



**HAL**  
open science

## Incidences de la radiothérapie sur le collage dentaire

Mina Halimi

► **To cite this version:**

Mina Halimi. Incidences de la radiothérapie sur le collage dentaire. Sciences du Vivant [q-bio]. 2020. dumas-03449019

**HAL Id: dumas-03449019**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03449019v1>**

Submitted on 25 Nov 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

**FACULTÉ DE SANTÉ**

**UFR D'ODONTOLOGIE**  
5, Rue Garancière 75006 PARIS

Année

N°

**THÈSE pour le DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR**  
**en CHIRURGIE DENTAIRE**

présentée et soutenue publiquement le

par **Mina HALIMI**

**INCIDENCES DE LA RADIOTHERAPIE**  
**SUR LE COLLAGE DENTAIRE**

Directrice de Thèse : Dr BOSCO Julia  
Co-Directrice : Dr DOUCHY Laura

**JURY**

M. le Professeur Vianney DESCROIX	Président
Mme la Docteure Vanessa BAAROUN	Assesseur
Mme la Docteure Julia BOSCO	Assesseur
M. le Docteur Philippe GATEAU	Assesseur
M. le Docteur Jean-François NGUYEN	Assesseur
Mme la Docteure Marjorie ZANINI	Assesseur
Mme la Docteure Géraldine LESCAILLE	Membre invité
Mme la Docteure Laura DOUCHY	Membre invité

# UNIVERSITÉ DE PARIS

Présidente de l'Université : Mme la Professeure Christine CLERICI

Doyenne de l'U.F.R. d'Odontologie Garancière : Mme la Professeure Ariane BERDAL

Directrice Générale des Services : Madame Pascale SAINT-CYR

---

## JURY

M. le Professeur Vianney DESCROIX	Président
Mme la Docteure Vanessa BAAROUN	Assesseur
Mme la Docteure Julia BOSCO	Assesseur
M. le Docteur Philippe GATEAU	Assesseur
M. le Docteur Jean-François NGUYEN	Assesseur
Mme la Docteure Marjorie ZANINI	Assesseur
Mme la Docteure Géraldine LESCAILLE	Membre invité
Mme la Docteure Laura DOUCHY	Membre invité

**M. le Professeur Vianney DESCROIX**

Docteur en Chirurgie Dentaire  
Docteur en Pharmacie  
Diplôme de Doctorat  
Professeur des Universités - Praticien  
Hospitalier

*Je vous remercie de l'honneur que vous me faites en présidant le jury de ma thèse.  
Je vous remercie pour la qualité de votre enseignement à la faculté et vous exprime ma plus  
sincère reconnaissance.*

**Mme la Docteure Vanessa BAAROUN**

Docteur en Chirurgie Dentaire  
Maître de Conférences des Universités -  
Praticien Hospitalier

*Je vous suis très reconnaissante d'avoir accepté de participer à ce jury de thèse. Je vous  
remercie pour la qualité de votre enseignement à la faculté.*

**Mme la Docteure Julia BOSCO**

Docteur en Chirurgie Dentaire  
Diplôme de Doctorat  
Maître de Conférences des Universités -  
Praticien Hospitalier

*Je vous suis très reconnaissante d'avoir accepté la direction de cette thèse.  
Je vous remercie pour votre disponibilité et votre gentillesse, pour la patience et  
l'investissement dont vous avez fait preuve pour la direction de ce travail.  
Je vous remercie pour le stage à la Pitié Salpêtrière passé à vos côtés qui fut passionnant et  
très enrichissant.  
Veuillez trouver ici l'expression de ma profonde reconnaissance et de mes sincères  
remerciements.*

**M. le Docteur Philippe GATEAU**

Docteur en Chirurgie Dentaire  
Diplôme de Doctorat  
Maître de Conférences des Universités -  
Praticien Hospitalier

*Je vous suis très reconnaissante d'avoir accepté de participer à ce jury de thèse.  
Je vous remercie pour la qualité de votre enseignement à la faculté.*

**M. le Docteur Jean-François NGUYEN**

Docteur en Chirurgie Dentaire  
Maître de Conférences des Universités -  
Praticien Hospitalier

*Je vous suis très reconnaissante d'avoir accepté de participer à ce jury de thèse. Je vous  
remercie pour le stage à la Pitié Salpêtrière passé à vos côtés qui fut très enrichissant et  
pour votre gentillesse.*

**Mme la Docteure Marjorie ZANINI**

Docteur en Chirurgie Dentaire  
Maître de Conférences des Universités -  
Praticien Hospitalier

*Je vous suis très reconnaissante d'avoir accepté de participer à ce jury de thèse.  
Je vous remercie pour la qualité de votre enseignement à la faculté.*

**Mme la Docteure Géraldine LESCAILLE**

Docteur en Chirurgie Dentaire  
Professeur des Universités - Praticien  
Hospitalier

*Je vous suis très reconnaissante d'avoir accepté de participer à ce jury de thèse.  
Je vous remercie pour la qualité de votre enseignement à la faculté.*

**Mme la Docteure Laura DOUCHY**

Docteur en Chirurgie Dentaire

*Merci Laura pour avoir participé à la direction de cette thèse, pour ta gentillesse, ta disponibilité, tes remarques et corrections pertinentes qui m'ont aidée dans l'élaboration de ce travail et pour avoir été une sympathique camarade de promo. Je te remercie pour tout cela et je te suis très reconnaissante.*

# SOMMAIRE

I.	Introduction.....	4
II.	Conséquences bucco-dentaires après radiothérapie.....	5
II.1	Epidémiologie et traitements des cancers des VADS.....	5
II.1.1	Incidence, mortalité et facteurs de risque .....	5
II.1.2	Modalités thérapeutiques.....	6
II.2	Séquelles bucco-dentaires de la radiothérapie.....	9
II.2.1	Complications bucco-dentaires précoces.....	9
II.2.2	Complications bucco-dentaires tardives et fréquentes .....	10
II.2.3	Complications bucco-dentaires tardives et plus rares .....	13
II.3	Conséquences de l'irradiation sur les structures dentaires.....	14
II.3.1	Aspects macroscopiques des caries post radiques .....	14
II.3.2	Conséquences de l'irradiation sur les tissus dentaires minéralisés .....	15
II.3.3	Conséquences sur le complexe pulpo-dentinaire.....	18
II.4	Recommandations actuelles dans la prise en charge bucco-dentaire des patients irradiés.....	19
II.4.1	Avant irradiation.....	19
II.4.2	Après irradiation.....	20
III.	Adhésion aux tissus dentaires minéralisés.....	22
III.1	Définition .....	22
III.2	Mécanismes de l'adhésion aux structures dentaires.....	23
III.2.1	A l'émail.....	23
III.2.2	A la dentine.....	24
III.3	Systèmes adhésifs amélo-dentaires.....	25
III.3.1	Compositions des systèmes adhésifs amélo-dentaires.....	25
III.3.2	Classifications des systèmes adhésifs.....	26
III.4	Adhésion des matériaux de restauration dentaires utilisés en technique directe.....	26
III.4.1	Composite .....	26
III.4.2	CVI.....	27
IV.	Effets de la radiothérapie sur le comportement des systèmes adhésifs : revue de littérature.....	29
IV.1	Introduction.....	29
IV.2	Matériels et méthodes .....	29
IV.3	Résultats .....	32
IV.3.1	Etudes incluses .....	32
IV.3.2	Extractions des données et synthèse des résultats.....	35

IV.4	Discussion .....	46
IV.5	Conclusion .....	51
V.	Conclusion .....	52

## Abréviations :

ATM : Articulation temporo-mandibulaire

CVI : Ciments verres ionomères

HP : Hydroxylysylpyridinoline

HPV : Papillomavirus humain

JAD : Jonction amélo-dentinaire

LP : Lysylpyridinoline

MR : Mordançage + rinçage

ORN : Ostéoradionécrose

RCMI : Radiothérapie conformationnelle avec modulation d'intensité

SA : Système adhésif

SAM : Systèmes auto-mordançants

VADS : Voies aéro-digestives supérieures.



## I. Introduction

En France, les cancers des voies aéro-digestives supérieures (VADS) affectent chaque année 15 000 nouveaux patients. Ils sont traités par chirurgie, radiothérapie et chimiothérapie, séparément ou en association. Ces thérapeutiques entraînent des effets secondaires et des séquelles majeures au niveau de la cavité buccale et altèrent la qualité de vie de ces patients.

Les caries post radiques sont une des conséquences de la radiothérapie. Elles résultent d'une modification de la qualité et de la quantité de salive, et probablement de l'action directe des rayons sur les tissus dentaires en altérant leurs propriétés structurales et mécaniques (Lu et al. 2019).

Elles sont favorisées par un environnement buccal plus propice aux développements carieux chez ces patients (mauvaise hygiène buccale aggravée par des mucites radio induite ou par une limitation de l'ouverture buccale, modification du régime alimentaire en faveur d'une alimentation plus sucrée ...).

Le challenge pour un chirurgien-dentiste sera donc de prendre en charge efficacement ces patients irradiés, le choix et la mise en place du matériau de restauration en sera donc une étape clé. Toutefois, la prise en charge des caries post radiques est encore peu documentée dans la littérature, il semblerait néanmoins que les composites aient toute leur place dans l'arsenal thérapeutique de la carie post radique (Moore et al. 2020).

Comme l'adhésion aux tissus dentaires répond essentiellement au principe d'ancrage micromécanique, les variations des propriétés mécaniques et structurales observées à la suite d'une irradiation au niveau des tissus dentaires pourraient affecter le joint adhésif (essentiel à la bonne étanchéité de la restauration et donc à sa pérennité).

A travers une revue de littérature, nous étudierons l'impact de la radiothérapie sur le collage dentaire, après avoir développé dans un premier temps les conséquences bucco-dentaires de la radiothérapie puis l'adhésion aux tissus dentaires minéralisés.

Le but est de mieux comprendre le comportement des composites comme matériaux de restauration dentaire dans cette population : les restaurations adhésives réalisées en amont sont-elles affaiblies par l'irradiation ? Le composite est-il adapté pour le traitement des caries post radiques ? Existe-il une procédure d'adhésion clinique préférable dans cette situation ?

## II. Conséquences bucco-dentaires après radiothérapie

### II.1 Epidémiologie et traitements des cancers des VADS

#### II.1.1 Incidence, mortalité et facteurs de risque

Les données présentées dans cette partie sont issues du registre de l'Institut National du Cancer (Cancers des VADS /du diagnostic au suivi, INCA) de 2018.

Les cancers des VADS se classent en France au quatrième rang des cancers chez l'homme et au dixième chez la femme. Le nombre de nouveaux cas projetés en 2017 est de plus de 15 000 et le nombre de décès projetés d'environ 1600.

Ils regroupent une grande diversité de tumeurs, les carcinomes épidermoïdes représentent plus de 90 % de ces cancers.

Les hommes sont plus touchés que les femmes par ces cancers (environ 70% des nouveaux cas). Cependant, l'incidence tend à diminuer chez les hommes et à augmenter chez les femmes, en corrélation avec la hausse de leur consommation de tabac et d'alcool, mais également avec l'augmentation de cas viro-induits par le papillomavirus humain (HPV) ces dernières années.

Les cancers des VADS surviennent le plus souvent entre 50 et 64 ans (INCA 2012).

SURVIE NETTE À 5 ANS	Cancers de la tête et du cou	Cancers du larynx
<b>Hommes</b>	34 %	56 %
<b>Femmes</b>	49 %	59 %

*Tableau 1 : Survie nette à 5 ans pour les cancers de la tête et du cou et du larynx (INCA 2018).*

Les deux principaux facteurs de risque des cancers des VADS sont le tabagisme et la consommation d'alcool chronique (90% des cas) (INCA 2018). Chaque facteur seul multiplie par trois le risque de ce cancer et l'association des deux facteurs multiplie ce risque par 15 (Hans et Brasnu 2010). Le rôle de l'infection par HPV dans le développement de ces cancers est également de plus en plus reconnu. Elle est à l'origine d'une nouvelle population de patients plus jeunes, parfois non exposée au tabac ou à l'alcool (ONCOLOR 2014, INCA 2018).

TOPOGRAPHIE	RÉPARTITION	TYPE HISTOLOGIQUE	PRINCIPAUX FACTEURS DE RISQUE
Cavité buccale	20-25 %	Carcinome épidermoïde	Alcool et tabac (effet synergique)
Oropharynx	10-15 %		Alcool et tabac (effet synergique) HPV oncogènes
Hypopharynx	25-30 %		Alcool et tabac (effet synergique)
Larynx	30-35 %		Tabac (prédominant), alcool
Sinus Ethmoïde Fosses nasales	< 1 %	Adénocarcinome	Exposition professionnelle : poussières de bois, nickel, aldéhyde formique, acide chromique
Nasopharynx (ou rhinopharynx ou cavum)	< 1 %	Carcinome nasopharyngé	Virus d'Epstein Barr Origine géographique (Bassin méditerranéen, Asie du Sud-Est)

*Tableau 2 : Topographie, répartition, type histologique et principaux facteurs de risque des cancers des VADS (INCA, 2018).*

### II.1.2 Modalités thérapeutiques

Il faut tout d'abord conseiller et accompagner le patient à l'arrêt du tabac et de l'alcool, afin de limiter les risques de complications pendant et après le traitement.

La stratégie thérapeutique est discutée selon la topographie et le stade de la tumeur mais aussi l'état général du patient et son choix éclairé.

Trois types de traitements sont essentiellement utilisés : la chirurgie, la radiothérapie et les médicaments anticancéreux (chimiothérapie et thérapies ciblées).

Les deux modalités curatives de première intention sont la chirurgie et/ou la radiothérapie (associées ou non à la chimiothérapie). La chirurgie est généralement la modalité de référence des tumeurs de la cavité buccale, et la radiothérapie pour les tumeurs du cavum (HAS 2009).

### II.1.2.1 La chirurgie

C'est le traitement local du cancer qui vise à retirer la tumeur et ses extensions et les éventuels ganglions lymphatiques atteints. Différentes chirurgies sont pratiquées selon la localisation de la tumeur, elles sont partielles ou totales. La plupart des tumeurs des VADS étant très lymphophile un curage ganglionnaire est souvent nécessaire (Denechaud-Puizon 2016).

### II.1.2.2 La chimiothérapie

C'est un traitement général permettant de tuer les cellules cancéreuses grâce à des médicaments cytotoxiques. Elle est le plus souvent administrée par voie intraveineuse par cures de plusieurs jours renouvelables. Les sels de platine, le 5-FU, le docetaxel, le cetuximab (thérapie ciblée) sont les principales molécules utilisées.

La chimiothérapie peut être faite :

- en induction (néo-adjuvante), notamment dans le cadre de la préservation d'organe (larynx, hypopharynx)
- en association avec la radiothérapie, soit de façon séquentielle, soit de façon concomitante
- en situation palliative, en cas d'échec de la chirurgie et/ou de la radiothérapie avec évolution locale, locorégionale et/ou à distance (métastases) ( Société Française d'Oto-Rhino-Laryngologie et de Chirurgie de la Face et du Cou 2015).

L'association chimio-radiothérapie améliore le taux de survie des patients présentant une tumeur non opérable à un stade avancé et dans le pronostic est mauvais, mais elle augmente les effets secondaires de la radiothérapie tant en durée qu'en intensité.

La thérapie ciblée de type anti-EGFR (epidermal growth factor receptor ou récepteur du facteur de croissance épidermique) peut également être utilisée en association avec la radiothérapie dans les cancers des VADS localement avancés (Denauchaud et Puizon 2016).

### II.1.2.3 Radiothérapie

La radiothérapie est un traitement local utilisant des rayonnements ionisants de hautes énergies qui délivrés à une certaine dose endommagent l'ADN des cellules cancéreuses entraînant leur destruction. Les cellules saines ont une capacité de réparation plus rapide que les cellules tumorales surtout si l'irradiation est fractionnée et étalée dans le temps. Cette différence de comportement entre cellules saines et cancéreuses vis-à-vis des radiations est appelée l'effet différentiel qui est donc le principe de base de l'utilisation de la radiothérapie (Chauvet et al. 2013).

Le médecin radiothérapeute dispose de deux techniques de traitement :

- La radiothérapie externe
- La curiethérapie (radiothérapie interne).

La radiothérapie externe est de loin la plus fréquente, elle est réalisée dans le traitement curatif de plus de 70 % des cancers des VADS (Vincent-Bugnas et al. 2015).

Les rayonnements utilisés, majoritairement des photons de rayons X de haute énergie sont produits par des accélérateurs de particule. Le faisceau de rayons X est ensuite réduit (collimateur multilames) pour lui donner une forme s'adaptant au volume anatomique de la tumeur et en se conformant à ses variations (d'où le terme de radiothérapie de conformation).

Pour les cancers des VADS, la méthode standard d'irradiation curative est la radiothérapie conformationnelle avec modulation d'intensité (RCMI ou IMRT) (SFORL et CFC 2015; Lapeyre et Biau 2016). Elle repose sur l'utilisation de faisceaux non plus homogènes, mais dont l'intensité est variable, afin d'optimiser l'irradiation de façon à traiter au mieux la tumeur tout en épargnant les tissus sains voisins (Chauvet et al. 2013).

Le plan de traitement définitif établit notamment la dose totale et ses modalités de délivrance (dose par séance, nombre et fréquence des séances...). La dose totale délivrée est variable selon les cas.

Lorsque la radiothérapie est le traitement principal, elle délivre une dose de 65 à 70 Gy en 6,5 à 7 semaines, à raison d'une séance par jour, 5 jours par semaine. Elle est potentialisée par une chimiothérapie ou une thérapie ciblée dans les formes localement avancées.

Lorsque la radiothérapie vient compléter un traitement chirurgical, elle peut être délivrée avec la même fréquence qu'en traitement principal et elle débute entre 1 et 2 mois après la chirurgie.

Une radiothérapie postopératoire peut également être indiquée selon le stade, la localisation tumorale initiale et la qualité de l'exérèse. Elle délivre une dose de 50 à 65 Gy en 5 à 6,5 semaines, à raison d'une séance par jour, 5 jours par semaine au niveau du lit tumoral et/ou des aires ganglionnaires (HAS 2009).

La technique de curiethérapie à débit pulsé peut être proposée pour certaines tumeurs accessibles, de petit volume (ne dépassant pas 30 cm<sup>3</sup>), et bien limitées des lèvres, de la face, de la cavité buccale à distance des arcades dentaires ou de l'oropharynx. Elle est réalisée au moyen d'une micro source radioactive d'iridium qui se déplace millimètre par millimètre à l'intérieur d'un dispositif appelé porte source (Benhaim et Lapeyre 2015).

La localisation de la tumeur, la durée du traitement et les complications possibles obligent à sélectionner les patients candidats à ce traitement. Son utilisation est toutefois de plus en plus réduite, avec une diminution des centres et des médecins aptes à la pratiquer.

La radiothérapie peut donc être utilisée seule ou en association avec une chimiothérapie classique ou une thérapie ciblée et/ou la chirurgie. Dans ce dernier cas, elle a pour but d'augmenter l'efficacité du traitement ou de diminuer les séquelles.

## II.2 Séquelles bucco-dentaires de la radiothérapie

La radiothérapie est responsable d'effets indésirables et de complications qui sont majorées par la réalisation d'une chimiothérapie concomitante et la poursuite de l'intoxication alcoolotabagique (Menard et al. 2018).

### II.2.1 Complications bucco-dentaires précoces

Les complications précoces sont dominées par des dermatites des zones exposées à l'irradiation, des radiomucites qui peuvent rendre l'alimentation difficile et participer à la dénutrition du patient, et de candidoses oropharyngées (INCA 2018).

Au cours des 2 ou 3 premières semaines d'irradiation, apparaissent souvent chez les patients des mucites radio induites. Elles se présentent comme un érythème de la muqueuse buccale et peuvent progresser en ulcération et pseudomembranes à mesure que la dose de rayonnement augmente (Sroussi et al. 2017). Elles sont d'intensité variable, peuvent rendre l'alimentation

impossible et nécessiter une alimentation entérale. Elles entraînent parfois une hospitalisation voire une interruption temporaire de l'irradiation, lorsque la toxicité est trop importante.

Le traitement symptomatique des mucites inclut des bains de bouche de bicarbonate de soude 1,4 % cinq à six fois par jour, des anesthésiques locaux, des antalgiques pour prendre en charge la douleur, et des antifongiques en cas de surinfection fongique (Référentiels inter-régionaux en Soins Oncologiques de Support 2010, INCA 2018).

## II.2.2 Complications bucco-dentaires tardives et fréquentes (INCA 2018)

Les complications bucco dentaires tardives et fréquentes comprennent et associent une xérostomie et une modification de la flore buccale qui favorisent l'apparition de caries dites post radiques.

### II.2.2.1 Xérostomie

La xérostomie est une complication tardive de l'irradiation qui se manifeste précocement par une hyposialie.

Les glandes salivaires étant composées de cellules très différenciées, et compte tenu du faible taux de renouvellement de leurs cellules, elles devraient être relativement radio-résistantes. Cependant, la diminution du flux salivaire survient rapidement après l'irradiation, suggérant une grande radiosensibilité. Dès les premières semaines une hyposialie précoce apparaît à la suite de l'irradiation (Vissink et al. 2003).

L'hypothèse avancée serait que les ionisations radio-induites entraîneraient une modification des phospholipides membranaires, perturbant ainsi des voies de signalisation cellulaires. Les récepteurs muscariniques responsables de la libération salivaire ne sont plus activés, avec pour conséquence une hyposialie. Dans les dix premiers jours, l'hyposialie serait donc due à des perturbations de la signalisation cellulaire et non à une mort cellulaire. Dans un second temps, suite aux dommages radio-induits, les cellules sécrétoires s'atrophient, ne peuvent pas être renouvelées et sont remplacées par de la fibrose et des adipocytes. Les acini séreux dégénèrent plus rapidement que les acini muqueux, ainsi, la salive devient plus épaisse, plus visqueuse (Vissink et al. 2003; Ortholan et al. 2010; Pointreau et al. 2016).

(Epstein et al. 1999) ont observé que 91% des patients de leur étude, irradiés pour des cancers oropharyngés souffraient d'une xérostomie 6 mois après la fin de l'irradiation.

Selon le Normal Tissue Complication Probability, les doses provoquant 5 et 50 % de xérostomies sévères à cinq ans sont respectivement de 32 et 46 Gy dans au moins deux tiers de la parotide (Ortholan et al. 2010). Dans une étude post-mortem, il a été montré que pour des doses inférieures à 30 Gy, les dommages causés par l'irradiation étaient réversibles jusqu'à un certain point, mais après une dose cumulée supérieure à 75 Gy, une dégénérescence irréversible des acini était observée (Vissink et al. 2003).

La récupération salivaire, lorsqu'elle est possible, s'effectue progressivement dans les 2 ans suivant l'irradiation.

L'hyposialie est à l'origine d'une nette diminution de la qualité de vie. Elle entraîne un inconfort dû à la sécheresse muqueuse, une dysgueusie, des troubles de la déglutition, des douleurs, avec pour conséquences des plaies muqueuses et labiales. Elle augmente le risque carieux et celui d'infection fongique.

#### II.2.2.2 Modifications de la composition salivaire

En plus de la réduction du flux salivaire, une modification de la composition est observée avec entre autres une augmentation des microorganismes acidogènes et cariogènes (*Streptococcus mutans*, *Lactobacillus* et *Candida*). Des changements comparables dans la flore buccale ont été observés chez des patients atteints d'hyposalivation pour d'autres causes, indiquant qu'un faible taux de sécrétion salivaire favorise principalement une flore associée au développement de caries dentaires.

Une modification des concentrations d'électrolytes salivaires, des systèmes antibactériens non immuns et immunitaires modifiés, une réduction de la capacité tampon et une diminution du pH sont également observés. Le pH diminue d'environ 7.0 à 5.0. La capacité tampon réduite est principalement due à une réduction de la concentration de bicarbonate dans la salive. (Vissink et al.2003 ; Gupta et al. 2015 ; Arrifin et al. 2018 ; Gaetti-Jardim et al. 2018).

Ces changements surviennent du début de la radiothérapie à 3 mois et restent plus ou moins constants par la suite. L'évolution de la microflore buccale vers les bactéries cariogènes, la modification de la composition et du flux salivaire, et du ratio déminéralisation /reminéralisation entraînent clairement une augmentation considérable du risque carieux.



### II.2.2.3 Caries post radiques

Les caries post radiques diffèrent de par leur localisation, leur développement et leur progression par rapport aux caries dentaires typiques. Elles se développent rapidement quelques mois après l'irradiation, au niveau des zones cervicales des dents ainsi qu'au niveau des cuspides et des bords incisifs, zones d'ordinaire résistantes à la carie dentaire. Elles sont généralement non douloureuses.

L'étiologie la plus largement admise a été les effets indirects de la xérostomie radio-induite, et il a été suggéré que l'effet direct du rayonnement thérapeutique sur les structures dentaires minéralisées concomitante à la xérostomie pourrait être un facteur causal important de l'augmentation du risque carieux.

L'étiologie de ces caries peut donc être liée à 3 facteurs (Vissink et al. 2003; Walker et al. 2011; Rouers et al. 2015; Tamburini 2015) :

- A l'hyposialie qui entraîne une diminution de l'auto-nettoyage des surfaces dentaires et favorise ainsi l'accumulation de la plaque dentaire. De plus, l'hyposialie est associée à une xérostomie qui peut engendrer des changements diététiques chez ces patients en faveur d'une alimentation plus riches en glucides (nécessaires aux métabolismes des bactéries cariogènes).
- Aux modifications de la flore buccale liées aux changements quantitatifs et qualitatifs de la salive. La diminution de flux salivaire, du pH, et la réduction de la quantité d'immunoprotéines salivaires entraînent une augmentation des bactéries cariogènes dans la plaque dentaire. La réduction du pouvoir tampon de la salive empêche la neutralisation d'acides produits par ces bactéries, donc favorise la déminéralisation de l'émail. La reminéralisation est également affectée par la diminution des électrolytes salivaires nécessaires à la formation de nouveaux cristaux d'hydroxyapatites.
- Aux effets directs des rayonnements sur les structures dentaires. Nous étudierons dans la suite les conséquences de l'irradiation sur les structures dentaires.

### II.2.3 Complications bucco-dentaires tardives et plus rares

Le trismus et l'ostéoradionécrose font partie des complications tardives et plus rares de la radiothérapie des cancers des VADS (INCA 2018).

#### II.2.3.1 Trismus

Une limitation de l'ouverture buccale par fibrose des muscles masticateurs ou de l'articulation temporo-mandibulaire (ATM) peut apparaître, avec un risque plus élevé lorsque le muscle ptérygoïdien interne est inclus dans la région irradiée. Le trismus peut considérablement affecter la qualité de vie des patients. En effet, les fibres de l'ATM peuvent être accompagnées d'inflammations et de douleurs, gêner la mastication et la déglutition des aliments, ce qui peut engendrer une perte de poids et des déficits nutritionnels importants. Il peut rendre difficile une hygiène buccodentaire optimale dans un contexte buccal déjà affaibli. La limitation d'ouverture buccale, une fois qu'elle se développe, est très difficile à traiter. C'est pourquoi, il est primordial d'axer sa prise en charge sur la prévention et les traitements précoces (Tamburini 2015).

#### II.2.3.2 Ostéoradionécrose

L'ostéoradionécrose est une nécrose osseuse secondaire à une radiothérapie. L'expression clinique est variable en fonction des patients, mais la douleur est généralement présente, puis les expositions osseuses, fistules, orostomes et fractures pathologiques peuvent se voir au cours de l'évolution (Raoul et al. 2008).

Les mécanismes physiopathologiques invoqués comportent l'hypothèse des « 3H » de Marx (hypocellularité, hypovascularisation et hypoxie), des « 2I » de Dambraïn pour infection et ischémie, une radiosensibilité préférentielle des ostéoblastes par rapport aux ostéoclastes, ce qui favorise une résorption osseuse, ou encore un phénomène fibro-inflammatoire avec colonisation de l'os par des fibroblastes, limitant le potentiel de régénération osseuse (Vincent-Bugnas et al. 2015; Tamburini 2015).

C'est l'une des complications les plus sévères des traitements anticancéreux par radiothérapie. Du fait de la moindre vascularisation de la mandibule, l'ostéoradionécrose est principalement retrouvée au niveau mandibulaire, elle est exceptionnelle au niveau maxillaire. L'ORN survient de quelques semaines à plusieurs années après irradiation (90 % dans les trois ans). Le patient est considéré à risque tout au long de sa vie (Vissink et al. 2003; Vincent-Bugnas et al. 2015).

L'incidence de l'ORN varie selon les études. Cependant, une nette tendance à la baisse a été observée au cours des trente dernières années (avec la mise en place des soins dentaires systématiques et de la prophylaxie fluorée, et grâce aux améliorations des techniques de radiothérapie), elle est actuellement inférieure à 5 % (Raoul et al. 2016).

## II.3 Conséquences de l'irradiation sur les structures dentaires

### II.3.1 Aspects macroscopiques des caries post radiques

Cliniquement, trois types de lésions carieuses différentes ont été identifiés, les trois types de lésions peuvent être observés dans la même bouche (Gupta et al. 2015) :

- Type 1 : Le plus fréquent, il affecte la zone cervicale des dents et s'étend jusqu'à la jonction amélo-cémentaire, ce qui peut entraîner une fracture corono-radriculaire.



*Photographie 1 : Lésions carieuses post radiques de type 1 (Gupta et al. 2015)*

- Type 2 : sous forme de zones de déminéralisations sur toutes les surfaces dentaires, d'érosions généralisées en particulier des surfaces occlusales et des bords incisifs.



*Photographie 2 : Lésions carieuses post radiques de type 2 (Gupta et al. 2015)*

- Type 3 – le moins fréquent : avec des changements de teinte dentinaire. La couronne devient brune-noire foncée et on peut observer des usures occlusales et incisives.



Photographie 3 : Lésions carieuses post radiques de type 3 (Gupta et al. 2015)

### II.3.2 Conséquences de l'irradiation sur les tissus dentaires minéralisés

(Lu et al. 2019) ont évalué les effets directs de l'irradiation sur les tissus dentaires minéralisés à l'aide de différentes méthodes, des dents extraites ont été irradiées (2 Gy/jour ; 5 jours par semaine), trois groupes (0 Gy, 30 Gy et 60 Gy) ont été étudiés.

Au niveau de la structure amélaire, ils ont observé au microscope électronique à balayage des altérations d'autant plus importantes que les doses d'irradiation augmentaient. Une destruction progressive de la substance interprismatique, des fragments et une disposition irrégulière des prismes d'émail ont été constatés ainsi que des fissures dans la région adjacente à la jonction amélo-dentinaire (JAD).

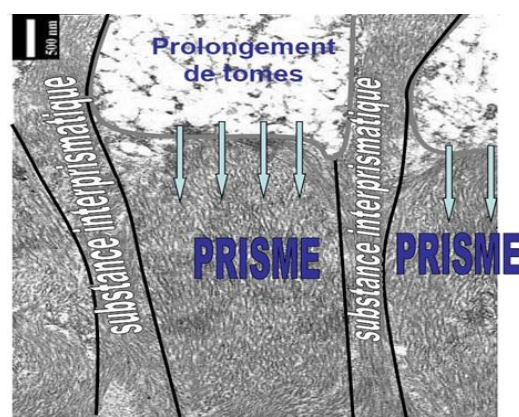


Figure 1 : Structure de l'émail prismatique normale

Ils constatent une diminution de la micro dureté et du module d'élasticité au niveau de l'émail adjacent à la JAD. Cependant d'autres études ont montré au contraire une augmentation du module d'élasticité au niveau de l'émail (Lopes et al. 2018), ainsi qu'au niveau de la dentine près de la JAD (Reed et al. 2015).

Au niveau dentinaire, ils observent des tubules dentinaires oblitérés, une dégénérescence du réseau de collagène et la présence de fissures dans les groupes de dents irradiées à 30 Gy et 60 Gy. Les mêmes observations ont été faites dans l'étude de (Gonçalves et al. 2014).

Lorsque la dose cumulée atteint 60 Gy, la destruction du tissu dentaire minéralisé est bien plus importante également, ce qui concorde avec l'étude de (Walker et al. 2011).

La jonction amélo-dentinaire (JAD) et l'émail interne associé jouent un rôle important dans l'inhibition de la propagation des fissures.

L'existence d'une couche matricielle d'émail à base de protéines contenant des collagènes de types VII et IV se liant à la JAD a été récemment démontrée. Cette couche de matrice organique est répartie le long de la région interne de l'émail et apparaît proportionnelle en épaisseur à la couche d'émail.

(McGuire et al. 2014) ont émis l'hypothèse que la localisation des collagènes de types IV et VII dans cette région pourrait expliquer les propriétés de la JAD, par analogie avec la stabilité mécanique de la jonction cutanée-épidermique. Le collagène de types IV et VII pourrait former des complexes multimériques avec des fibrilles de collagène de type I de la dentine et ainsi permettre la stabilité de la JAD.

À l'appui de cette hypothèse, ils supposent que la perte de collagène dans les dents à la suite d'une radiothérapie peut représenter un mécanisme d'instabilité post-irradiation au niveau de la JAD et expliquer l'incidence accrue de délaminage de l'émail chez les patients irradiés.

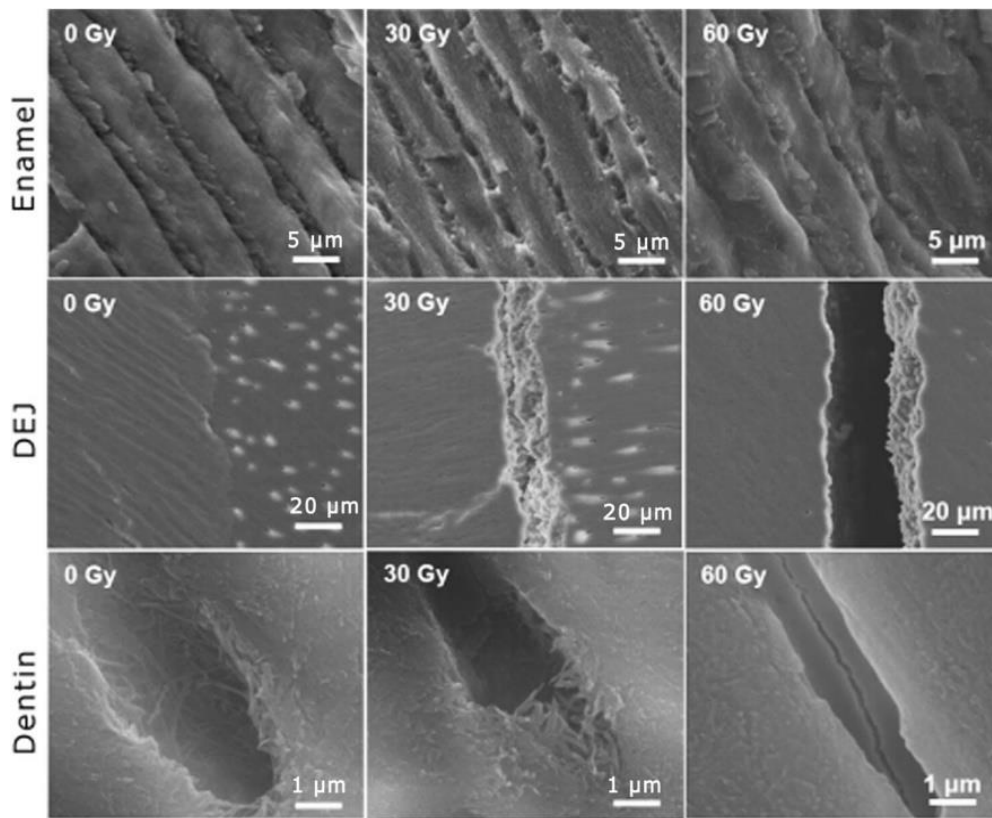


Figure 2 : Observation de l'émail, de la dentine et de la JAD au Microscope Electronique à Balayage après une irradiation de 30Gy et 60 Gy tiré de l'étude de (Lu et al. 2019).

A partir des résultats de cette étude et des études précédentes, (Lu et al. 2019) ont suggéré que les mécanismes des lésions des tissus dentaires minéralisés après irradiation pouvaient s'expliquer par :

- 1) Les radiations interagissent avec les matières organiques et l'eau et induisent des radicaux libres et du peroxyde d'hydrogène dans les tissus dentaires durs.
- 2) Des teneurs plus élevées en composés organiques dans la zone adjacente à la JAD la rendent plus vulnérable aux radiations. La dégénérescence de substances organiques affaiblit l'interaction entre l'émail et la JAD, ce qui entraîne une déstabilisation de la région adjacente à la JAD et une altération des propriétés mécaniques. Ceci pourrait expliquer l'exfoliation de l'émail et l'exposition de la dentine après l'irradiation des dents.
- 3) La dégénérescence des matières organiques et des minéraux affaiblit également les interactions des cristaux d'hydroxyapatite, ce qui entraîne une diminution de la cristallinité de l'apatite et une solubilité accrue dans la salive à un pH acide. Les cristaux d'émail semblent être plus vulnérables aux radiations que la dentine, ce qui peut expliquer en partie la formation de cratères dans l'émail superficiel.

- 4) En conséquence, des défauts dans la microstructure des tissus dentaires durs, tels que des fissures au niveau de la JAD et la porosité de l'émail, seront bénéfiques pour la fixation et la colonisation des bactéries, qui, combinées aux effets indirects induits par les radiations augmentent le risque carieux.

### II.3.3 Conséquences sur le complexe pulpo-dentinaire.

La capacité des rayonnements ionisants à causer des dommages radiogéniques directs sur le complexe pulpo-dentinaire est controversée.

Dans l'étude réalisée par (Springer et al. 2005), une augmentation significative des liaisons réticulaires entre l'hydroxylysylpyridinoline (HP) et la lysylpyridinoline (LP) dans le tissu pulpaire des dents irradiées par rapport aux dents non irradiées indiquait une augmentation significative des quantités de fragments de collagène par radiographie directe, HP et LP étant des dérivés isolés, non réductibles du collagène I mature. Il a été suggéré que la destruction radiogénique du collagène dans la pulpe dentaire pourrait contribuer à la fibrose secondaire et à la diminution de la vascularisation, altérant ainsi le métabolisme odontoblastique.

(Fonsêca et al. 2019) ont comparé les réactions du complexe pulpo-dentinaire de dents atteintes soit par des caries post-radiques soit par des caries typiques, en fonction de la profondeur des atteintes carieuses.

Ils ont comparé les caractéristiques histopathologiques du complexe pulpo-dentinaire des dents cariées (hiérarchie morphologique de la pulpe, présence de dentine réactionnelle, de calcifications pulpaire, de fibroses pulpaire...). Aucune différence significative n'a été observée entre les deux groupes, ils en ont conclu que l'irradiation n'affecte pas les réponses du complexe pulpo-dentinaire. Une des limites de cette étude était le nombre de dents évalué, seules 11 dents atteintes de caries post radiques ont été analysées.

## II.4 Recommandations actuelles dans la prise en charge bucco-dentaire des patients irradiés.

### II.4.1 Avant irradiation

Une prise en charge bucco-dentaire doit être systématiquement mise en place avant le début du traitement par radiothérapie cervico-faciale, en prévention d'éventuelles complications post-thérapeutique en particulier au risque d'ostéoradionécrose.

L'objectif étant de réduire toutes complications ultérieures, en apportant au patient un état de santé bucco-dentaire optimal, de façon à ce qu'aucun soin invasif ne soit nécessaire dans les suites de l'irradiation. Le patient doit donc être informé sur l'importance d'une hygiène buccodentaire rigoureuse et de la fluoroprophyxie.

Il est impératif d'éliminer les foyers infectieux bucco-dentaires situés dans les champs d'irradiation. Les gestes chirurgicaux destinés à assainir la cavité buccale doivent être entrepris au plus tôt afin d'obtenir une cicatrisation muqueuse avant le début de la radiothérapie.

La conservation des dents dans le secteur irradié nécessite une excellente motivation du patient (hygiène, fluoroprophyxie, contrôle), seules les dents saines ou correctement traitées peuvent être conservées. Si le patient ne semble pas compliant et motivé et/ou que les soins conservateurs ne peuvent être réalisés, l'avulsion dentaire sera recommandée. Selon les recommandations de la Société Française de Chirurgie Orale (2012), doivent être extraites avant de commencer l'irradiation :

- Les dents délabrées
- Les dents présentant des foyers infectieux apicaux ou parodontaux de mauvais pronostic
- Les dents qui ultérieurement vont s'avérer inutilisables d'un point de vue prothétique (dents en malposition, versées ou égressées, etc.)
- Les dents qui constituent une source de traumatismes pour les muqueuses linguales ou labio-jugales
- Les dents en désinclusion avec antécédents de péri coronarite.



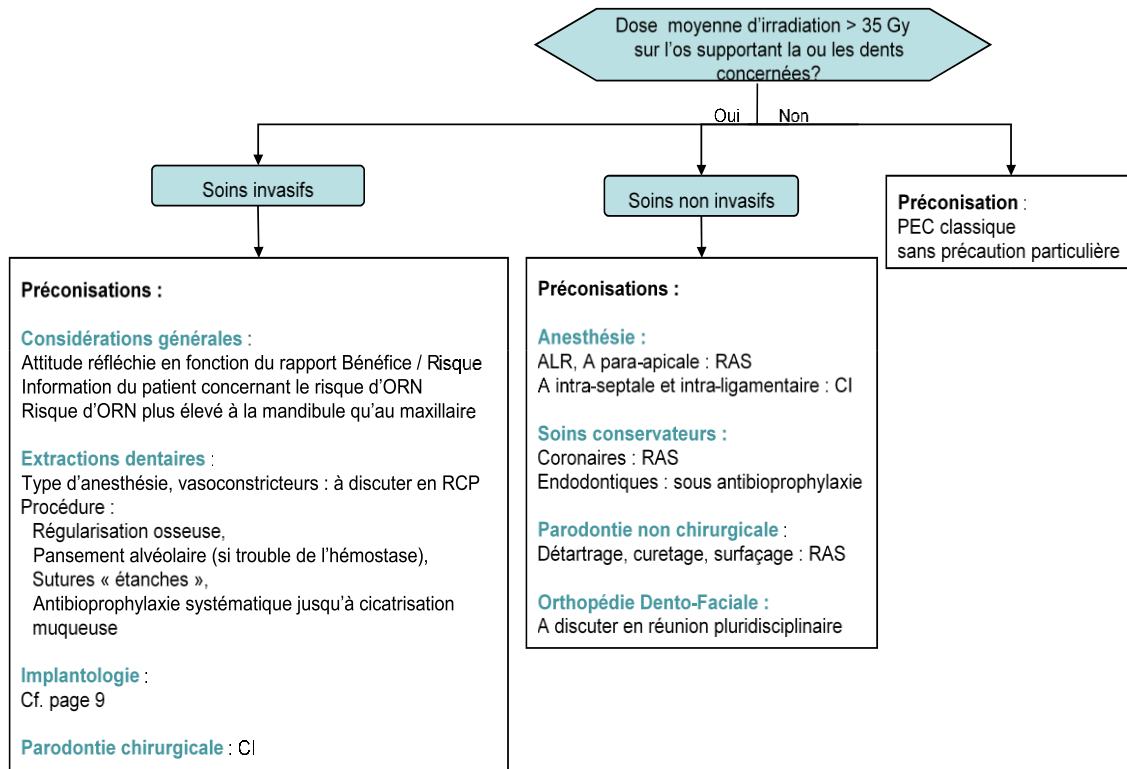
## II.4.2 Après irradiation

Afin de limiter le risque carieux, le patient devra bénéficier d'une forte motivation à l'hygiène et d'un apport de fluor via notamment le port de gouttières fluorées à utiliser 5 min par jour après le brossage du soir :

- Pendant 2 ans si la dose d'irradiation est inférieure à 30 Gy sur une glande parotide, puis évaluer le potentiel sécrétoire salivaire, arrêt progressif de la fluoroprophyllaxie si subnormal sinon continuer à vie.
- A vie si elle est supérieure à 30 Gy.

Une prise en charge de la xérostomie devra également être proposée, en prescrivant des stimulateurs ou des substituts salivaires (Référentiels Interrégionaux En Soins Oncologique De Support 2010).

Les référentiels Interrégionaux En Soins Oncologique De Support 2010 présentent le schéma ci-dessous sur les préconisations à prendre en cas de soins buccodentaire chez le patient irradié pour un cancer des VADS. Il n'y a donc pas lieu de prendre des mesures particulières si la dose d'irradiation reçue est inférieure à 35 Gy. Si l'avulsion s'avère nécessaire sans autre possibilité, les soins chirurgicaux seront réalisés de préférence en milieu hospitalier sous couverture antibiotique (jusqu'à cicatrisation complète de la muqueuse). De manière générale, les anesthésies avec vasoconstricteurs seront contre-indiquées ainsi que les anesthésies intra-ligamentaires ou intra-osseuses (Lescaille 2018).



*Schéma 1 : Préconisations à prendre en cas de soins buccodentaire après radiothérapie tiré des référentiels inter régionaux en soins oncologiques de support 2010*

Après une irradiation supérieure à 30 Gy, un suivi bucco-dentaire est recommandé avec une fréquence de 4 à 6 mois (SFCO 2012).

### III. Adhésion aux tissus dentaires minéralisés

#### III.1 Définition (Conti 2018)

##### Adhésion :

C'est l'ensemble des phénomènes physico-chimiques et mécaniques qui contribuent à unir deux substances entre elles par leur surface.

Les deux théories principales du phénomène d'adhésion sont :

- La théorie mécanique selon laquelle l'adhésif, après durcissement s'engrène mécaniquement dans les irrégularités de surface du substrat.
- La théorie d'absorption qui s'applique à toutes sortes de liaisons chimiques de l'adhésif à l'adhérent, par des liaisons primaires ou secondaires ; les premières sont des liaisons ioniques et covalentes et les secondes sont des liaisons hydrogènes, les dipôles et les forces de Van der Waals.

##### Adhérence :

C'est la mesure, ou l'approche quantitative de l'adhésion. Il s'agit d'une mesure exprimée en Pa ou MPa, c'est l'énergie nécessaire pour séparer deux matériaux mis en contact. On l'évalue en laboratoire par des tests de traction ou de cisaillement.

Le critère le plus important de l'adhésion de deux matériaux est qu'ils soient en contact intime pour que leur adhésion soit durable. Ce contact dépend de :

- la mouillabilité du substrat
- la viscosité de l'adhésif
- la morphologie et de la rugosité du substrat.

La polymérisation de l'adhésif doit être correcte pour que l'adhésion soit durable.

## III.2 Mécanismes de l'adhésion aux structures dentaires

### III.2.1 A l'émail

L'adhésion à l'émail est maîtrisée depuis 1955, c'est le Dr Buonocore qui le premier mit en évidence qu'un acide pouvait altérer la surface de l'émail dentaire et permettre un collage par une résine. Le mordantage va entraîner une déminéralisation de la matrice inter prismatique ainsi qu'une dissolution plus importante du cœur des prismes. C'est ce microrelief créé à la surface de l'émail qui permet l'augmentation non seulement de la superficie de collage, mais aussi de la tension de surface, majorant ainsi la mouillabilité et donc les capacités d'adhésion. L'adhésion à l'émail est donc obtenue grâce l'infiltration puis polymérisation de la résine dans ces micro et nano rugosités (Dupas et al. 2016).

De par la structure de l'émail, on peut avoir plusieurs faciès de déminéralisation (Classification de Silverstone, type 1 : dégradation intra prismatique, type 2 : dégradation inter prismatique type 3 : mixte). La dissolution est également affectée par l'orientation des cristaux faisant face au front de déminéralisation acide. En fonction de l'orientation des prismes, les valeurs d'adhésion seront plus ou moins importante, les cristaux orientés perpendiculairement au front acide se dissolvent généralement plus rapidement (Nicolopoulos 2005).

Au niveau de l'émail, il est admis que la qualité du mordantage est le principal facteur influençant la valeur de l'adhésion. La nature de l'acide employé, sa concentration, ses temps d'application et de rinçage sont plus importants que la nature de l'adhésif.

Les recommandations actuelles préconisent l'utilisation d'acide phosphorique à une concentration de 30 à 40 % pendant 15 à 30 secondes (Dupas et al. 2016).

### III.2.2 A la dentine

L'adhésion à la dentine présente un plus grand défi que l'adhésion à l'émail, principalement en raison de son hétérogénéité de composition avec une phase minérale (70%), organique (environ 20%), et aqueuse (10% à 11%). C'est un substrat humide contrairement à l'émail. Elle présente également une hétérogénéité de structure, la dentine est faite de deux substrats minéralisés de compositions différentes, la dentine inter tubulaire, peu minéralisée et la dentine périlitubulaire, très minéralisée. Plus on s'approche de la pulpe, plus le nombre et le diamètre des tubulis augmentent et la concentration en hydroxyapatite diminue.

Un autre défi se rapporte à l'apposition de dentine tertiaire ou de dentine sclérotique. Lopes et al. ont démontré que l'adhésion à la dentine saine était supérieure à celle de la dentine sclérotique (réponse physiologique du complexe pulpo-dentinaire au vieillissement de la dent et aux agressions « lentes » type érosion, abrasion, attrition). La présence de dentine sclérotique était associée à la formation d'une couche hybride moins développée et à l'infiltration plus superficielle des projections de résine dans les tubulis comparativement à la dentine saine. Les auteurs suggèrent que le contenu minéral plus important du tissu sclérotique affecte négativement l'adhésion (Nicopoulos 2005; Dupas 2009; Goldberg 2016).

De plus, après fraisage une boue dentinaire composée d'un agglomérat d'hydroxyapatite, de protéines et de bactéries, recouvre la surface dentinaire et obture les tubules dentinaires. Il est nécessaire de la supprimer ou de la rendre plus perméable pour obtenir une adhésion efficace.

La clef de l'adhésion dentinaire réside dans :

- La formation d'une couche hybride, il s'agit d'un entrelacement des fibres de collagène de la matrice dentinaire (polymère d'origine naturelle) et des macromolécules de l'adhésif (polymère de synthèse). Cet ancrage micromécanique peut être comparé à un « velcro » à l'échelle macromoléculaire.
- La possibilité de pénétrer les tubulis dentinaires par l'adhésif. Ces prolongements intra tubulaires (tags) vont ancrer mécaniquement la résine à la dentine (Guastalla et al. 2016).

### III.3 Systèmes adhésifs amélo-dentaires

#### III.3.1 Compositions des systèmes adhésifs amélo-dentaires

Les systèmes adhésifs amélo-dentaires sont des biomatériaux d'interface. Ils constituent le lien étanche entre les tissus dentaires calcifiés, et les matériaux de restauration ou d'assemblage.

Ils sont constitués :

- D'agent acide permettant le mordantage de l'émail et/ou de la dentine. Il entraîne une déminéralisation superficielle des tissus et l'élimination de la boue dentinaire, ouvrant ainsi les orifices tubulaires.
- D'un primaire d'adhésion : à la fois hydrophile et hydrophobe, le primaire permet de lier le substrat hydrophile et l'adhésif hydrophobe.
- Un adhésif constitué de monomères résineux. Il infiltre le substrat dentaire et assure la liaison avec la résine de collage.

Quels que soient leurs types, ils présentent un certain nombre de caractéristiques communes.

Ils contiennent :

- Parfois des monomères mono fonctionnels, comme l'HEMA. Il promeut la mouillabilité de l'adhésif, son infiltration, agit comme un solvant et ralentit la séparation de phase dans le flacon.
- Des monomères méthacryliques ou diméthacryliques qui permettent une réticulation du polymère, lui conférant une certaine ténacité (Bis-GMA, TEG-DMA...).
- Des additifs (solvants, photo-initiateurs, inhibiteurs de polymérisation, parfois des charges inorganiques...).
- Des monomères fonctionnels, de formule générale M-R-X où :
  - X est un groupement fonctionnel polaire, se liant à l'hydroxyapatite
  - R est la chaîne d'espacement dont la longueur définit le caractère plus ou moins hydrophile de la molécule
  - M est une fonction méthacrylique, pour la polymérisation. Les plus courants sont le 2-MEP, le 4-MET, le 6-MHP, GPDM, le MF8P, le phényl-P, 10-MDP (Raux 2019).

### III.3.2 Classifications des systèmes adhésifs

Une classification basée sur les principes d'action des différents systèmes adhésifs et sur le nombre de séquences d'applications distingue 2 grandes classes de systèmes adhésifs (SA) :

- Les systèmes dits « MR » qui nécessitent une étape de mordantage puis de rinçage puis l'application du primaire et de l'adhésif. Si le primaire et l'adhésif sont dissociés on parle de système MR3 (3 temps) et si le primaire est associé à l'adhésif on parle de système MR2 (2 temps).
- Les systèmes auto-mordantants « SAM ». Aucune étape de rinçage n'est requise. Ils s'appliquent soit en 2 étapes (SAM2) : primaire acide puis résine adhésive, soit en une seule étape (SAM1) avec un seul produit combinant acide, primaire et adhésif.

Ce classement simple permet d'intégrer toutes les variétés de produits actuellement commercialisés dans 4 catégories : MR3, MR2, SAM2 et SAM1.

La différence entre ces deux familles est la gestion de la boue dentinaire. Il existe différentes façons de traiter cette boue dentinaire, soit en l'utilisant comme substrat (pour les SAM) donc en utilisant les porosités qu'elle renferme, soit en la modifiant : la dissoudre ou l'éliminer complètement (pour les MR).

Une nouvelle classe d'adhésifs a fait son apparition dernièrement : les adhésifs universels. Ils s'apparentent à un adhésif SAM1 mais peuvent faire l'objet d'un mordantage (total ou sélectif) et ainsi être utilisés comme un MR.

## III.4 Adhésion des matériaux de restauration dentaires utilisés en technique directe.

### III.4.1 Composite (Pascal 2016)

Le composite dentaire est un matériau constitué d'une matrice organique résineuse et d'un renfort constitué de charges. La cohésion entre ces deux matériaux est assurée par un agent de couplage, le silane.

- La phase organique

La phase organique, comprend la matrice résineuse (liant entre les charges), les abaisseurs de viscosité, le système de polymérisation et divers additifs. Elle assure le rôle de squelette du composite, en associant des monomères sous forme de polymère. Les monomères les plus utilisés sont généralement le BisGMA couplé à d'autres monomères de faibles poids moléculaires afin d'obtenir la viscosité souhaitée. Elle représente entre 25 et 50% du volume du composite, selon son type et sa viscosité.

- Les charges

La phase inorganique ou charge, composée de particules inorganiques, a pour but l'amélioration des propriétés mécaniques, physiques (la diminution du retrait de polymérisation compensant la dilatation thermique trop élevée de la phase organique) et esthétiques du composite. Elle donne également son caractère radio-opaque au matériau. Elle représente 26 à 75% du volume du composite.

- Le silane

Le silane est l'agent de couplage entre les deux phases, il n'intervient pas sur les propriétés des composants. Il permet l'adhésion entre deux matériaux de nature chimique différente.

La classification la plus courante des composites est basée sur les dimensions des charges. Successivement se sont développés les macrochargés (10 à 100  $\mu\text{m}$ ), les microchargés (0,04  $\mu\text{m}$ ) et enfin les hybrides combinant plusieurs types de charges (Leprince 2010).

Les composites n'ont aucune adhésion aux tissus dentaire calcifiés, ils se collent avec les systèmes adhésifs décrits précédemment.

### III.4.2 CVI

Les ciments verres ionomères (CVI) sont des ciments acido-basiques, dont la base, sous forme de poudre, est le fluoroaluminosilicate de verre. L'acide est une solution aqueuse d'acide polyalkénoïque. La préparation d'un ciment de verre ionomère conduit à un échange ionique entre des ions  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ , et le radical carboxylique de l'acide utilisé, puis avec les ions  $\text{Ca}^{2+}$  de la surface dentaire. Cette interaction aboutit à la formation d'un ciment dont la maturation est longue et sensible à l'humidité.



L'adhésion est donc naturelle et spontanée par échanges d'ions entre le ciment et la structure dentaire (interaction ionique en la terminaison  $COO^-$  du CVI et calcium de l'hydroxyapatite), ne nécessite ni rétention mécanique ni mordantage.

Cependant, il est possible d'optimiser cette adhésion en prétraitant les surfaces dentaires à l'aide d'une solution d'acide polyacrylique à 10 ou à 20 % pendant 15 sec, puis rincer abondamment et sécher modérément. Ce traitement élimine la boue dentinaire mais pas les bouchons dentinaires, réalise une légère déminéralisation de la dentine inter tubulaire et de l'émail et laisse une couche d'acide polyacrylique adsorbée en surface dentinaire améliorant le mouillage du CVI.

Les différents types de CVI :

- CVI traditionnels ou conventionnels : ils ont l'inconvénient d'avoir un temps de prise long. Ils peuvent être sujets à une absorption ou une perte hydrique pendant la première heure (il faut en théorie les protéger par un vernis).
- CVI modifiés par adjonction de résine ou hybrides : la formulation de base des CVI traditionnels a été renforcée par des groupes fonctionnels photopolymérisables. Ils sont composés approximativement de 5 % de résine. Cela signifie que l'adhésion par échange ionique existe encore mais que, en même temps que la première réaction de gélification se produit, la formation d'une trame de résine par photopolymérisation permet d'obtenir un état de dureté de la restauration beaucoup plus rapidement que dans le cas précédent ; les qualités esthétiques sont également améliorées (Dupas 2009).

## IV. Effets de la radiothérapie sur le comportement des systèmes adhésifs : revue de littérature

### IV.1 Introduction

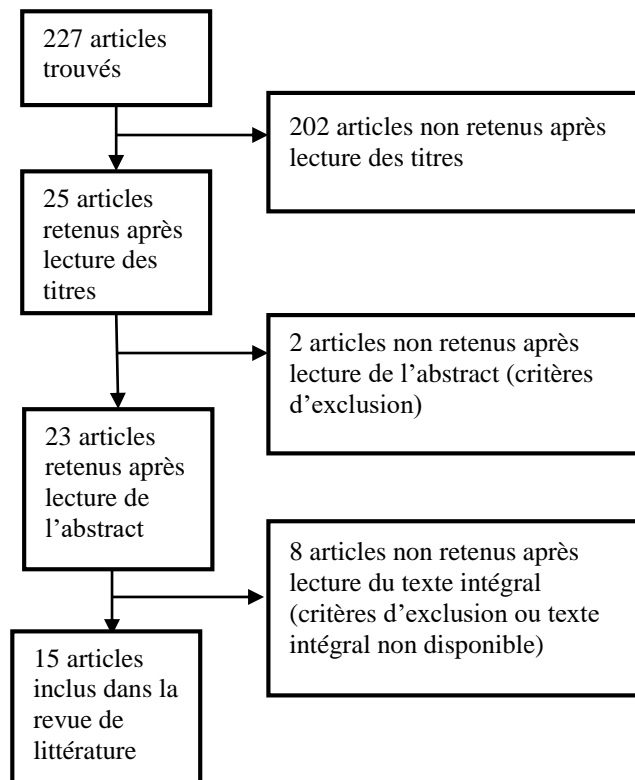
A ce jour, malgré la prévention et le suivi dentaire des patients atteints d'un cancer des VADS, la carie post radique reste un effet secondaire majeur de la radiothérapie, une revue systématique rapporte que 24.1% des patients ayant eu recours à ce traitement en sont atteints (Michelet 2012). Comme précédemment évoqué, le développement de ces caries semble être lié (associé à la xérostomie et à la modification de la flore buccale) aux altérations dans les structures dentaires minéralisées provoquées par l'irradiation. L'adhésion aux tissus dentaires répond essentiellement d'un principe d'ancrage micromécanique, les variations des propriétés mécaniques et structurelles observées à la suite d'une irradiation aux niveaux amélaire et dentinaires pourraient donc affecter cette interphase d'adhésion et contribuer à des variations dans la force d'adhésion des différents systèmes adhésifs.

A ce jour, la prise en charge de ces caries reste peu décrite dans la littérature, l'Oral care study group et les MASCC/ISOO (Multinational Association of supportive care/ International Society of Oral Oncology) proposent l'utilisation d'un CVI-Mar, d'une résine composite ou d'un amalgame, et non d'un verre ionomère conventionnel chez les patients qui ont été traités par radiothérapie (niveau de preuve III, recommandation de grade B).

Il était donc intéressant d'étudier l'impact de l'irradiation sur le collage dentaire, qu'il soit réalisé avant ou après la radiothérapie pour évaluer les variations de la force d'adhésion des SA et essayer de déterminer le matériau de restauration qui serait le plus adapté pour ces patients.

### IV.2 Matériels et méthodes

Nous avons réalisé une revue de littérature sur l'impact de l'irradiation sur le collage dentaire. Après une recherche exhaustive sur Pubmed, dont les mots clés sont "Dental Bonding", "Adhesive", "Dentin-Bonding Agents/chemistry", "Composite Resins" en relation avec "Radiotherapy", "Head and Neck Neoplasms/radiotherapy", "Radiation Effects" et "Dentin/radiation effects", 17 articles sont sélectionnés. Deux articles n'ont pu être inclus dans cette revue car leurs textes intégrales n'étaient pas accessibles (McComb et al. 2002; Freitas Soares et al. 2016), un total de 15 articles est donc au final retenu.



*Schéma 2 : Organigramme de la stratégie de recherche utilisée et du nombre total d'articles inclus*

- Critères d'inclusion
  - Rayonnement thérapeutique Gamma ou X
  - Systèmes adhésifs indiqués
  - Collage des composites de restauration
- Critères d'exclusion
  - Rayonnements lasers
  - Systèmes adhésifs non indiqués (études des propriétés mécaniques des composites seules)
  - Collage utilisé dans une autre discipline (orthodontie, endodontie).

Treize études ont évalué et comparé les valeurs de la force d'adhésion de différents SA après ou avant radiothérapie. Sur ces treize études, sept ont observé et comparé les modes de rupture après les tests d'adhésion. Ces données ont été extraites et comparées à l'aide de différents tableaux.

- Tableau 4 : Impact de l'irradiation sur la force d'adhésion des systèmes adhésifs, la procédure de restauration précédant l'irradiation.
- Tableau 5 : Impact de l'irradiation sur la force d'adhésion des systèmes adhésifs, la procédure de restauration ayant lieu après l'irradiation.
- Tableau 6 : Comparaison des valeurs des forces d'adhésion des SA avant et après irradiation.
- Tableau 7 : Comparaison des modes de rupture avant et après irradiation.

Les deux autres études (Bulucu et al. 2009; De Moor et al. 2011) ont évalué respectivement l'effet de la radiothérapie sur la micro-fuite de différents SA et les performances cliniques des matériaux de restauration adhésive chez des patients irradiés pour un cancer de la tête et du cou. Ces résultats ont été analysés dans une seconde partie.

## IV.3 Résultats

### IV.3.1 Etudes incluses

Auteurs	Objectifs de l'étude	Méthodes / Tests utilisés	Irradiation	Résultats
Arid et al. 2020	Évaluer les effets in vitro de la radiothérapie sur la surface morphologique de l'émail et de la dentine et déterminer le meilleur système adhésif et le moment le plus approprié pour restaurer les dents des patients atteints d'un cancer de la tête et du cou.	Test de cisaillement + analyse au microscope confocal (tous les 10 Gy) de l'interphase de collage	In vitro Avant et après (immédiatement et 6 mois après) la procédure de collage Dose fractionnée 2Gy/j, 5j/semaines Dose totale de 60 Gy Rayons X	La RT modifie sensiblement la surface morphologique de l'émail et de la dentine et altère la force de liaison. Le système Clearfil a donné de meilleurs résultats que l'Adper Single Bond 2, et la restauration des dents avant la RT a donné les pires résultats dans les deux substrats.
Keles et al. 2018	Evaluer l'influence de diverses doses de radiothérapie sur la résistance de la liaison (pTBS) de la résine compomère à la dentine et à l'émail dans les molaires temporaires.	Test de cisaillement	In vitro Dose fractionnée : 2 Gy/j, 5j/semaine Avant la procédure de collage Evaluation tous les 10 Gy jusqu'à 60 Gy Rayons X	Le rayonnement peut ne pas causer de différence significative dans la force de liaison de la résine compomère à l'émail de la dent temporaire, mais semble diminuer de manière dépendante de la dose sa force de liaison à la dentine.
Rodrigues et al. 2018	Evaluer les propriétés biomécaniques de la dentine et la résistance à la microtraction ( $\mu$ TBS) effectuée avant ou après la radiothérapie (RT).	Test de traction + analyse de l'interphase de collage au microscope confocal	In vitro Dose fractionnée : 1,8 Gy/j; 5j/semaine Dose totale 72 Gy Avant et après collage dentaire Rayons X	Les traitements de restauration peuvent être réalisés à l'aide de procédures adhésives, mais il est préférable de les réaliser avant le protocole d'irradiation, afin de garantir de meilleures propriétés adhésives à la restauration.
Da Cunha et al. 2016	Évaluer les effets de trois doses de rayonnement différentes sur les forces d'adhérence de deux systèmes adhésifs différents à l'émail et à la dentine.	Test de cisaillement + modes de rupture examinés sous une loupe stéréoscopique	In vitro Avant le collage dentaire Dose unique de 20 Gy, 40 Gy ou 70 Gy Rayons X	La radiothérapie n'a pas affecté la force de liaison des adhésifs à l'émail ou à la dentine.

Bernard et al. 2015	Evaluer l'effet de la radiothérapie sur l'efficacité de la liaison de deux systèmes adhésifs différents en utilisant un test de résistance à la traction.	Thermocyclage + Test de traction + Modes de rupture examinés sous un microscope stéréoscopique	In vivo 50 Gy minimum Avant le collage dentaire	La radiothérapie a un effet néfaste significatif sur la force de liaison à la dentine Le système adhésif en deux étapes / auto-mordant testé pourrait être plus efficace sur la dentine irradiée par rapport au système adhésif en trois étapes (MR3).
Galetti et al. 2014	Evaluer l'influence de la radiothérapie sur la résistance de la liaison dentinaire des dents extraites de patients ayant subi une radiothérapie de la tête et du cou.	Test de traction + modes de fracture observés au MEB	In vivo Avant le collage dentaire	La radiothérapie n'a pas affecté la force de liaison de la dentine pour les matériaux adhésifs testés dans cette étude.
Yadav et al. 2013	Evaluer l'effet de la radiothérapie aux rayons X sur l'interface résine-dentine en termes d'adaptation marginale et de force de liaison en microtraction sous thermocyclage et chargement cyclique.	Thermocyclage + Test de microtraction	In vitro Avant , pendant et après la procédure de collage Dose fractionnée 2Gy/j, 5j/ semaine Dose totale de 60 Gy Rayons X	L'irradiation avant la préparation des dents a affecté la force de liaison des SA.
Naves et al. 2012	Evaluer l'effet du rayonnement gamma sur la force de liaison en microtraction de la restauration composite sur l'émail et la dentine effectuée avant ou après la radiothérapie.	Test de traction + modes de rupture examinés sous microscopie optique et SEM	In vitro Avant et après la procédure de collage Dose fractionnée 2Gy/j, 5j/ semaines Dose totale de 60Gy Rayons Gamma	La radiothérapie appliquée avant la restauration a considérablement réduit la force d'adhésion des SA utilisés aux deux substrats.
De Moor et al. 2011	Evaluer les performances cliniques des matériaux de restauration adhésifs dans les cavités de classe V chez des patients xérostomiques irradiés pour un cancer de la tête et du cou, (en termes d'adaptation marginale, de forme anatomique et de caries récurrentes).	Examen clinique (observation de la perte matérielle, intégrité marginale et caries récurrentes) après 6, 12, 18 et 24 mois, à la suite d'une radiothérapie .	In vivo Avant le collage dentaire	Les ciments verre ionomeres (surtout conventionnels) assurent l'inhibition clinique des caries mais s'érodent facilement, tandis que la résine composite offre une plus grande intégrité structurelle.

Da Cruz et al. 2010	Déterminer l'effet de différents types de rayonnements ionisants sur la force de liaison de trois systèmes adhésifs dentinaires différents.	Test de microcisaillement + observation au microscope optique de l'interphase de collage	In vitro Après le collage dentaire Dose unique de 70 Gy Rayons X	La radiothérapie n'a pas affecté la force de liaison des SA à la dentine.
Biscaro et al. 2009	Étudier l'influence de différentes doses de rayons X sur la force d'adhésion des restaurations adhésives à la dentine en utilisant différentes stratégies de collage.	Tests de microcisaillement + modes de ruptures analysés au microscope optique	In vitro Après collage dentaire Dose unique de 5, 35 ou 70 Gy Rayons X	Les rayons X pourraient avoir un effet néfaste, dépendant de la dose, sur la force d'adhésion des restaurations en résine composite à la dentine.
Bulucu et al, 2009	Evaluer l'effet de la radiothérapie sur la micro-fuite de trois systèmes adhésifs : un système SAM1, un SAM2 et MR.	Thermocyclage + La pénétration du colorant (solution de fuchsine basique à 0,5 % ) au niveau des bords de l'émail et de la dentine a été examinée au stéréomicroscope	In vitro Après collage dentaire Dose fractionnée : 2 Gy/j, 5j/semaine Dose totale de 60 Gy Rayons Gamma	L'irradiation n'a pas affecté la micro-fuite des systèmes adhésifs dentinaires.
Yesilyurt et al. 2008	Evaluer l'influence de l'irradiation sur la résistance au cisaillement de deux ciments verre ionomère conventionnels sur la dentine irradiée.	Test de cisaillement	In vitro Avant et après collage dentaire Dose fractionnée : 2 Gy/j, 5j/semaine dose totale de 60 Gy Rayons X	L'irradiation peut avoir un effet négatif sur la force de liaison des CVI lorsque la restauration a été réalisée préalablement à l'irradiation.
Bulucu et al. 2006	Evaluer la résistance au cisaillement de deux systèmes d'adhésifs - Prime & Bond NT (PBNT) et Clearfil SE Bond (CSEB) - sur la dentine irradiée avant ou après l'application de l'adhésif.	Test de cisaillement	In vitro Avant et après collage dose fractionnée : 2 Gy/j, 5j/semaine dose totale de 60Gy Rayon Gamma	L'irradiation avant collage peut avoir un effet négatif sur la force de collage à la dentine, selon le type de matériau adhésif utilisé.
Gernhardt et al. 2001	Evaluer l'influence de l'irradiation sur la force de liaison de la dentine.	Test de résistance à la traction	In vitro Dose fractionnée : 2 Gy/j, 5j/semaine Avant la procédure de collage Rayons X	La radiothérapie n'a pas affecté la force de liaison des SA à la dentine.

Tableau 3 : Etudes sur l'impact de la radiothérapie sur le collage dentaire

## IV.3.2 Extractions des données et synthèse des résultats

### IV.3.2.1 Lorsque la procédure de restauration a précédé l'irradiation

Auteurs	Substrat	Matériaux	Valeur de la force d'adhésion en MPa					Différence entre les valeurs d'adhésion
			0Gy	5Gy	35Gy	60 Gy	Environ 70 Gy	
Da Cruz et al. 2010	Dentine	Adper Single Bond Plus Adhesive (MR2)	3.85 ±1.25 Aa				4.25 ±0.50 Aa	+
		Clearfil SE Bond (SAM2)	3.30 ±1.25 Aa				2.65 ±1.10 Ba	-
		Adper Prompt Adhésifs (SAM1)  + composite Filtek Z250	1.30 ±0.40Ba				0.80 ±0.30Ba	-
Biscaro et al. 2009	Dentine	Single Bond 2, (MR2)	15.7 ±1.9Aa	13.1 ±2.1Ab	12.0 ±2.3Ab		8.1 ± 2.9Ac	- *
		Clearfil SE Bond (SAM2)	12.2 ±2.2Ba	11.0 ±3.8Ba	7.9 ±2.8Bb		7.1 ±2.1Ab	-*
		Adper Prompt (SAM1)  + composite Z250	6.7 ±2.1Ca	5.7 ±1.2Ca	5.3 ±1.7Ca		4.5 ±0.6Ba	-
Arid et al. 2020	Email	Adper Single bond 2 (MR2)	ASB : 20.99 ±6.55 Ab			7.98 ±4.24 Aa	-*	
		Clearfill SE Bond (SAM2)	CSE : 18.95 ±3.58 Ab			12.19 ±6.18 Bc	-*	
	Dentine	+composite Z350	ASB : 17.88 ±4.60 Aa  CSE :16.22 ±6.21Abc			8.33 ±6.66 Ab  11.70 ±7.59Ac	-*  -	
Rodrigues et al. 2018	Dentine	Scotchbond Multi-Purpose (MR3) + composite (Filtek Z350XT)	25.48 ± 4.93a				24.91 ± 4.99a	-



Yadav et al. 2013	Dentine	Adhésif Single Bond (MR2) + composite Z350	22,898 ± 1,737a			21,662 ±1,236a		-
Naves et al. 2012	Email	Adper Single Bond 2 (MR2)	39.1 ±3.0Aa			35.9 ±2.4Aab		-
	Dentine	+ composite Z250	29.1 ±3.4Ba			27.3 ±3.8Bab		-
Bulucu et al. 2006	Dentine	Prime & Bond NT (MR2)	16.1 ± 5.3Aab			20.4 ± 2.6Ab		+
		Clearfil SE Bond (SAM2) + composite CRR	17.7 ± 5.7Aa			15.4 ± 5.2Aa		-
Même lettre minuscule : pas de différence significative pour les valeurs de la même ligne ; même lettre majuscule : pas de différence significative pour les valeurs d'une même colonne ( de la même étude) ; + ou - : différence positive ou négative entre les valeurs du groupe contrôle et de la valeur de la plus grande dose d'irradiation ; * : différence significative								

*Tableau 4 : Impact de l'irradiation sur la force d'adhésion des systèmes adhésifs, la procédure de restauration précédant l'irradiation.*

Sept études ont évalué l'impact de l'irradiation sur la force d'adhésion de différents systèmes adhésifs lorsque la restauration a été réalisée avant l'irradiation.

La majorité de ces études ( 5/7) (Bulucu et al. 2006; da Cruz et al. 2010; Naves et al. 2012; Yadav et Yadav 2013; Rodrigues et al. 2018) ne trouvent pas de différence significative dans la force d'adhésion après une irradiation de 60 ou 70 Gy.

Deux études ont en revanche constaté une diminution significative de la force d'adhésion de certains systèmes adhésifs :

- Dans l'étude d'(Arid et al. 2020), après une irradiation de 60 Gy, une diminution significative est observée au niveau amélaire pour les systèmes adhésifs étudiés, à savoir un MR2 (Adper Single Bond 2) et un SAM2 (Clearfil SE Bond). Au niveau dentinaire, seul le MR2 diminue significativement.
- L'étude de (Biscaro et al. 2009) étudie ces mêmes systèmes adhésifs, une diminution significative a été constatée à partir de 5 Gy pour le MR2 et 35 Gy pour le SAM2 au niveau dentinaire.

Ces résultats diffèrent avec ceux de (Bulucu et al. 2006; da Cruz et al. 2010) qui ne trouvent pas de différence significative pour ce même SAM2 au niveau dentinaire et de (Naves et al. 2012) pour ce MR2 aux niveaux dentinaires et amélaire.

Une particularité de l'étude d' (Arid et al. 2020) qui ont constaté une diminution significative de la force d'adhésion, est que l'irradiation a eu lieu immédiatement après la procédure de collage.

Dans l'étude de (Biscaro et al. 2009), l'irradiation a été appliquée en une dose unique tout comme dans celle de (da Cruz et al. 2010).

Un seul SAM1 a été étudié dans l'étude de (Biscaro et al. 2009) et un MR3 dans l'étude de (Rodrigues et al. 2018), une diminution non significative a été observée pour ces adhésifs.

Pour les SAM2 ou MR2, plus étudiés, il y a eu une variabilité dans les résultats, ne permettant pas d'affirmer l'impact significative de l'irradiation sur ces systèmes adhésifs, bien qu'une diminution est toutefois majoritairement constatée.

- Une diminution de la force d'adhésion des différents SA a donc globalement été constatée lorsque la restauration a été réalisée avant l'irradiation, bien qu'elle soit en majorité non significative, que ce soit au niveau amélaire ou dentinaire.

Il n'y a pas eu de différence notable dans les variations de la force d'adhésion entre les différents types de SA, pouvant suggérer une préférence d'un type d'adhésif dans cette situation.

#### IV.3.2.2 Lorsque l'irradiation a précédé la procédure de collage

Auteurs	Substrat	Matériaux	Valeur de la force d'adhésion en MPa								
			0 Gy		20 Gy		40 Gy	50 Gy	60 Gy		70 Gy
Keles et al. 2018	Email	SEA ; Futurabond M (SAM1 mais préalablement mordancé dans l'étude ) + compomere Glossiosit	0	10	20	30					
			41.5 ± 9.2a	42.9 ± 12.3a	38.4 ± 9.6a	36.4 ± 12a	44.0 ± 8.7a	38.9 ± 11.4a	38.3 ± 8.9a		-
	Dentine		45.4 ± 10a	25.6 ± 11.6b	29.2 ± 8.1b,c	46.8 ± 10.5a	34.8 ± 11.9c	34.5 ± 14.7c	26. ± 10.4 b		-*
Da Cunha et al. 2016	Email	Adper Single Bond 2 (MR2)	25.62 ± 6.07Aa		23.15 ± 5.83Aa		21.42 ± 3.43Aa			21.05 ± 4.33Aa	-
		Universal Single Bond (adhésif universel) + composite Filtek Z350 XT	20.31 ± 2.08Aa		22.16 ± 5.61Aa		22.9 ± 3.38Aa			23.13 ± 3.9Aa	+
	Dentine		12.43 ± 4.22Aa		15.66 ± 2.99Aa		18.58 ± 2.66Aa			16.37 ± 4.3Aa	+
			26.35 ± 6.30Ba		24.60 ± 6.22Ba		27.48 ± 6.02Ba			26.21 ± 5.1Ba	-
Bernard et al. 2015	Dentine	Optibond FL MR3	16.4 ± 6.2Aa					Irradiation in vivo > 50Gy			
		Optibond XTR (SAM2) + composite Herculite XTR	14.5 ± 4.8Aa					11.3 ± 2.8Ab			-*
Galetti et al. 2014	Dentine	Single Bond 2 ( MR2)	39.12 ± 9.5Aa		44.66 ± 10.12Aa		Irradiation in vivo				+
		Easy Bond (SAM1)	42.40 ± 6.6Aa		41.48 ± 12.71Aa						-
		Clearfil SE Bond SAM2 + composite Filtek Supreme	36.58 ± 7.0Aa		46.01 ± 6.98 Aa						+

Tableau 5 : Impact de l'irradiation sur la force d'adhésion des systèmes adhésifs, la procédure de restauration ayant lieu après l'irradiation.

Auteurs	Sustrats	Materiaux	Valeur de la force d'adhésion en MPa			
			Contrôle	60Gy		70 Gy
Arid et al. 2020	Email	Adper single bond 2 (MR2)	20.99 ±6.55 Ab	Immédiatement Après RT	6 mois après RT	-
		Clearfil SE bond (SAM2) +composite Z350	18.95 ±3.58 Ab	14.93 ±6.15Ab	15.46 ±8.16 Ab	
	Dentine		17.88 ±4.60 Aa	27.06 ±8.05 Aa	22.03 ±8.78Bb	-
			16.22 ±6.21Ab	10.03 ±3.28Bab	11.56 ±3.6Bab	+*
Rodrigues et al. 2018	Dentine	Scotchbond Multi-Purpose (MR3) + composite (Filtek Z350XT)	25.48 ± 4.93a		22.02 ± 4.99 b	-*
Yadav et al. 2013	Dentine	Adhésif Single Bond (MR2) + composite Z350	22,898 ± 1,737a	Pendant RT	RT> rest	-
				20,448 ± 1,236a	17,722 ± 0,834b	
Naves et al. 2012	Email	Adper Single Bond 2 (MR2)+ composite Z250	39.1±3.0Aa	31.2±3.9Ab		-*
	Dentine		29.1±3.4Ba	20.0±2.4Bb		-*
Bulucu et al. 2006	Dentine	Prime & Bond NT (MR2)	16.1 ± 5.3Aa	11.8 ± 3.4Aa		-
		Clearfil SE Bond (SAM2) + composite CRR	17.7 ± 5.7Aa	17.5 ± 5.3Aa		-
Gernhardt et al. 2001	Dentine	Scotchbond (MR2)	6.94 ±2.27Aa		7,11± 3,67 Aa	+
		Solobond Plus (SAM2)	3.74 ±1.26Ba		2.65± 2.27Ba	-
		Prime&Bond 2.1 (MR2)	4.59 ±3.03 Ba		5.35± 3.13Aa	+
		Syntac (SAM2) +composite Tetric	5.27 ±2.34ABa		5.08± 3.69AB a	-
Même lettre minuscule : pas de différence significative pour les valeurs de la même ligne ; même lettre majuscule : pas de différence significative pour les valeurs d'une même colonne ; + ou - : différence positive ou négative entre les valeurs du groupe contrôle et la plus grande dose d'irradiation ; * : différence significative.						

Tableau 5(suite) : Impact de l'irradiation sur la force d'adhésion des systèmes adhésifs, la procédure de restauration ayant lieu après l'irradiation.

Dix études ont évalué l'impact de l'irradiation sur la force d'adhésion des SA lorsque la procédure de restauration a été réalisée après l'irradiation.

Au niveau amélaire, l'irradiation ne semble pas affecter la force d'adhésion des systèmes adhésifs, sur les 6 SA étudiés dans l'ensemble des études, 1 seul (MR2) diminue significativement après l'irradiation (Naves et al. 2012).

Au niveau dentinaire, pour une majorité des SA utilisés, une diminution de la force d'adhésion a été constatée (13/19 SA, 5 de manière significative). Pour les 6 autres, une augmentation de la force d'adhésion a été observée, de manière significative seulement pour le SAM2 dans l'étude d'(Arid et al. 2020). Bien que les résultats semblent assez contradictoires, la majorité des systèmes adhésifs n'a pas été affectée de manière significative par l'irradiation (13/19 SA).

Lorsque la diminution a été significative, les adhésifs utilisés étaient soit un MR3, un MR2 ou un SAM1 (appliqué avec un mordantage préalable).

Les SAM2 n'ont pas été affectés par l'irradiation. Une étude (Arid et al. 2020) rapporte même une augmentation significative des valeurs de la force d'adhésion du SAM2 étudié, lorsque la restauration a été réalisée 6 mois après l'irradiation.

Lorsqu'un MR3 a été utilisé (seulement dans 2 études) la diminution de la force d'adhésion a été à chaque fois significative.

Deux études ont évalué la force d'adhésion après thermocyclage des dents (vieillesse accéléré) (Yadav et Yadav 2013; Bernard et al. 2015). La diminution a été significative pour le MR2 dans l'étude de Yadav, et pour le MR3 mais pas pour le SAM2 dans l'étude de Bernard, dans laquelle l'irradiation a été appliquée in vivo.

Dans l'étude de (Gernhardt et al. 2001), une simulation de la pression pulpaire a été réalisée, aucune différence significative n'a été trouvée pour les MR2 et SAM2 étudiés. On peut noter que la valeur de la force d'adhésion pour ces SA était beaucoup plus faible (environ 5 MPa) que celle des autres études.

Seules deux études ont évalué la force d'adhésion en fonction des doses d'irradiation (Da Cunha et al. 2016; Keles et al. 2018). Aucune différence significative n'a été observée dans l'étude de Da Cunha quelle que soit la dose (70 Gy au maximum) pour le MR2 et l'adhésif universel étudiés. Dans l'étude de Keles pour le SAM1 étudié (utilisé avec un mordantage préalable) une diminution significative a été observée au niveau dentinaire dès 10 Gy, mais la diminution n'a pas été constante (à 30 Gy la valeur était supérieure au groupe témoin).

Dans la majorité de ces études, l'irradiation a été appliquée avec des doses fractionnées (2 Gy par jour, 5 jours par semaine). Dans deux études, l'irradiation a été réalisée in vivo (Galetti et al. 2014; Bernard et al. 2015). Une seule étude a appliqué une dose d'irradiation unique (da Cunha et al. 2016), pas de différence significative n'a été trouvée dans cette étude.

- Une diminution de la force d'adhésion des différents SA a donc globalement été constatée lorsque l'irradiation a précédé la procédure de collage, bien qu'elle soit en majorité non significative, que ce soit au niveau amélaire ou dentinaire.

Les SAM2 n'ont pas été affectés significativement par l'irradiation.

Lorsqu'un mordançage des tissus dentaires a été réalisé, la diminution significative a plus souvent été observée.

### IV.3.2.3 Comparaison des valeurs de force d'adhésion avant et après radiothérapie

Auteurs	Substrats	RT	Materiaux	Valeur de la force d'adhésion en MPa				
				Contrôle	Restauration> RT	RT>Restauration		
Arid et al. 2020	Email	60 Gy	Adper single bond 2 (MR2)	20.99±6.55 Ab	7.98±4.24 Aa	14.93±6.15Aab	6 mois après RT	+*
				18.95±3.58 Ab	12.19±6.18 Bc	27.06±8.05 Aa	15.46±8.16 Ab	
	Dentine		Clearfill SE bond (SAM2) + composite Z350	17.88±4.60 Aa	8.33±6.66 Ab	10.03±3.28Bab	11.56±3.6B ab	+
				16.22±6.21 Abc	11.70±7.59Ac	18.80±6.17Ab	28.76±8.92 Aa	+*
Rodrigues et al. 2018	Dentine	72 Gy	Scotchbond Multi-Purpose (MR3) + composite (Filtek Z350XT)	25.48 ± 4.93a	24.91 ± 4.99a	22.02 ± 4.99 b		-*
Yadav et al. 2013	Dentine	60 Gy	Adhésif Single Bond (MR2) + composite Z350	22,898 ± 1,737a	21,662 ± 1,236a	Pdt RT	RT> Rest	-*
						20,448 ± 1,236a	17,722 ± 0,834b	
Naves et al. 2012	Email	60 Gy	Adper Single Bond 2 (MR2)+ composite Z250	39.1±3.0Aa	35.9±2.4Aab	31.2±3.9Ab		-
	Dentine			29.1±3.4Ba	27.3±3.8Bab	20.0±2.4Bb		-
Bulucu et al. 2006	Dentine	60 Gy	Prime & Bond NT (MR2)	16.1 ± 5.3Aab	20.4 ± 2.6Ab	11.8 ± 3.4Aa		-*
			Clearfil SE Bond (SAM2) + composite CRR	17.7 ± 5.7Aa	15.4 ± 5.2Aa	17.5 ± 5.3Aa		+

Yelsiyurt et al. 2008	dentine	60 Gy	Fuji IX	3.2±0.6 Aa	1.9±0.4 Ab	3.6±0.8 Aa	+*
			Ketac Molar Easymix	3.4±0.7 Aa	1.9±0.4 Ab	3.2±0.8 Aa	+*
Même lettre minuscule : pas de différence significative pour les valeurs de la même ligne ; même lettre majuscule : pas de différence significative pour les valeurs d'une même colonne ; + ou - : différence positive ou négative entre les valeurs de la force d'adhésion des groupes irradiés avant et après restauration (+ : si valeurs du groupe RT>restauration supérieur à restauration> RT) ; * : différence significative.							

Tableau 6 : Comparaison des valeurs des forces d'adhésion des SA avant et après irradiation

Cinq études ont évalué et comparé les valeurs des forces d'adhésion de différents SA, l'irradiation a été appliquée avant et après la procédure de restauration.

L'impact de l'irradiation sur les différents SA était :

- soit pas significativement différent entre les deux groupes (irradiation appliquée avant ou après la restauration)
- soit la différence était significative avec des valeurs de force d'adhésion supérieures lorsque l'irradiation a eu lieu après la procédure de restauration.
- Une seule étude (Arid et al. 2020) a conclu l'inverse, dans cette étude la différence était significative avec des valeurs de force d'adhésion supérieures lorsque l'irradiation a eu lieu avant la procédure de collage.

Les MR2 ont majoritairement été utilisés dans ces études. C'est pour ces systèmes adhésifs en plus du seul MR3 étudié, qu'on observe que la force d'adhésion est significativement plus élevée lorsque la procédure de restauration a précédé l'irradiation.

Pour les SAM2 étudiés, il semblerait que la force d'adhésion soit supérieure lorsque l'irradiation a précédé la procédure de collage.

Une seule étude (Yesilyurt et al. 2008) a évalué et comparé l'impact de l'irradiation sur la force d'adhésion de deux CVI conventionnels à la dentine, une diminution significative de la force d'adhésion a été observée pour le groupe restauré avant la RT.



#### IV.3.2.4 Comparaison des modes de rupture avant et après irradiation

Auteurs	Matériaux	Groupe contrôle		Restauration>RT	RT >Restauration	
Arid et al.2020	Adper single bond 2 MR2 Clearfill SE bond SAM2 +composite Z350	Email et dentine RA RA		RA RA	RA RA	
Rodrigues et al. 2018	Scotchbond Multi-Purpose MR3 + composite (Filtek Z350XT)	Dentine : RM + RA		RM + RA	RM +RA+ RC	
Bernard et al. 2015	Optibond FL MR3 Optibond XTR SAM2 +composite Herculite XTR	Dentine : RA=RC RA>RC			RA=RC RA>RC	
Da Cunha et al. 2016	Système adhésif Adper Single Bond 2 MR2 Universal Single Bond( adhésif universel) +composite Filtek Z350 XT	Email : RA RA	Dentine : RA RA +RM (43.3% +56.7%)		Email RA RA	Dentine : RA RA + RM+RC (26.6%+36.7% +36.7%)
Galetti et al. 2014	Single Bond 2 MR2 Easy Bond SAM1 Clearfil SE Bond 5 SAM2 + composite Filtek Supreme	Dentine : RM RM RM			RM RM RM	
Da Cruz et al. 2010	Adper Single Bond Plus Adhesive MR2 Clearfil SE Bond SAM2 Adper Prompt adhésifs SAM1 + composite Filtek Z250	Dentine : RC RM + RC RM		RC RM +RC RC		
Biscaro et al. 2009	Single Bond 2, MR2 Clearfil SE Bond,SAM2 Adper Prompt,SAM1 + composite Z250	Dentine : RM (89.7%) RA RC		RM ( 58,6%) + RC (34.5%) RA RC		
RM : rupture mixte , RA : rupture adhésive , RC : rupture cohésive						

Tableau 7 : Comparaison des modes de rupture avant et après irradiation

La majorité des SA utilisés dans les diverses études ont une interface de liaison similaire que la procédure de restauration ait eu lieu avant ou après l'irradiation. On peut toutefois noter que lorsqu'un changement de l'interface est observé, il s'agit d'une augmentation des ruptures de cohésion.

Deux études rapportent des ruptures de cohésion soit dans la dentine, soit au niveau du composite (da Cruz et al. 2010; Rodrigues et al. 2018). Dans l'étude de (Biscaro et al. 2009), les ruptures de cohésion dans l'agent de liaison ont augmenté lorsque l'irradiation a eu lieu après la procédure de restauration pour le MR2 étudié. Dans l'étude de (da Cunha et al. 2016), les ruptures de cohésion dans la dentine ont augmenté lorsque l'irradiation a précédé la restauration des dents pour l'adhésif universel étudié.

On peut noter que sur ces quatre études rapportant une augmentation des ruptures de cohésion pour l'un des SA étudiés, trois ont appliqué une dose unique d'irradiation (non fractionnée) (Biscaro et al. 2009; da Cruz et al. 2010; da Cunha et al. 2016).

#### IV.3.2.5 Autres résultats

(Bulucu et al. 2009) ont évalué l'effet de la radiothérapie sur la microfuite de trois systèmes adhésifs : un SAM1, un SAM2 et un MR3 (Clearfil S3 Bond, Clearfil SE Bond, Prime&Bond NT) après thermocyclage des dents, une dose totale de 60 Gy a été délivrée en fractions de 2 Gy/jour ; 5 jours par semaine.

- Aucune différence significative sur la microfuite des SA entre les groupes irradiés et non irradiés n'a été constatée pour un même système adhésif.

(De Moor et al. 2011) ont comparé les performances cliniques des matériaux libérant du fluor (CVI à prise conventionnelle et CVI-Mar) et un composite, dans une population de patients irradiés pour un cancer de la tête et du cou.

Les matériaux de restauration étaient les suivants : CVI - KetacFil ; CVI Mar -PhotacFil et composite-Herculite XRV avec comme SA l'Optibond FL (MR3), utilisés dans le même quadrant ou sextant pour la restauration de cavités de classe V chez des patients irradiés. Un rendez-vous de contrôle a été donné après 6, 12, 18 et 24 mois.

- Le composite et le CVI Mar ont démontré des scores significativement meilleurs pour l'adaptation marginale et l'intégrité structurale à long terme chez les patients qui portent leur gouttière fluorée. Cependant, pour les patients non compliant les échecs dus à la présence de carie secondaire étaient plus significativement élevés pour les restaurations composites.

#### IV.4 Discussion

L'objectif de cette revue de littérature est d'étudier l'impact de la radiothérapie sur le collage dentaire. Cependant, de nombreux facteurs peuvent faire varier les valeurs d'adhésion et rendre la comparaison entre les différentes études difficiles.

Aucun protocole de test normalisé internationalement n'existe pour évaluer les systèmes adhésifs en combinaison avec les matériaux composites, ce qui rend difficile la comparaison directe des valeurs moyennes entre instituts ; en sachant que les variables d'essais possibles (la géométrie de l'échantillon, solution de conservation, les conditions de chargement, le module d'élasticité des matériaux impliqués...) peuvent avoir une influence significative sur les valeurs d'adhésion (Heintze 2013). (Scherrer et al. 2010) ont publié une revue critique de la littérature comparant les valeurs de force de liaison des systèmes adhésifs dentaires en corrélation avec les différentes méthodes de tests d'adhésion utilisés. Il a été démontré que les différents tests d'adhésion conduisent à une grande variabilité des données. Les tests de traction ont été utilisés dans 6 études sur les 13 incluses dans cette revue de littérature et 7 études ont eu recours à un test de cisaillement (tableau 3).

Deux études ont procédé à un thermocyclage des dents avant les tests d'adhésion, (Yadav et Yadav 2013; Bernard et al. 2015) pour tester la durabilité de la résistance des collages par vieillissement accéléré. Dans l'étude de (Gernhardt et al. 2001) une simulation de la pression intra-pulpaire et de la perfusion dentinaire ont été appliquées, en sachant que les différences régionales dans l'anatomie et la perméabilité de la dentine ont également une influence significative sur la force de liaison de la dentine (Bernard et al. 2015).

Néanmoins, les procédures d'essais restent assez comparables entre les différentes études incluses, la préparation s'est faite majoritairement sur une surface plane dentinaire ou amélaire de molaires, puis polie, en suivant les recommandations des fabricants quant à la préparation de la restauration. La solution de conservation était majoritairement de l'eau distillée qui ne

semble pas affecter les forces d'adhésion des systèmes adhésifs (Goodis et al. 1993), ou une solution saline. Même si ces auteurs ont remarqué que la solution saline physiologique pouvait avoir une action sur la perméabilité et la résistance à la traction de la dentine, elle n'influencerait pas les propriétés chimiques et physiques de la dentine humaine (Villela-Rosa et al. 2011; Bernard et al. 2015).

L'irradiation s'est faite globalement conformément au procédure de radiothérapie dans les cancers des VADS avec une irradiation aux rayons X et des doses fractionnées de 2 Gy par jour, 5 jours par semaine pendant 6 semaines généralement. Dans les études de (De Moor et al. 2011; Galetti et al. 2014; Bernard et al. 2015) l'irradiation a eu lieu in vivo.

Trois études ont par contre appliqué une dose unique de rayonnement (Biscaro et al. 2009; da Cruz et al. 2010; da Cunha et al. 2016), et trois autres (Bulucu et al. 2006; Bulucu et al. 2009; Naves et al. 2012) ont utilisé un rayonnement gamma produit par une cobalthérapie. Bien qu'elle soit moins utilisée aujourd'hui dans le traitement des cancers des VADS au profit de traitement plus moderne d'accélérateurs linéaires et d'autres machines à haute énergie, ces deux types de rayonnements (X et gamma) ne diffèrent que par leur origine. A énergie égale, ils se comportent exactement de la même façon, tant sur le plan physique que biologique (Eschwege et al. 1990).

Malgré ces variabilités entre les différentes études, il y avait une homogénéité dans l'objectif des recherches, et en s'appuyant sur les variations de la force d'adhésion d'un même système adhésif après irradiation plutôt que sur ses valeurs strictes une synthèse des résultats était possible.

- Impact de l'irradiation sur la force d'adhésion des SA aux niveaux amélaire et dentinaires / avant ou après restauration (tableaux 4/5/6).

L'irradiation ne semble pas affecter de manière significative la force d'adhésion des systèmes adhésifs, que ce soit au niveau amélaire ou dentinaire bien qu'une diminution a majoritairement été constatée. Il semble également que cette diminution soit moindre lorsque la restauration a précédé l'irradiation. Il serait donc préférable de traiter les patients avant l'irradiation. Une seule étude rapporte une conclusion inverse. (Arid et al. 2020) trouvent des valeurs de force d'adhésion significativement supérieures lorsque la restauration a été réalisée 6 mois après la procédure d'irradiation, pour le SAM2 étudié. L'hypothèse d'une éventuelle reminéralisation car les échantillons ont été conservés pendant 6 mois dans la salive artificielle a été émise par ces auteurs.

Cette diminution de la force d'adhésion pourrait être attribuée aux effets négatifs de la radiothérapie sur les tissus dentaires. La radiothérapie induit la formation de radicaux libres d'hydrogène et de peroxyde d'hydrogène. Ces radicaux libres, en présence d'eau, peuvent agir comme un oxydant puissant qui peut provoquer une dénaturation des structures moléculaires. Une dégénérescence du réseau collagénique et l'oblitération des tubules dentinaires ont été observées à la suite d'une irradiation et d'autant plus avec l'augmentation des doses d'irradiation. Au niveau amélaire, un émail poreux a été également observé avec une destruction de la substance interprismatique, des fragments et une disposition irrégulière des prismes d'émail (Gonçalves et al. 2014; Rodrigues et al. 2018; Lu et al. 2019).

Ces modifications des propriétés biomécaniques des tissus dentaires à la suite d'une irradiation pourraient compromettre la capacité de collage en altérant la formation de la couche hybride, et participer à la formation d'une interface adhésive perméable (Bernard et al. 2015; Rodrigues et al. 2018; Arid et al. 2020).

Les valeurs supérieures de la force d'adhésion des SA lorsque la restauration a été réalisée avant l'irradiation, suggèrent que lorsque la formation de la couche hybride est obtenue avant l'irradiation, celle-ci serait moins impactée que lorsqu'elle se fait sur un substrat préalablement irradié et donc probablement altéré.

Une autre hypothèse de cette diminution de la force d'adhésion observée serait que les radicaux libres produits par le rayonnement ionisant, pourraient interférer avec la polymérisation des résines composites (Beech et al. 2014; Madrid Troconis et al. 2017).

➤ Impact de l'irradiation en fonction des différents types de SA (tableaux 4/5/6/7)

Les MR2 et SAM2 ont été en majorité utilisés dans ces études, en particulier les adhésifs Adper Single Bond 2 (MR2) et Clearfil SE Bond (SAM2) dans 5 études chacun.

Lorsque la restauration a précédé l'irradiation, on peut noter une diminution de la force d'adhérence quel que soit le type de systèmes adhésifs utilisés, généralement non significative.

En revanche (bien que les études soient peu nombreuses et que peu de MR3 et SAM1 aient été étudiés, comparés aux MR2 et SAM2), lorsque l'irradiation a eu lieu avant la procédure de restauration, une différence de comportement entre les types de SA semble se voir. Il semble que le choix de l'adhésif puisse être adapté aux substrats. En effet, la force de liaison à la dentine des systèmes adhésifs SAM2 n'a pas été diminuée de manière significative, dans l'étude d' (Arid et al. 2020) une augmentation significative a même été observée lorsque la restauration

a été réalisée 6 mois après l'irradiation. Tandis qu'une diminution significative a été observée pour les MR3.

L'utilisation d'un acide fort sur un substrat altéré (poreux) après RT pourrait probablement provoquer un conditionnement excessif. Par conséquent, l'utilisation d'acide plus faible dans les adhésifs auto-mordants pourraient être une hypothèse expliquant ces meilleurs résultats (Arid et al. 2020).

Une autre hypothèse est la présence des liaisons chimiques favorisées par des monomères fonctionnels, comme le 10-MDP (10-méthacryloyloxydécyl dihydrogénophosphate) dans certains de ces matériaux, notamment dans le Clearfil SE Bond (SAM2), et qui permettent une liaison plus stable aux ions calcium de l'hydroxyapatite dentaire (Madrid Troconis et al. 2017).

Une revue systématique (Madrid Troconis et al. 2017) a par ailleurs suggéré que les adhésifs auto-mordants devraient être une alternative à la restauration des dents des patients atteints d'un cancer des VADS, avant ou après leur radiothérapie. Dans notre étude, on ne trouve pas de différence notable avant RT avec les autres types de systèmes adhésifs.

On peut noter qu'une seule étude a utilisé un adhésif universel et que l'irradiation n'a pas affecté significativement sa force de liaison. Il serait donc intéressant de réaliser d'autres études avec ces adhésifs qui font partie actuellement des types d'adhésifs les plus performants (Raux 2019).

En ce qui concerne l'observation de l'interface d'adhésion au microscope après rupture suite aux tests d'adhésion (tableau 7), la majorité des SA utilisés dans les diverses études ont une interface de liaison relativement similaire, que la procédure de restauration ait eu lieu avant ou après l'irradiation. On peut toutefois noter que lorsqu'un changement de l'interface est observé, il s'agit d'une augmentation des ruptures de cohésion. Il semble pour autant ne pas y avoir de corrélation entre ces changements d'interfaces et la diminution significative des valeurs de la force d'adhésion des SA.

Une autre étude semble confirmer cette similarité de l'interface, en comparant la micro fuite d'un SAM2, SAM1 et MR2 après irradiation, (Bulucu et al. 2009) conclut que l'irradiation n'a pas affecté la micro-fuite des systèmes adhésifs dentaires, mais que celle-ci pourrait être liée au type d'adhésif.

➤ Impact de l'irradiation sur la force d'adhésion des CVI (tableau 6)

Une seule étude (Yesilyurt et al. 2008) a évalué et comparé l'impact de l'irradiation sur la force d'adhésion de deux CVI conventionnels à la dentine, une diminution significative de la force

de liaison a été observée lorsque la restauration a été réalisée avant la RT. La différence des valeurs d'adhésion (groupes Restauration > RT et RT > Restauration) est significative. L'adhésion semble donc meilleure après radiothérapie.

La réaction de prise des CVI se faisant sur plusieurs jours, une explication probable de ces résultats serait que l'irradiation immédiate pourrait interférer avec l'adhésion chimique des CVI à la dentine.

➤ Comparaison clinique entre Composite et CVI

(De Moor et al. 2011) ont comparé les performances cliniques d'un CVI, CVI Mar et d'un composite (Herculite XRV / SA : Optibond FL(MR3)) dans des cavités de classe V chez une population de patients irradiés d'un cancer des VADS, sur une période de 2 ans.

Ils concluent que les CVI peuvent réduire les caries secondaires chez les patients à haut risque carieux qui n'utilisent pas systématiquement le fluorure topique, mais qu'ils sont sujets à l'érosion par les gels fluorés (en particulier le CVI conventionnel) ; tandis que les composites conservent leurs intégrités structurelles, mais se carient plus facilement lorsque la fluorothérapie n'est pas respectée. La fluorothérapie est donc un gage de la pérennité des composites, mais on estime que 40 à 50 % des patients ne portent pas leur gouttières fluorées (Epstein et al. 1999; Savignat et al. 2007).

Une revue systématique récente (Moore et al. 2020) sur l'évaluation de l'incidence et de la gravité des caries dentaires post-radiques chez les patients atteints d'un cancer des VADS, recommande les résines composites, les CVI-Mar et l'amalgame comme matériaux de restauration par rapport aux CVI conventionnels chez ces patients, qui font leur application quotidienne de fluor. Cependant, pour les patients qui sont peu observants des règles d'utilisation du fluor, les CVI doivent être les matériaux de restauration de choix.

## IV.5 Conclusion

Compte tenu du nombre peu important d'études et de la variabilité des résultats, des études cliniques et de laboratoires supplémentaires sont nécessaires pour mieux comprendre l'effet de l'irradiation sur la force de liaison des systèmes adhésifs.

Les changements résultant de l'irradiation sur la dureté, la structure cristalline ou la matrice collagénique aux niveaux amélaire et dentinaire semblent toutefois influencer la force de liaison des agents adhésifs. Une diminution de la force d'adhésion des composites a souvent été constatée, bien qu'elle ne soit pas toujours significative, notamment lorsque l'irradiation a été réalisée avant la procédure de collage.

Les SAM2 semblent être les SA les moins affectés par l'irradiation. Il est conseillé au chirurgien-dentiste de restaurer toutes les cavités avant la radiothérapie, d'insister sur l'importance de la fluorothérapie encore trop souvent négligée par ces patients, et de préférer une restauration au composite avec un système adhésif SAM2, lorsque la fluorothérapie est bien respectée.



## V. Conclusion

Bien que les études soient controversées, la radiothérapie semble altérer les propriétés mécaniques et structurelles des tissus dentaires, associés à l'hyposialie et aux modifications de la flore buccale, ses changements des propriétés dentaires pourraient être un facteur causal des caries post radiques.

Les séquelles de la radiothérapie des cancers des VADS altèrent la qualité de vie de ces patients en rémission, il existe un risque d'ORN des maxillaires à vie chez ces patients qui apparaît classiquement à partir de 35 à 40 Gy, la dose appliquée étant en général de 70 Gy maximum pour les carcinomes épidermoïdes des VADS (Lescaille 2018).

L'ORN est une grave complication de l'irradiation des maxillaires, pouvant être entraînée par une avulsion ou une infection dentaire.

La prise en charge des caries doit donc être immédiate et efficace d'autant plus pour cette population. Or aucun consensus n'est fait sur le type de restaurations à proposer.

Il était donc important d'évaluer l'impact de l'irradiation sur le collage dentaire, afin d'estimer le matériau de restauration le plus adapté dans cette situation. Nous avons réalisé une revue de littérature, sur l'impact de l'irradiation sur le collage dentaire que la procédure de restauration ait été réalisée avant ou après l'irradiation.

Il semblerait que l'irradiation ait un impact sur le comportement des systèmes adhésifs en diminuant leur force d'adhésion, notamment lorsque l'irradiation a eu lieu avant la procédure de restauration, en particulier pour les systèmes MR. Les systèmes auto mordançants, notamment les SAM2 semblent être moins affectés par l'irradiation et donc être plus adaptés dans cette situation. Toutefois compte tenu du nombre d'études peu important, des études supplémentaires sont nécessaires, notamment des études cliniques afin d'évaluer ces effets éventuels dans l'environnement buccal spécifique de ces patients.

Le composite peut donc être un matériau adapté dans cette population à condition que la fluorothérapie soit respectée, auquel cas le CVI-Mar reste le matériau de choix. Il est important de traiter toutes les caries avant le traitement par radiothérapie, et d'insister sur l'importance de la fluorothérapie. Lorsque qu'elle est observée, le composite est à préférer au CVI pour le traitement des caries post radiques, les systèmes auto mordançants, notamment les SAM2

semblent être plus adaptés, moins affectés par l'irradiation que les systèmes adhésifs nécessitant une étape de mordantage.

## Table des illustrations et des tableaux

*Tableau 1 : Survie nette à 5 ans pour les cancers de la tête et du cou et du larynx (INCA 2018).*

*Tableau 2 : Topographie, répartition, type histologique et principaux facteurs de risque des cancers des VADS (INCA, 2018).*

*Tableau 3 : Etudes sur l'impact de la radiothérapie sur le collage dentaire.*

*Tableau 4 : Impact de l'irradiation sur la force d'adhésion des systèmes adhésifs, la procédure de restauration précédant l'irradiation.*

*Tableau 5 : Impact de l'irradiation sur la force d'adhésion des systèmes adhésifs, la procédure de restauration ayant lieu après l'irradiation.*

*Tableau 6 : Comparaison des valeurs des forces d'adhésion des SA, avant et après irradiation.*

*Tableau 7 : Comparaison des modes de rupture avant et après irradiation.*

*Photographie 1 : Lésions carieuses post radiques de type 1 (Gupta et al. 2015).*

*Photographie 2 : Lésions carieuses post radiques de type 2 (Gupta et al. 2015).*

*Photographie 3 : Lésions carieuses post radiques de type 3 (Gupta et al. 2015).*

*Figure 1 : Structure de l'émail prismatique normale.*

*Figure 2 : Observation de l'émail, de la dentine et de la JAD au Microscope Electronique à Balayage après une irradiation de 30Gy et 60 Gy tiré de l'étude de (Lu et al. 2019).*

*Schéma 1 : Préconisations à prendre en cas de soins buccodentaire après radiothérapie tiré des référentiels inter régionaux en soins oncologique de support 2010.*

*Schéma 2 : Organigramme de la stratégie de recherche utilisée et du nombre total d'articles inclus.*

## BIBLIOGRAPHIE

- Arid J, Palma-Dibb RG, de Oliveira HF, Nelson-Filho P, de Carvalho FK, da Silva LAB, et al. Radiotherapy impairs adhesive bonding in permanent teeth. *Support Care Cancer*. 2020;28(1):239-47.
- Arrifin A, Heidari E, Burke M, Fenlon MR, Banerjee A. The Effect of Radiotherapy for Treatment of Head and Neck Cancer on Oral Flora and Saliva. *Oral Health Prev Dent*. 2018;16 (5):425-9.
- Beech N, Robinson S, Porceddu S, Batstone M. Dental management of patients irradiated for head and neck cancer. *Aust Dent J*. 2014;59(1):20-8.
- Benhaim C, Lapeyre M. Curiethérapie ORL. *La Lettre du Cancérologue*. 2015;24(5):288-90
- Bernard C, Villat C, Abouelleil H, Gustin M-P, Grosogeat B. Tensile Bond Strengths of Two Adhesives on Irradiated and Nonirradiated Human Dentin. *Biomed Res Int*. 2015;2015:798972.
- Biscaro SL, Moraes RR, Correr AB, Almeida SM, Bóscolo FN, Soares CJ, et al. Effect of X-ray radiation dose on the bond strength of different adhesive systems to dentin. *J Adhes Dent*. 2009;11(5):355-60.
- Bulucu B, Avsar A, Demiryürek EO, Yesilyurt C. Effect of radiotherapy on the microleakage of adhesive systems. *J Adhes Dent*. 2009;11(4):305-9.
- Bulucu B, Yesilyurt C, Cakir S, Meydan AD. Influence of radiation on bond strength. *J Adhes Dent*. 2006;8(4):217-21.
- Chauvet B, Mahé M-A, Maingon P, Mazon J-J, Mornex F. Livre blanc de la radiothérapie en France 2013. Douze objectifs pour améliorer un des traitements majeurs du cancer. *Cancer/Radiothérapie*. 2013;17:S2-72.
- Conti M. La stratification des résines composites sur dents antérieures [Thèse d'exercice : Chirurgie dentaire]. [Nancy] : Université Henri Poincaré- Nancy 1 Faculté de Chirurgie dentaire ; 2010
- Da Cruz AD, de Souza Gonçalves L, de Souza Rastelli AN, Correr-Sobrinho L, Bagnato VS, Bóscolo FN. Bond Strength of Dental Adhesive Systems Irradiated with Ionizing Radiation. *J Adhes Dent*. 2010;12(2):123-8.
- Da Cunha SR de B, Ramos PAMM, Haddad CMK, da Silva JLF, Fregnani ER, Aranha ACC. Effects of Different Radiation Doses on the Bond Strengths of Two Different Adhesive Systems to Enamel and Dentin. *J Adhes Dent*. 2016;18(2):151-6.
- Dechenaud C. et Puizon C. Etablissements d'un carnet de suivi bénéficiant d'une radiothérapie d'un Cancer Des Voies Aéro-Digestives à l'Institut de Cancérologie de l'Ouest René Gauducheau [Thèse d'exercice : Chirurgie dentaire]. [Nantes] : Université de Nantes Unité De Formation Et De Recherche D'Odontologie ; 2016
- De Moor RJG, Stassen IG, van 't Veldt Y, Torbeyns D, Hommez GMG. Two-year clinical performance of glass ionomer and resin composite restorations in xerostomic head- and neck-irradiated cancer patients. *Clin Oral Investig*. 2011;15(1):31-8.
- Dupas C., Gaudin A., Perrin D., Marion D. Étanchéité des obturations coronaires. *Encycl Méd Chir - Médecine buccale* 2009;[Article 28-630-C-10].
- Epstein JB, Emerton S, Kolbinson DA, Le ND, Phillips N, Stevenson-Moore P, et al. Quality of life and oral function following radiotherapy for head and neck cancer. *Head Neck*. 1999;21(1):1-11.

- Eschwege F, Lusinchi A, Wibault P. Radiothérapie en ORL. *Encycl Méd Chir - Oto-rhino-laryngologie* 1990;[Article 20-901-G-10].
- Fonsêca J-M, Palmier N-R, Silva W-G, Faria K-M, Vargas P-A, Lopes M-A, et al. Dentin-pulp complex reactions in conventional and radiation-related caries : A comparative study. *J Clin Exp Dent.* 2019;11(3):e236-43.
- Gaetti-Jardim E, Jardim ECG, Schweitzer CM, da Silva JCL, Oliveira MM, Masocatto DC, et al. Supragingival and subgingival microbiota from patients with poor oral hygiene submitted to radiotherapy for head and neck cancer treatment. *Arch Oral Biol.* 2018;90:45-52.
- Galetti R, Santos-Silva AR, Antunes AN da G, Alves F de A, Lopes MA, de Goes MF. Radiotherapy does not impair dentin adhesive properties in head and neck cancer patients. *Clin Oral Investig.* 2014;18(7):1771-8.
- Gernhardt CR, Kielbassa AM, Hahn P, Schaller HG. Tensile bond strengths of four different dentin adhesives on irradiated and non-irradiated human dentin in vitro. *J Oral Rehabil.* 2001;28(9):814-20.
- Goldberg. M. Histologie du complexe dentinaire. *Encycl Méd Chir - Médecine buccale* 2016;[Article 28-090-B-10].
- Gonçalves LMN, Palma-Dibb RG, Paula-Silva FWG, de Oliveira HF, Nelson-Filho P, da Silva LAB, et al. Radiation therapy alters microhardness and microstructure of enamel and dentin of permanent human teeth. *J Dent.* 2014 ;42(8):986-92.
- Goodis HE, Marshall GW, White JM, Gee L, Hornberger B, Marshall SJ. Storage effects on dentin permeability and shear bond strengths. *Dent Mater.* 1993;9(2):79-84.
- Guastalla O., Viennot S., Allard Y. Collages en odontologie. *Encycl Méd Chir - Médecine buccale* 2008; [Article 28-220-P-10].
- Gupta N, Pal M, Rawat S, Grewal MS, Garg H, Chauhan D, et al. Radiation-induced dental caries, prevention and treatment - A systematic review. *Natl J of Maxillofac Surg.* 2015;6(2):160.
- Haute Autorité de santé (HAS). Guide affection longue durée - Cancer des Voies Aérodigestifs Supérieures. [Internet]. *hassante.* 2009 [Consulté le 04/05/2020]. Disponible sur : [https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2009-12/ald\\_30\\_guide\\_vads\\_web.pdf](https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2009-12/ald_30_guide_vads_web.pdf)
- Hans S, Brasnu D. Cancers ORL : conduite à tenir et traitement. *Encycl Méd Chir - AKOS (Traité de Médecine)* 2010;[Article 6-0470].
- Heintze SD. Clinical relevance of tests on bond strength, microleakage and marginal adaptation. *Dent Mater.* 2013 ;29(1):59-84.
- Heintze SD, Zimmerli B. Relevance of in vitro tests of adhesive and composite dental materials. A review in 3 parts. Part 3: in vitro tests of adhesive systems. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* 2011;121(11):1024-40.
- Institut National Du Cancer (INCA). Cancers des Voies Aéro-Digestifs Supérieures/ Du diagnostic au suivi. [Internet]. *e-cancer.* 2018 [Consulté le 04/05/2020] Disponible sur : <https://www.e-cancer.fr/Expertises-et-publications/Catalogue-des-publications/Cancers-des-voies-aerodigestives-superieures-Du-diagnostic-au-suivi>
- Institut National Du Cancer (INCA). Les traitements des cancers des voies aérodigestives supérieures. [Internet]. *e-cancer.* 2012 [Consulté le 04/05/2020] Disponible sur : <https://www.e-cancer.fr/Expertises-et-publications/Catalogue-des-publications/Les-traitements-des-cancers-des-voies-aerodigestives-superieures2>

- Keles S, Yilmaz Y, Sezen O. Microtensile Bond Strength of Polyacid-modified Composite Resin to Irradiated Primary Molars. *J Contemp Dent Pract.* 2018;19(2):189-95.
- Lapeyre M, Biau J. Radiothérapie des cancers de la cavité buccale. *Cancer/Radiothérapie.* 2016 ;20:S116-25.
- Leprince J., Leloup G., Vreven J., Weiss P., Raskin A. Polymères et résines composites. *Encycl Méd Chir - Médecine buccale* 2010;[Article 28-405-C-10].
- Lescaille G. Conduite à tenir en odontologie face à un patient sous traitements anticancéreux. *Encycl Méd Chir - Médecine buccale* 2018;[Article 28-005-H-50].
- Liang X, Zhang JY, Cheng IK, Li JY. Effect of high energy X-ray irradiation on the nano-mechanical properties of human enamel and dentine. *Braz Oral Res.* 2016;30.
- Lopes C de CA, Soares CJ, Lara VC, Arana-Chavez VE, Soares PB, Novais VR. Effect of fluoride application during radiotherapy on enamel demineralization. *J Appl Oral Sci.* 2018;27:e20180044.
- Lu H, Zhao Q, Guo J, Zeng B, Yu X, Yu D, et al. Direct radiation-induced effects on dental hard tissue. *Radiat Oncol.* 2019;14(1):5.
- Madrid Troconis CC, Santos-Silva AR, Brandão TB, Lopes MA, de Goes MF. Impact of head and neck radiotherapy on the mechanical behavior of composite resins and adhesive systems : A systematic review. *Dent Mater.* 2017;33(11):1229-43.
- McGuire JD, Gorski JP, Dusevich V, Wang Y, Walker MP. Type IV collagen is a novel DEJ biomarker that is reduced by radiotherapy. *J Dent Res.* 2014;93(10):1028-34.
- Menard M, Rodriguez J, Hoffmann C, Hans S, Villeneuve A, Halimi P. Cancers de la cavité orale. *Encycl Méd Chir - Oto-rhino-laryngologie* 2018;[Article 20-627-A-10].
- Michelet M. Caries and periodontal disease in cancer survivors. *Evid Based Dent.* 2012;13(3):70-3.
- Moore C, McLister C, Cardwell C, O'Neill C, Donnelly M, McKenna G. Dental caries following radiotherapy for head and neck cancer: A systematic review. *Oral Oncol.* 2020 ;100:104484.
- Naves LZ, Novais VR, Armstrong SR, Correr-Sobrinho L, Soares CJ. Effect of gamma radiation on bonding to human enamel and dentin. *Support Care Cancer.* 2012;20(11):2873-8.
- Nicopoulos M. Évaluation de l'efficacité d'adhésion de résines automordançantes à la dentine et à l'émail de dents primaires. [Mémoire : Chirurgie dentaire]. [Montréal] : Université de Montréal ; 2005
- Oncolor. Carcinome épidermoïde de l'oropharynx [internet] .2014 [Consulté le 04/05/2020]. Disponible sur : <http://oncologik.fr/referentiels/oncolor/carcinome-epidermoide-de-l-oropharynx>
- Orale care Study group, Multinational Association of supportive care in cancer, International Society of Oral Oncology (MASCC/ISOO). [Internet]. Evidence-Based Management Strategies for Oral Complication from Cancer Treatment. [Consulté le 04/05/20]. Disponible sur : <https://mascc.memberclicks.net/oral-care>
- Ortholan C, Benezery K, Bensadoun R-J. Dose de tolérance à l'irradiation des tissus sains : les glandes salivaires. *Cancer/Radiothérapie.* 2010;14(4):290-4.
- Pascal J-B. Le point sur les résines composites de placement en masse [Thèse d'exercice : Chirurgie dentaire]. [Toulouse] : Université de Toulouse III –Paul Sabatier ; 2016.
- Pointreau Y, Lizée T, Bensadoun R-J, Boisselier P, Racadot S, Thariat J, et al. Radiothérapie conformationnelle avec modulation d'intensité des cancers des voies aérodigestives supérieures. Dose

de tolérance des tissus sains : glandes salivaires et mandibule. *Cancer / Radiothérapie*. 2016;20,(6-7):445-51

Raoul G, Maes J-M, Pasquier D, Nicola J, Ferri J. Ostéoradionécroses des maxillaires (maxillaire et mandibulaire). *Encycl Méd Chir - Médecine buccale*. 2008;[Article 28-380-C-10].

Raux F. Faisons le point sur l'adhésion en 2019. *Inf Dent*. 2019;25/26:24-7

Référentiels inter-régionaux en Soins Oncologiques de Support. Radiothérapie et soins bucco dentaires. [Internet]. afsos. 2010. [Consulté le 04/05/2020] Disponible sur : [https://www.afsos.org/wp-content/uploads/2016/09/Radiothrapie\\_et\\_soins\\_bucco-dentaires.pdf](https://www.afsos.org/wp-content/uploads/2016/09/Radiothrapie_et_soins_bucco-dentaires.pdf)

Reed R, Xu C, Liu Y, Gorski JP, Wang Y, Walker MP. Radiotherapy effect on nano-mechanical properties and chemical composition of enamel and dentine. *Arch Oral Biol*. 2015;60(5):690-7.

Rodrigues RB, Soares CJ, Junior PCS, Lara VC, Arana-Chavez VE, Novais VR. Influence of radiotherapy on the dentin properties and bond strength. *Clin Oral Investig*. 2018;22(2):875-83.

Rouers M, Truntzer P, Dubourg S, Guihard S, Antoni D, Noël G. État dentaire des patients atteints d'un cancer des voies aérodigestives supérieures. *Cancer/Radiothérapie*. 2015 ;19(3):205-10.

Savignat M, Lartigau E, Vi S, Libersa P. Compliance des patients irradiés pour le port des gouttières de fluoruration : incidence sur la carie dentaire. *Med Buccale Chir Buccale* . 2007;13(2):77-81.

Scherrer SS, Cesar PF, Swain MV. Direct comparison of the bond strength results of the different test methods: A critical literature review. *Dent Mater*. 2010 ;26(2):e78-93.

Société Française de Chirurgie Orale (SFCO). Recommandations de la Société Française de Chirurgie Orale-Prise en charge des foyers infectieux bucco-dentaires. Argumentaire [Internet]. societechirorale. 2012. [Consulté le 04/05/2020] Disponible sur : [https://societechirorale.com/documents/Recommandations/recommandations\\_foyers\\_infectieux\\_1.pdf](https://societechirorale.com/documents/Recommandations/recommandations_foyers_infectieux_1.pdf)

Société Française d'Oto-Rhino-Laryngologie et de Chirurgie de la Face et du Cou (SFORL et CFC). Recommandation pour la Pratique Clinique-Organisation du parcours initial de soins en cancérologie des VADS.[Internet]. orlfrance. 2015 [Consulté le 04/05/2020] Disponible sur : [https://www.orlfrance.org/wp-content/uploads/2018/01/reco\\_organisation\\_parcours\\_soins.pdf](https://www.orlfrance.org/wp-content/uploads/2018/01/reco_organisation_parcours_soins.pdf)

Springer IN, Niehoff P, Warnke PH, Böcek G, Kovács G, Suhr M, et al. Radiation caries--radiogenic destruction of dental collagen. *Oral Oncol*. 2005;41(7):723-8.

Sroussi HY, Epstein JB, Bensadoun R-J, Saunders DP, Lalla RV, Migliorati CA, et al. Common oral complications of head and neck cancer radiation therapy : mucositis, infections, saliva change, fibrosis, sensory dysfunctions, dental caries, periodontal disease, and osteoradionecrosis. *Cancer Med*. 2017 ;6(12):2918-31.

Tamburini P. Prescriptions et précautions en odontologie chez les patients sous traitement anti-cancéreux [Thèse d'exercice : Chirurgie dentaire]. [Nancy] : Université de Lorraine Faculté d'Odontologie de Nancy ; 2015

Villela-Rosa ACM, Gonçalves M, Orsi IA, Miani PK. Shear bond strength of self-etch and total-etch bonding systems at different dentin depths. *Braz Oral Res*. 2011 ;25(2):143-9.

Vincent-Bugnas S, Marcy P-Y, Testelin S, Delanian S, Doglio A, Precheur I, et al. Ostéoradionécrose des maxillaires. *Encycl Méd Chir - Oto-rhino-laryngologie* 2015;[Article 20-903-A-10].

Vissink A, Jansma J, Spijkervet FKL, Burlage FR, Coppes RP. Oral Sequelae of Head and Neck Radiotherapy : Crit Rev. *Oral Biol Med*. 2003;14(3):199-212.

Walker MP, Wichman B, Cheng A-L, Coster J, Williams KB. Impact of radiotherapy dose on dentition breakdown in head and neck cancer patients. *Pract Radiat Oncol.* 2011;1(3):142-8.

Yadav S, Yadav H. Ionizing irradiation affects the microtensile resin dentin bond strength under simulated clinical conditions. *J Conserv Dent.* 2013 ;16(2):148-51.

Yesilyurt C, Bulucu B, Sezen O, Bulut G, Celik D. Bond strengths of two conventional glass-ionomer cements to irradiated and non-irradiated dentin. *Dent Mater J.* 2008;27(5):695-701.



**Les opinions émises dans les dissertations présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, sans aucune approbation ni improbation de la Faculté de Chirurgie Dentaire.**

**HALIMI Mina. INCIDENCES DE LA RADIOTHERAPIE SUR LE COLLAGE DENTAIRE 2020. 60 p.: ill., tabl.. Réf. Biblio. : (55-59).**

**Sous la direction du Docteur BOSCO Julia et du Docteur DOUCHY Laura**

**Th : Chir Dent. : Université de Paris : 2020**

---

**Résumé :**

Les cancers des voies aéro-digestives supérieures sont traités par chirurgie, radiothérapie et chimiothérapie, séparément ou en association. Ces thérapeutiques entraînent des effets secondaires et des séquelles majeures au niveau de la cavité buccale et altèrent la qualité de vie de ces patients en rémission. Les caries post radiques sont une des conséquences de la radiothérapie externe, elles résultent d'une modification de la qualité et de la quantité de salive chez ces patients irradiés, mais aussi probablement de l'action directe des rayonnements sur les tissus dentaires en modifiant leurs propriétés structurelles et mécaniques. L'adhésion aux tissus dentaires répondant essentiellement d'un principe d'ancrage micromécanique, les variations des propriétés mécaniques et structurelles observées à la suite d'une irradiation au niveau des tissus dentaires pourraient donc affecter le joint adhésif. L'objectif de ce travail a été d'étudier par une revue de littérature l'impact de l'irradiation sur le collage dentaire, afin de mieux comprendre l'intérêt des composites comme matériaux de restauration dentaire pour cette population. Des procédures cliniques pourront alors optimiser la prise en charge de ces patients.

---

**Discipline : Odontologie conservatrice /Biomatériaux**

---

**Mots clés français (fMeSH et Rameau) :**

"Radiothérapie" (FMeSH), "Effets des rayonnements" (FMeSH), "Collage dentaire" (FMeSH)  
"Matériaux biocompatibles " (FMeSH).

---

**TITRE en anglais : EFFECTS OF RADIOTHERAPY ON DENTAL BONDING**

---

**English keywords (MeSH) :** "Radiotherapy"(MeSH), "Radiation Effects"(MeSH), "Dental Bonding" (MeSH), "Biocompatible materials" (MeSH).

Université de Paris  
UFR d'odontologie  
5, rue Garancière  
75006 Paris