune LOB, pas de mucite	-Bonne observance mais LOB														
*Etanchéité possible	-Bonne observance, proximité pulpaire														
	-Champ opératoire étanche impossible														
	-Asthénie														
	-Récidive ou chimiothérapie palliative														

Source : Auteur 2020.

¹⁰⁸ Bernard et Peronnet, « Soins buccodentaires et radiothérapie ».

4.3. Fiche n° 3 : Procédures opératoires du traitement initial d'une carie post-radique cervicale

Objectifs : connaître les recommandations cliniques des différentes étapes opératoires. (cf. tableau 4 ci-après).

Tableau 4 : Précautions à prendre pour chaque étape opératoire

TEMPS PAR TEMPS OPERATOIRE	
PREMIER TEMPS : L'ANESTHESIE	
TECHNIQUES PRODUITS A UTILISER	Dose reçue en cas de cancer des VADS > 30 Gy <ul style="list-style-type: none"> - Contre-indication de la technique intraseptale et intraligamentaire - Utilisation des vasoconstricteurs déconseillée, maximum 1/200 000 (à discuter en RCP) - Ne pas faire d'injection sous – périostée (ne pas chercher le contact osseux) Précautions à prendre à vie (pendant et après la radiothérapie) ¹⁰⁹
DEUXIEME TEMPS : ISOLATION DU SITE AVEC LA DIGUE	
PRECAUTIONS	<ul style="list-style-type: none"> - Bien choisir son crampon et le positionner le plus en supragingival - Faire appel à des techniques complémentaires pour l'étanchéification (teflon, digue liquide, cordonnet). <i>Astuce : vaseliner les commissures ainsi que les lèvres pour faciliter l'ouverture et le confort du patient (prévient les contacts irritants champ/muqueuse ou peau sèche)</i>
AVANTAGES	<ul style="list-style-type: none"> - Sécurité - Confort (mucite, dysphagie)
INCONVENIENTS	<ul style="list-style-type: none"> - Risque d'être iatrogène au niveau gingival (cicatrisation retardée à cause de l'hypovascularisation¹¹⁰ et de l'hyposialie¹¹¹) - Impossibilité en cas de LOB sévère
TROISIEME TEMPS : TRAITEMENT DE LA LESION	
TYPE DE CURETAGE	<ul style="list-style-type: none"> - Privilégier les thérapeutiques conservatrices avec accès a minima - Appliquer les techniques de curetage partiel selon Alleman et Magne¹¹² - Possibilité d'utiliser l'ART¹¹³
QUATRIEME TEMPS : RESTITUTION DE LA PERTE DE SUBSTANCE ET ETANCHEIFICATION	
MATERIAUX A UTILISER	<ul style="list-style-type: none"> - Recourir au CVI dès que nécessaire - Utilisation possible des composites si accès opératoire contrôlé, compliance du patient adaptée et intérêt esthétique à privilégier
CINQUIEME TEMPS : SUIVI ET PILOTAGE	
FREQUENCE	<ul style="list-style-type: none"> - 3 mois après la fin de la radiothérapie - En régulier : 6 mois (pronostic réservé et capacités de collage)

Source : Auteur 2020.

¹⁰⁹ Association dentaire française, *Risques médicaux : guide de prise en charge par le chirurgien-dentiste.*

¹¹⁰ Gaetti-Jardim et al., « Supragingival and subgingival microbiota from patients with poor oral hygiene submitted to radiotherapy for head and neck cancer treatment ».

¹¹¹ Dawes et al., « The functions of human saliva: a review sponsored by the world workshop on oral medicine VI ».

¹¹² Alleman et Magne, « A systematic approach to deep caries removal end points : the peripheral seal concept in adhesive dentistry. »

¹¹³ Hu et al., « Radiation-induced root surface caries restored with glassionomer cement placed in conventional and ART cavity preparations : Results at two years ».

5 : Prophylaxie des RRC et prévention des effets immédiats et retardés de la radiothérapie

La radiothérapie par ses effets directs et indirects constitue un facteur de risque carieux élevé pour le patient. Etant donné que ces facteurs sont connus et cités (cf. plus haut), on peut établir pour chaque phase de la radiothérapie une prévention primaire, secondaire et tertiaire.

5.1. Fiche 4 : Prophylaxie avant la radiothérapie

Objectifs : *Contrôler les facteurs de risques généraux et locaux avant les perturbations causées par la radiothérapie (chaque fois que l'on pourra recevoir le patient avant le début des rayons).*

(cf. tableau 5 ci-après).

Tableau 5 : Prophylaxie avant radiothérapie

SOINS BUCCO-DENTAIRES							
Etape primaire : Suppression des foyers infectieux							
<ul style="list-style-type: none"> - Supprimer les foyers infectieux dans la limite de l'état de santé général et du délai pré-radiothérapie - Evaluer l'implication du patient, prendre en compte son état psychologique 							
CHIRURGIE	<p><u>Indications</u> : pulpes nécrosées (avec LIPOE), dents avec délabrement important</p> <p>Réalisation par rapport à la date de radiothérapie :¹¹⁴</p> <p>Dose prévue < 35 Gy : aucun délai (extraction toujours possible)</p> <p>Dose prévue > 35 Gy (cancer ORL) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'extraction à > 3 semaines pré-radiothérapie : autorisée • L'extraction à < 3 semaines pré-radiothérapie : contacter l'oncologue (report ou abstention) 						
ODONTOLOGIE CONSERVATRICE	<p>Evaluation du RCI en recueillant des informations sur :</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; width: 20%;">L'ALIMENTATION</td> <td>Composition des repas, fréquence, type de boisson (enquête alimentaire)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">L'HYGIENE</td> <td>Evaluation du matériel (type de brosse, dentifrice, hygiène inter-dentaire), technique et fréquence</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">ANTECEDENTS</td> <td>Fréquence du suivi, maladie carieuse etc.</td> </tr> </table> <p><i>Selon le risque, application d'un désensibilisateur comme le chlorure de strontium</i>¹¹⁵</p> <p><u>Indications</u> : pulpites aiguës réversibles/irréversibles, lésions carieuses asymptomatiques</p> <p><u>Matériau</u> : CVI ou composite (même radiosensibilité) <small>cf partie 2.1 et 2.2</small></p>	L'ALIMENTATION	Composition des repas, fréquence, type de boisson (enquête alimentaire)	L'HYGIENE	Evaluation du matériel (type de brosse, dentifrice, hygiène inter-dentaire), technique et fréquence	ANTECEDENTS	Fréquence du suivi, maladie carieuse etc.
L'ALIMENTATION	Composition des repas, fréquence, type de boisson (enquête alimentaire)						
L'HYGIENE	Evaluation du matériel (type de brosse, dentifrice, hygiène inter-dentaire), technique et fréquence						
ANTECEDENTS	Fréquence du suivi, maladie carieuse etc.						
PARODONTIE	Nettoyage prophylactique et assainissement parodontal						
Etape secondaire (si délai suffisant) : Suppression des facteurs intensifiant l'irradiation							
ODONTOLOGIE CONSERVATRICE	Remplacer les amalgames par des résines composites (qui absorberaient les rayons contrairement aux premiers qui les réfléchiraient intensifiant l'irradiation). ¹¹⁶						
EXPLICATIONS AU PATIENT							
RADIOTHERAPIE	<p>Réponses aux interrogations du patient sur son traitement à venir.</p> <p>Communication sur les effets secondaires possibles de la radiothérapie :¹¹⁷</p> <ul style="list-style-type: none"> - Immédiats : dysgueusie, épithélites et mucites 						

¹¹⁴ Bemer et al., « Radiothérapie et soins buccodentaires ».

¹¹⁵ Bekes et al., « The influence of different irradiation doses and desensitizer application on demineralization of human dentin ».

¹¹⁶ Brandeburski et Della Bona, « Effect of ionizing radiation on properties of restorative materials ».

¹¹⁷ Bemer et al., « Radiothérapie et soins buccodentaires ».

	- Retardés : l'hyposialie, la LOB (apparition insidieuse, lente (mois, années), mesurer l'ouverture tous les 6 mois avec un pied à coulisse).
SEQUELLES DENTAIRE	Intégrer ces effets dans l'explication de la maladie carieuse post-radique pour mieux faire comprendre et adhérer le patient à la prophylaxie à venir.

Source : Auteur, 2020.

5.2. Fiche 5 : Prophylaxie pendant la radiothérapie

Objectifs : appliquer des solutions préventives primaires contre les caries post-radiques et anticiper ou gérer précocément les effets secondaires graves.

(cf. tableau 6 ci-après).

Tableau 6 : Prophylaxie pendant la radiothérapie

PREVENTION PRIMAIRE DENTAIRE ^{118, 119, 120}							
BROSSAGES QUOTIDIEN	Brossage 3 fois par jour avec : <ul style="list-style-type: none"> • Une brosse souple 15/100^{ème} ou post-chirurgicale 7/100^{ème} (AFSOS) • Un dentifrice non mentholé, fluodontyl 1350 + bain de bouche fluoré 3x/24h + fluoration au fauteuil • Omettre : cure dent et brosse électrique (éviter les traumatismes = éviter les mucites) 						
HYGIENE PROTHETIQUE	Nettoyage 3x/24h des prothèses avec une solution savonneuse ou antiseptique à renouveler chaque fois (leur port nocturne est à éviter) (AFSOS)						
GOUTTIERE	Selon les cas : port de gouttière fluoré 5 min après la séance de rayon (risque de mucite, AFSOS)						
PROPHYLAXIE SPECIFIQUE AUX EFFETS SECONDAIRES AIGUES							
TYPE	DELAI DE SURVENU	FREQUENCE	PRISE EN CHARGE				
MUCITE	15 ^{ème} jour	39% des patients 71% (si radiothérapie + chimiothérapie)	<p><i>Par le radiothérapeute et/ou le chirurgien-dentiste</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Préventive</th> <th>Curative</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>*Détartrage, élimination foyers infectieux *Brossage avec brosse souple ou post-chirurgicale ou bâtonnets glycélinés ou non et dentifrice fluoré</td> <td>Bain de bouche bicarbonate de sodium 14/1000.</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>Symptomatique</i> (AFSOS 2015) -Anesthésique de surface : xylocaïne, lidocaïne (en local ou en bain de bouche) -Film protecteur de surface : vaseline, jélonet (plus cher) -Anti-inflammatoires en bain de bouche -Antalgique par voie générale</p> <p>→ Cicatrisation post-radiothérapie complète à 3 semaines pour 90% (sinon 8 semaines)</p>	Préventive	Curative	*Détartrage, élimination foyers infectieux *Brossage avec brosse souple ou post-chirurgicale ou bâtonnets glycélinés ou non et dentifrice fluoré	Bain de bouche bicarbonate de sodium 14/1000.
Préventive	Curative						
*Détartrage, élimination foyers infectieux *Brossage avec brosse souple ou post-chirurgicale ou bâtonnets glycélinés ou non et dentifrice fluoré	Bain de bouche bicarbonate de sodium 14/1000.						
EPITHELITE	Entre le 14 ^{ème} et 21 ^{ème} jour	Non renseigné	<p><i>Par le radiothérapeute</i> Erytheme voir bulles intra-épidermiques)</p> <p>→Cicatrisation complète post radiothérapie.</p>				

Source : Auteur 2020.

¹¹⁸ Pommier, *Les rayons en ORL : une aventure d'O.Torino*.

¹¹⁹ Bernard et Peronnet, « Soins buccodentaires et radiothérapie ».

¹²⁰ Kielbassa et al., « Radiation-related damage to dentition ».

5.3. Fiche 6 : Prophylaxie après la radiothérapie

Objectif : Etablir un calendrier de suivi régulier pour stabiliser la maladie carieuse (fluoroprofylaxie), contrôler la récupération de la fonction de déglutition, gérer les toxicités tardives impactant le RCI (LOB, hyposialie) et surveiller une récurrence tumorale ou cancer secondaire. (cf. tableau 7 ci-après).

Tableau 7 : Prophylaxie et suivi après radiothérapie

COMMENT GERER LA LIMITATION DE L'OUVERTURE BUCCALE (CONTROLE ET MESURE TOUS LES 6 MOIS) ?	
Prévention	
Exercices	<ul style="list-style-type: none"> - Actifs d'ouverture/fermeture et diduction ¹²¹ - Passifs (abaisse-langue, pince à linge) - Kinésithérapie
Limitation légère (insidieux pour le patient, arrivée lente, progressive, mois/année)	
1 ^{ère} intention	Massage (voir automassage), kinésithérapie faciale
2 ^{ème} intention	Mécanothérapie : <ul style="list-style-type: none"> - Sauterelle : entre 1-2 cm d'ouverture (exercice quotidien) - Thérabite : dès 2 cm d'ouverture (remboursé que si radiothérapie)
Limitation sévère (alimentation impossible, soins dentaires et hygiène quotidienne impossible)	
Symptomatique	En cas de fibrose douloureuse
Exercices	Passifs : empilement progressif d'abaisse langue
COMMENT GERER LA PREVENTION CARIEUSE TERTIAIRE ?	
Traitement prophylactique	Hygiène orale et fluoration (adaptation et port des gouttières)
Traitement de soutien	Dépistage des lésions carieuses pour les traiter au stade initial
COMMENT GERER L'IMPACT DE L'HYPOSIALIE IRREVERSIBLE (DOSE > 50 Gy)? ^{122, 123}	
PROTECTION DENTAIRE : FLUOROPROPHYLAXIE A VIE	
Matériel	Gouttière thermoformée souple 3mm d'épaisseur, en silicone, espacée de 1 mm du modèle
Produit	Gel fluoré à 20 000 ppm (fluogel® → seul gel remboursé par la SS)
Protocole	Application 5 min le soir après le brossage à vie
Suivi	Bucco-dentaire complet en complément <ul style="list-style-type: none"> - Clinique : 3 mois maximum après la fin de la radiothérapie puis tous les 6 mois-1 an - Radiographique : panoramique tous les ans pendant 3 ans puis tous les deux ans - Prophylaxie parodontale : détartrage tous les 3 mois.
ADAPTATION ET MODULATION DE L'HYPOSIALIE	
Conseils	<ul style="list-style-type: none"> - Favoriser une alimentation lente - Proscrire les aliments difficiles à digérer - Favoriser les stimulants : <ul style="list-style-type: none"> a. Gustatifs (en discontinu) : eau gazeuse, acide citrique, bicarbonate en bain de bouche b. Masticatoires : Passage d'une alimentation molle à dure (carottes râpées, branches de céleri) Stimulation de la sécrétion salivaire la journée (chewing-gums sans sucre, noyaux, écorce d'orange), Utilisation de graisse (huile, beurre, 2-3 fois par jour et avant d'aller dormir pour éviter les réveils nocturnes)
Prise en charge médicale	Substituts salivaires, stimulants salivaires et dispositifs médicaux <i>Tableau synthèse annexe 1 (Vidal/ansm/HAS)</i> Liste non exhaustive : prothèses-réservoirs, des glandes salivaires artificielles, des stimulants électriques etc.
Prise en charge paramédicale	Acupuncture, Auriculothérapie (5 séances minimum)

Source : Auteur, 2020.

¹²¹ Brandeburski et Della Bona, « Effect of ionizing radiation on properties of restorative materials ».

¹²² Bernard et Peronnet, « Soins buccodentaires et radiothérapie ».

¹²³ Boimare-Meroux, « Etude clinique comparative de deux salives artificielles : BIOXTRA® versus ARTISIAL® ».

En conclusion, à chaque moment de la radiothérapie un protocole prophylactique spécifique est à mettre en place passant par l'élimination des foyers infectieux et l'application de conseils d'hygiène et de fluorure. A cela se rajoute la prévention de l'apparition des effets secondaires buccaux post-radiothérapie tels que la mucite, épithélite, LOB et hyposialie. Il est aussi nécessaire de mener une communication assidue pour impliquer le patient dans sa prise en charge sur le long terme.

Conclusion

Scientifiquement, les rayons X ont démontré une toxicité directe via l'altération des protéines, et indirecte via la production de radicaux libres. L'exposition buccale à ces doses fréquentes pendant sept semaines entraîne des dommages irréversibles sur les tissus. Parmi ces complications pathologiques figurent les lésions carieuses post-radiques. Ces lésions atypiques s'expriment de façon particulière au niveau de l'émail et de la dentine. Elles se distinguent par leur topologie spécifique, leur aspect (discolorations et fêlures) ainsi que par leur rapidité de progression.

Elles nécessitent une prise en charge la plus précoce possible mais les données scientifiques actuelles ne sont pas toujours pertinentes et celles qui le sont, ne sont pas bien diffusées auprès de la communauté des chirurgiens-dentistes. On retiendra que :

- Leur traitement dépendra du moment où l'on se trouve dans la radiothérapie du patient.
- Les restaurations à potentiel adhésif sont adaptées en thérapeutique initiale.
- Le traitement s'accompagnera systématiquement d'une fluoroprofylaxie et d'un suivi.

Il faut bien comprendre que dans cette population la notion de prise en charge globale prend tout son sens. L'environnement des patients est très particulier et le prendre en considération est essentiel pour avoir des résultats durables dans le temps.

Le chirurgien-dentiste joue également un rôle clé dans la prévention du cancer des voies aérodigestives supérieures :

- Via la détection des habitudes à risque (sexe, tabac, alcool).
- Via la réalisation d'un dépistage.
- En encourageant la vaccination contre le HPV.

Une formation continue est nécessaire pour se mettre à jour sur les évolutions de ce sujet. Concernant ce dernier point, des fiches d'informations sont disponibles sur les sites Web de l'Institut National du Cancer et de la Société Française de Radiothérapie Oncologique.

Bibliographie

- Alleman, D. S., et P. Magne. « A systematic approach to deep caries removal end points : the peripheral seal concept in adhesive dentistry. » *Quintessence internationale* 43, n° 3 (2012): 197-208.
- Al-Nawas, B., K. A. Grötz, E. Rose, H. Duschner, P. Kann, et W. Wagner. « Using ultrasound transmission velocity to analyse the mechanical properties of teeth after in vitro, in situ, and in vivo irradiation ». *Clinical oral investigations* 4, n° 3 (2000): 168-72. <https://doi.org/10.1007/s007840000068>.
- Association dentaire française. *Risques médicaux : guide de prise en charge par le chirurgien-dentiste*. Paris : Association dentaire française, 2013.
- Barros da Cunha, S. R. de, F. P. Fonseca, P. A. M. Mendes Ramos, C. M. K. Haddad, E. Rodrigues Fregnani, et A. C. Corrêa Aranha. « Effects of different radiation doses on the microhardness, superficial morphology, and mineral components of human enamel ». *Archives of oral biology* 80 (2017): 130-35. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2017.04.007>.
- Barros da Cunha, S. R. de, P. A. M. Mendes Ramos, C. M. K. Haddad, J. L. Fernandes da Silva, E. Rodrigues Fregnani, et A. C. Corrêa Aranha. « Effects of different radiation doses on the bond strengths of two different adhesive systems to enamel and dentin ». *The journal of adhesive dentistry* 18, n° 2 (2016): 151-56. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a35841>.
- Bazos, P., et P. Magne. « Bio-emulation : biomimetically emulating nature utilizing a histo-anatomic approach : structural analysis ». *The european journal of esthetic dentistry* 6, n° 1 (2011): 8-19.
- Bekes, K., U. Francke, H. G. Schaller, T. Kuhnt, R. Gerlach, D. Vordermark, et C. R. Gernhardt. « The influence of different irradiation doses and desensitizer application on demineralization of human dentin ». *Oral oncology* 45, n° 9 (2009): e80-84. <https://doi.org/10.1016/j.oraloncology.2009.03.005>.
- Bemer, J., S. Salino, A.-G. Bodard, M. Brunet, B. Fleury, H. Labrosse, R. Mastronicola, B. Phulpin, V. Tequi, et N. Vuillemin. « Radiothérapie et soins buccodentaires ». *Oncologie* 13, n° 7 (2010): 378-83. <https://doi.org/10.1007/s10269-011-2039-3>.
- Bernard, C., et T. Peronnet. « Soins buccodentaires et radiothérapie », 2017.
- Boimare-Meroux, E. « Etude clinique comparative de deux salives artificielles : BIOXTRA® versus ARTISIAL® ». Thèse d'exercice, Université de Nantes, 2009. <https://nantilus.univ-nantes.fr/vufind/Record/PPN137468938>.
- Brandeburski, S. B. N., et A. Della Bona. « Effect of ionizing radiation on properties of restorative materials ». *Dental materials* 34, n° 2 (2018): 221-27. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.10.006>.
- Dawes, C., A. M. L. Pedersen, A. Villa, J. Ekström, G. B. Proctor, A. Vissink, D. Aframian, et al. « The functions of human saliva: a review sponsored by the world workshop on oral medicine VI ». *Archives of oral biology* 60, n° 6 (2015): 863-74. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2015.03.004>.
- De Moor, R. J. G., I. G. Stassen, Y. van 't Veldt, D. Torbeyns, et G. M. G. Hommez. « Two-year clinical performance of glass ionomer and resin composite restorations in xerostomic head- and neck-irradiated cancer patients ». *Clinical oral investigations* 15, n° 1 (2011): 31-38. <https://doi.org/10.1007/s00784-009-0355-4>.
- Deng, J., L. Jackson, J. B. Epstein, C. A. Migliorati, et B. A. Murphy. « Dental demineralization and caries in patients with head and neck cancer ». *Oral oncology* 51, n° 9 (2015): 824-31. <https://doi.org/10.1016/j.oraloncology.2015.06.009>.

- Dibo da Cruz, A., M. A. Coelho Sinhoreti, G. M. Ambrosano, A. N. de S. Rastelli, V.S. Bagnato, et F. N. Bóscolo. « Effect of therapeutic dose X rays on mechanical and chemical properties of esthetic dental materials ». *Materials research* 11, n° 3 (2008): 313-18. <https://doi.org/10.1590/S1516-14392008000300014>.
- Faria, K. M., T. B. Brandão, A. C. P. Ribeiro, A. F. G. Vasconcellos, I. T. de Carvalho, F. F. de Arruda, G. Castro Junior, et al. « Micromorphology of the dental pulp is highly preserved in cancer patients who underwent head and neck radiotherapy ». *Journal of endodontics* 40, n° 10 (2014): 1553-59. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.07.006>.
- Fonseca, J. M., N. R. Palmier, W. G. Silva, K. M. Faria, P. A. Vargas, M. A. Lopes, J. V. Salvajoli, T. B. Brandao, et A. C. P. Ribeiro. « Dentin-pulp complex reactions in conventional and radiation-related caries : a comparative study ». *Journal of clinical and experimental dentistry*, 2019, 0-0. <https://doi.org/10.4317/jced.55370>.
- Fränzel, W., et R. Gerlach. « The irradiation action on human dental tissue by X-rays and electrons : a nanoindenter study ». *Zeitschrift für medizinische physik* 19, n° 1 (2009): 5-10. <https://doi.org/10.1016/j.zemedi.2008.10.009>.
- Gaetti-Jardim, E., E. C. G. Jardim, C. M. Schweitzer, J. C. L. da Silva, M. M. Oliveira, D. C. Masocatto, et C. M. dos Santos. « Supragingival and subgingival microbiota from patients with poor oral hygiene submitted to radiotherapy for head and neck cancer treatment ». *Archives of oral biology* 90 (2018): 45-52. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2018.01.003>.
- Galetti, R., A. R. Santos-Silva, A. Nogueira da Gama Antunes, F. de Abreu Alves, M. A. Lopes, et M. F. de Goes. « Radiotherapy does not impair dentin adhesive properties in head and neck cancer patients ». *Clinical oral investigations*, 2013. <https://doi.org/10.1007/s00784-013-1155-4>.
- Gernhardt, C. R., A. M. Kielbassa, P. Hahn, et H. G. Schaller. « Tensile bond strengths of four different dentin adhesives on irradiated and non irradiated human dentin in vitro ». *Journal of oral rehabilitation* 28, n° 9 (2001): 814-20. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2001.00758.x>.
- Gonçalves, L. M. N., R. G. Palma-Dibb, F. W. G. Paula-Silva, H. F. de Oliveira, P. Nelson-Filho, L. A. B. da Silva, et A. M. de Queiroz. « Radiation therapy alters microhardness and microstructure of enamel and dentin of permanent human teeth ». *Journal of dentistry* 42, n° 8 (2014): 986-92. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2014.05.011>.
- Gupta, N., M. Pal, S. Rawat, M. Grewal, H. Garg, D. Chauhan, P. Ahlawat, et al. « Radiation-induced dental caries, prevention and treatment : a systematic review ». *National journal of maxillofacial surgery* 6, n° 2 (2015): 160-66. <https://doi.org/10.4103/0975-5950.183870>.
- Hu, J., X. Chen, Y. Li, R. Smales, et K. Yip. « Radiation-induced root surface caries restored with glassionomer cement placed in conventional and ART cavity preparations : Results at two years ». *Australian dental journal* 50, n° 3 (2005): 186-90. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2005.tb00359.x>.
- Hu, J.-Y., Y.-Q. Li, R.J. Smales, et K.H.-K. Yip. « Restoration of teeth with more-viscous glass ionomer cements following radiation-induced caries ». *International dental journal* 52, n° 6 (2002): 445-48. <https://doi.org/10.1111/j.1875-595X.2002.tb00640.x>.
- Kataoka, S. H. H., F. C. Setzer, E. Gondim-Junior, E. R. Fregnani, C. J. P. Moraes, O. F. Pessoa, G. Gavini, et C. L. Caldeira. « Late effects of head and neck radiotherapy on pulp vitality assessed by pulse oximetry ». *Journal of endodontics* 42, n° 6 (2016): 886-89. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.02.016>.
- Kielbassa, A. M., I. Beetz, A. Schendera, et E. Hellwig. « Irradiation effects on microhardness of fluoridated and non-fluoridated bovine dentin ». *European journal of oral sciences* 105, n° 5 Part. 1 (1997): 444-47. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.1997.tb02142.x>.
- Kielbassa, A. M., W. Hinkelbein, E. Hellwig, et H. Meyer-Lüchel. « Radiation-related damage to dentition ». *The Lancet oncology* 7, n° 4 (2006): 326-35. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(06\)70658-1](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(06)70658-1).
- Liang, X., J. Zhang, G. Peng, J. Li, et S. Bai. « Radiation caries in nasopharyngeal carcinoma patients after intensity-modulated radiation therapy : a cross-sectional study ». *Journal of dental sciences* 11, n° 1 (2016): 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2015.09.003>.

- Liang, X., J. Y. Zhang, I. K. Cheng, et J. Y. Li. « Effect of high energy X-ray irradiation on the nano-mechanical properties of human enamel and dentine ». *Brazilian oral research* 30, n° 1 (2016): e9. <https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2016.vol30.0009>.
- Lu, H., Q. Zhao, J. Guo, B. Zeng, X. Yu, D. Yu, et W. Zhao. « Direct radiation-induced effects on dental hard tissue ». *Radiation oncology* 14, n° 1 (2019). <https://doi.org/10.1186/s13014-019-1208-1>.
- Madrid Troconis, C. C., A. R. Santos-Silva, T. B. Brandão, M. A. Lopes, et M. F. de Goes. « Impact of head and neck radiotherapy on the mechanical behavior of composite resins and adhesive systems : a systematic review ». *Dental materials* 33, n° 11 (2017): 1229-43. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.07.014>.
- Nagler, R. M. « The enigmatic mechanism of irradiation-induced damage to the major salivary glands ». *Oral diseases* 8, n° 3 (2002): 141-46. <https://doi.org/10.1034/j.1601-0825.2002.02838.x>.
- Pommier, P., éd. *Les rayons en ORL : une aventure d'O.Torino*. Merck Serono, 2016. <https://www.merckgroup.com/content/dam/web/corporate/non-images/country-specifics/france/cancerologie/bd-les-rayons-en-ork-.pdf>.
- Poyton, H. G. « The effects of radiation on teeth ». *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology* 26, n° 5 (1968): 639-46. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(68\)90430-1](https://doi.org/10.1016/0030-4220(68)90430-1).
- Rangel Palmier, N., C. Camilo Madrid, M. d. P. Paglioni, C. Rivera, B. N. F. L. Martins, A. L. D. Araújo, J. V. Salvajoli, et al. « Cracked tooth syndrome in irradiated patients with head and neck cancer ». *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology* 126, n° 4 (2018): 335-341.e2. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2018.06.005>.
- Rangel Palmier, N., A. C. Prado Ribeiro, J. M. Fonsêca, J. V. Salvajoli, P. A. Vargas, M. A. Lopes, T. B. Brandão, et A. R. Santos-Silva. « Radiation-related caries assessment through the international caries detection and assessment system and the post-radiation dental index ». *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology* 124, n° 6 (2017): 542-47. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2017.08.019>.
- Ray-Chaudhuri, A., K. Shah, et R. J. Porter. « The oral management of patients who have received radiotherapy to the head and neck region ». *British dental journal* 214, n° 8 (2013): 387-93. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2013.380>.
- Reed, R., C. Xu, Y. Liu, J. P. Gorski, Y. Wang, et M. P. Walker. « Radiotherapy effect on nano-mechanical properties and chemical composition of enamel and dentine ». *Archives of oral biology* 60, n° 5 (2015): 690-97. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2015.02.020>.
- Rodrigues, R. B., C. J. Soares, P. C. S. Junior, V. C. Lara, V. E. Arana-Chavez, et V. R. Novais. « Influence of radiotherapy on the dentin properties and bond strength ». *Clinical oral investigations* 22, n° 2 (2017): 875-83. <https://doi.org/10.1007/s00784-017-2165-4>.
- Rouers, M., P. Truntzer, S. Dubourg, S. Guihard, D. Antoni, et G. Noël. « État dentaire des patients atteints d'un cancer des voies aérodigestives supérieures ». *Cancer/radiothérapie* 19, n° 3 (2015): 205-10. <https://doi.org/10.1016/j.canrad.2015.01.004>.
- Santos-Silva, A. R., F. A. Alves, A. Nogueira da Gama Antunes, M. F. de Goes, et M. A. Lopes. « Patterns of demineralization and dentin reactions in radiation-related caries ». *Caries research* 43, n° 1 (2009): 43-49. <https://doi.org/10.1159/000192799>.
- Santos-Silva, A. R., P. do Socorro Queiroz Feio, P. A. Vargas, M. E. Pizzigatti Correa, et M. Adjuarte Lopes. « cGVHD-related caries and its shared features with other 'dry-mouth'-related caries ». *Brazilian dental journal* 26, n° 4 (2015): 435-40. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201300200>.
- Springer, I. N., P. Niehoff, P. H. Warnke, G. Böcek, G. Kovács, M. Suhr, J. Wiltfang, et Y. Açil. « Radiation caries : radiogenic destruction of dental collagen ». *Oral oncology* 41, n° 7 (2005): 723-28. <https://doi.org/10.1016/j.oraloncology.2005.03.011>.

- Thariat, J., E. De Mones, V. Darcourt, G. Poissonnet, O. Dassonville, C. Savoldelli, P. Y. Marcy, et al. « Dent et irradiation : denture et conséquences sur la denture de la radiothérapie des cancers de la tête et du cou ». *Cancer/radiothérapie* 14, n° 2 (2010): 128-36. <https://doi.org/10.1016/j.canrad.2009.09.009>.
- Walker, M. P., B. Wichman, A. L. Cheng, J. Coster, et K. B. Williams. « Impact of radiotherapy dose on dentition breakdown in head and neck cancer patients ». *Practical radiation oncology* 1, n° 3 (2011): 142-48. <https://doi.org/10.1016/j.prro.2011.03.003>.
- Walker, M. P., K. B. Williams, et B. Wichman. « Post-radiation dental index : development and reliability ». *Supportive care in cancer* 16, n° 5 (2008): 525-30. <https://doi.org/10.1007/s00520-007-0393-x>.
- Zhang, J., H. Liu, X. Liang, M. Zhang, R. Wang, G. Peng, et J. Li. « Investigation of salivary function and oral microbiota of radiation caries-free people with nasopharyngeal carcinoma ». *Plos one* 10, n° 4 (2015): e0123137. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123137>.

Table des figures

Figure 1 : Radiographies et diagramme illustrant la description initiale des RRC	6
Figure 2 : À gauche, vue macroscopique de discoloration marron, et à droite 3 échantillons amélaire observés au microscope à lumière polarisée (E = émail)	7
Figure 3 : 4 coupes observés au microscope à lumière polarisée	8
Figure 4 : Photos des 3 types de RRC selon Gupta et al.	9
Figure 5 : Photos cliniques montrant des lésions carieuses dans un contexte de réaction de greffon contre l'hôte (cGHD).....	9
Figure 6 : Photos cliniques des différents stades de sévérité d'une lésion carieuse post-radique précédemment décrits	10
Figure 7 : Photos illustrant les complications dentaires que l'on peut rencontrer après une radiothérapie.....	11
Figure 8 : Observation des fêlures amélaire coronaires post-radiothérapie (photo à droite et une photo avec transillumination à gauche).....	11
Figure 9 : Photos des surfaces atteintes par des caries post-radiques reliées un score allant de 1 à 5 et tableau des 2 scores proposés	13
Figure 10 : Coupe d'émail cervical observée au MEB à un grossissement de 20 000.....	16
Figure 11 : Tissu amélaire observé au MEB à droite et au AFM à gauche	17
Figure 12 : Coupes observées au MEB de dentine permanente sur un zoom de 1000 pour la première puis les deux dernières à 20 000	17
Figure 13 : Comparaison au MEB d'une coupe de dentine saine (A), 2 coupes de dentine irradiée à 72 Gy (1.8Gy / jour pendant 8 semaines)	18
Figure 14 : Coupe de dentine irradiée au MEB	18
Figure 15 : JAD irradiée observée au MEB	22
Figure 16 : Diagramme représentant l'apparition des effets secondaires selon le temps	27
Figure 17 : Schéma représentant les effets directs et indirects de la radiothérapie cervico-faciale de façon non exhaustive	29
Figure 18 : En observation au CLSM = MCBL en français (Microscope confocal à balayage laser).....	33

Table des tableaux

Tableau 1 : Tableau synthétique résumant les similitudes et différences basées sur la bibliographie précédente	13
Tableau 2 : Guide à la première consultation	40
Tableau 3 : Démarche thérapeutique pour les RRC pendant et après radiothérapie	41
Tableau 4 : Précautions à prendre pour chaque étape opératoire.....	42
Tableau 5 : Prophylaxie avant radiothérapie	43
Tableau 6 : Prophylaxie pendant la radiothérapie	44
Tableau 7 : Prophylaxie et suivi après radiothérapie	45

Vu, le Directeur de thèse

Vu, le Doyen de l'UFR d'Odontologie - Montrouge

Docteur Franck DECUP

Professeur Louis MAMAN

Vu, le Président d'Université de Paris

Professeur Christine CLERICI

Pour le Président et par délégation,

Le Doyen Louis MAMAN

Les caries post-radiques liées aux rayons X : étiopathogénie et prise en charge initiale

Résumé :

Au travers l'étude des effets direct et indirects des rayonnements sur la sphère orofaciale au cours d'une radiothérapie cervicofaciale, nous allons proposer une définition de la maladie carieuse post-radique et essayer de comprendre son étiopathogénie. Afin de proposer des protocoles de soins en technique directe pour les lésions carieuses cervicales post-radiques initiales, on s'intéressera aussi aux effets des X sur les matériaux de technique directe et systèmes adhésifs. On associera aussi à la thérapeutique en elle-même, des protocoles de prophylaxie selon la radiothérapie (avant, pendant et après). Nous discuterons aussi des limites de la littérature concernant le sujet ainsi que les biais rencontrés.

Discipline :

Médecine buccale

Mots clés français (fMeSH et Rameau) :

Caries dentaires -- Dissertation universitaire ; Rayons X -- effets indésirables -- Dissertation universitaire ; Cancer cervicofacial -- Thèses et écrits académiques ; Cancéreux -- Soins dentaires -- Thèses et écrits académiques

English keywords (MeSH) :

Dental Caries -- Academic Dissertation ; X-Rays -- adverse effects -- Academic Dissertation

Université de Paris
UFR d'Odontologie - Montrouge
1, rue Maurice Arnoux
92120 Montrouge