



HAL
open science

Fluor, radiologie en odontologie : danger ou légendes urbaines ?

Bastien Hamon, Tom Rinvet

► **To cite this version:**

Bastien Hamon, Tom Rinvet. Fluor, radiologie en odontologie : danger ou légendes urbaines ?. Sciences du Vivant [q-bio]. 2021. dumas-03528457

HAL Id: dumas-03528457

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03528457>

Submitted on 17 Jan 2022

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.

THÈSE D'EXERCICE / UNIVERSITÉ DE RENNES 1



sous le sceau de l'Université Bretagne Loire

Thèse en vue du

DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

présentée par

Bastien Hamon

né le 10 Juin 1996 à Rennes

ET

Tom Rinvet

né le 10 février 1995 à Vannes

**Fluor, radiologie en
odontologie : danger
ou légendes urbaines ?**

**Thèse soutenue à Rennes
le 11 Mars 2021**

devant le jury composé de :

Jean-Louis SIXOU

PU-PH - UFR Odontologie Rennes / Président du jury

Alexia MARIE COUSIN

MCU-PH - UFR Odontologie Rennes / Directeur du jury

Justine LE CLERC

MCU-PH - UFR Odontologie Rennes / examinateur

Sophie BINET

Dentiste libéral, praticien attaché / examinateur

Section 56-01 : Développement, croissance et prévention

Odontologie pédiatrique

SIXOU Jean Louis
DAVIT-BEAL Tiphaine
MARIE-COUSIN Alexia
JOUAULT Estelle

Professeur des universités-Praticien hospitalier
Professeur des universités - Praticien hospitalier
Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
Assistant hospitalier universitaire

Orthopédie dento-faciale

SOREL Olivier
BREZULIER Damien
ALLEREAU Béatrice
NAAIM Mohamed
CONTAMINE Marie
POTTIER Thomas

Professeur des universités - Praticien hospitalier
Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
Assistant hospitalier universitaire
Assistant hospitalier universitaire
Assistant hospitalier universitaire
Assistant hospitalier universitaire

Section 56-02 Prévention, épidémiologie, économie de la santé, odontologie légale

BERTAUD Valérie
PRIGENT Hervé
COUATARMANACH Antoine
MAYOROVA Nadège
ZNATY Gaëlle

Professeur des universités - Praticien hospitalier
Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
Maître de conférences des universités (associé)
Assistant hospitalier universitaire
Assistant hospitalier universitaire

Section 57-01 : Chirurgie orale ; parodontologie ; biologie orale

Chirurgie orale

LEJEUNE-CAIRON Sophie
LIMBOUR Patrick
BADER Gérard
MURDEN Krisnen
DULONG Arnaud
HAMON Julien

Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
Assistant hospitalier universitaire
Assistant hospitalier universitaire
Assistant hospitalier universitaire

Parodontologie

JEANNE Sylvie
BOLLE Caroline
NOVELLO Solen
POULOUIN Bénédicte
ALTHYAB Amr

Professeur des universités - Praticien hospitalier
Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
Maître de conférences des universités (associé)
Assistant hospitalier universitaire
Assistant universitaire (associé)

Biologie orale

BONNAURE-MALLET Martine
MEURIC Vincent
CHATHOTH Kanchana

Professeur des universités - Praticien hospitalier
Professeur des universités - Praticien hospitalier
Assistant universitaire (associé)

Section 58 : Dentisterie restauratrice, endodontie, prothèses, fonction-dysfonction, imagerie, biomatériaux

Dentisterie restauratrice, endodontie

DAUTEL Anne	Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
LE GOFF Anne	Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
TURPIN Yann-Loïg	Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
PERARD Matthieu	Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
LE CLERC Justine	Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
VO VAN Thomas	Assistant hospitalier universitaire
GASTINEAU Richard	Assistant hospitalier universitaire
NOËL Audrey	Assistant hospitalier universitaire
ARNAUD Marie-Pierre	Assistant hospitalier universitaire

Prothèses

BEDOUIN Yvan	Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
RAVALEC Xavier	Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
CHAUVEL Brice	Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
LEFRANCOIS Etienne	Assistant hospitalier universitaire
GOUBIN William	Assistant hospitalier universitaire
DESCLOS-THEVENIAU Marie	Assistant hospitalier universitaire
LECLERC Clément	Assistant hospitalier universitaire
LEGOUPIL Mikael	Assistant hospitalier universitaire

Fonction-dysfonction, imagerie, biomatériaux

CHAUVEL-LEBRET Dominique	Professeur des universités - Praticien hospitalier
MEARY Fleur	Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
CATHELINEAU Guy	Professeur émérite
MELOU Caroline	Assistant hospitalier universitaire

Section 41 : Sciences biologiques

SHACOORI Zohreh	Maître de conférences
------------------------	-----------------------

Section 65 : Biologie cellulaire

GAUTIER-COURTEILLE Carole	Maître de conférences (HDR)
----------------------------------	-----------------------------

À Monsieur le Professeur Jean-Louis SIXOU

Nous vous remercions de nous faire l'honneur de présider ce jury de thèse. Veuillez trouver dans ce travail le témoignage de notre reconnaissance respectueuse.

À Madame la Docteur Alexia MARIE-COUSIN

Nous te remercions d'avoir accepté de diriger notre thèse. Merci pour ton investissement, les heures passées à faire avancer le projet, ainsi que ta patience envers nous.

À Madame la Docteur Justine LE CLERC

Merci d'avoir accepté de faire partie de ce jury. Merci pour toutes ces années de travaux pratiques et de clinique. Ce fut un réel plaisir d'apprendre avec toi.

À Madame la Docteur Sophie BINET

Merci d'avoir accepté de faire partie de ce jury. Merci pour toutes ces années, pour ta bonne humeur et ton savoir. C'est avec un grand plaisir que nous avons travaillé avec toi.

En premier lieu, je tiens à remercier mes parents, Laurent et Catherine, pour leur soutien sans faille, leur dévouement et leur présence à mes côtés depuis toujours. Vous avez su me donner le goût du travail et toutes ces valeurs qui m'ont permis de devenir celui que je suis désormais.

Merci à mon grand frère, Thibaut, et à ma petite sœur, Marine. Malgré l'écart d'âge et nos caractères si différents, nous avons partagé tant de choses qu'il faudrait une vie pour toutes les raconter.

Je remercie l'ensemble de ma famille, mes grands parents, ainsi que Mimi, qui m'ont donné tant d'amour et avec qui j'ai passé des moments exceptionnels. J'ai une pensée particulière pour Jean Hamon, un papy formidable qui nous a malheureusement quitté beaucoup trop tôt.

Merci à mes amis de toujours, « les soss » Mathis, Joan, Hugo, Léo, Fabien, Maxime et Hugues pour toutes ces années collèges et lycées, en espérant vous garder auprès de moi le plus longtemps possible.

Je remercie bien entendu mon partenaire de thèse, Monsieur Tom Rinvet, avec qui j'ai traversé ces années d'apprentissage. Merci pour ce beau travail que tu as fourni.

Une grosse pensée pour mes futurs confrères Quentin, Pierre-Louis, Tom, Victor, Kilian, Jules, Hugo, Astrid, Céline et Camille,. Merci pour ces belles années de fac qui sont passées beaucoup trop vite

Un grand merci à Thomas, Fabienne et Rozenn qui m'ont accueilli dans leur cabinet et offert de très belles opportunités.

Mes derniers remerciements vont bien entendu à une personne qui m'est chère : Elise. Merci à toi d'être là chaque jour depuis tout ce temps. Merci de m'épauler à chaque instant.

Je souhaite remercier mes parents, pour leur soutien et leur présence à mes côtés. Il semble difficile d'exprimer tout ce que je ressens pour vous en quelques lignes tant je vous dois beaucoup. Encore merci.

A mon frère et ma soeur, nous avons passés des moments inoubliables et nous continuerons d'en passer. Je vous remercie pour tout ce que vous m'apporté.

A mes grands-parents. A leur gentillesse et leur bienveillance. Je vous doit également beaucoup.

Je tiens également à te remercier Bastien, pour m'avoir fait l'affection de partager cette thèse avec moi. Même si je n'ai pas toujours été très assidu, tu m'as toujours fait confiance et c'est avec un grand plaisir que j'ai partagé cette aventure avec toi.

Merci à la rando du plaisir pour tous ces bons moments passés ensemble. J'espère que de nombreux voyages sont à venir et que nous aurons l'occasion de nous retrouver souvent.

Merci à Pétard, Malo, Tudu, Gobart et Quentin pour votre présence à mes côtés au quotidien. J'espère ne jamais vous quitter.

Merci à Astrid, Céline, Quentin, Pierre-Louis, Bastien, Killian, Jules, Victor, et Camille. La team flingués grâce à qui j'ai passé de très belles années à la fac.

Merci à toi Lucas pour tous ces bons souvenirs et ce temps passé ensemble. A toutes nos aprem, qui ont rempli notre jeunesse. Merci pour tout.

Un grand merci à Antoine, pour ton aide et le temps que m'as consacré ces derniers mois. Tu as su me transmettre ta passion, ton savoir faire et c'est pourquoi je te dois beaucoup.

Un grand merci également à Didier et Sylvie qui m'ont fait confiance et m'ont offert cette belle opportunité. Merci pour vos conseils et votre bienveillance à mon égard.

“Je certifie sur l’honneur ne pas avoir repris pour mon compte des propos, citations, ou illustrations déjà publiés”

TABLES DES MATIÈRES

Résumé	9
Introduction	9
FLUOR	10
Matériels et Méthodes	10
Résultats	10
Discussion	14
RADIOLOGIE	19
Matériels et Méthodes	19
Résultats	19
Discussion	22
Conclusion	26
Bibliographie	27
Annexes	32

Fluor, radiologie en odontologie : danger ou légendes urbaines ?

RÉSUMÉ

Introduction: Le fluor et les actes de radiologie sont largement utilisés dans le milieu dentaire et font partie de l'arsenal thérapeutique du chirurgien-dentiste. Le fluor, employé sous forme de dentifrice, de gel, de vernis, ou encore de bains de bouche, est connu pour son efficacité dans la lutte contre la carie dentaire et son rôle protecteur de la dent. Les radiographies, qu'elles soient en 2 ou en 3 dimensions, sont des outils essentiels pour le dépistage et le diagnostic des lésions dentaires et des maladies de la sphère oro-faciale. Cependant, depuis plusieurs années, fluor et radiologie sont de plus en plus remis en cause, particulièrement par les patients qui mettent en avant leurs potentiels effets néfastes sur la santé.

Objectifs: L'objectif de cette revue de littérature est de faire le point sur les effets indésirables connus et reconnus du fluor et des actes de radiologie en Odontologie, et de définir s'ils représentent, ou non, un danger pour les patients.

Matériels et méthodes: Une recherche d'articles évoquant **le fluor** et ses effets indésirables a été réalisée dans PubMed, Embase, Supernova et The Lancet, avec l'utilisation des mots clés Dental fluorosis, Bone fluorosis, Skeletal Fluorosis, Fluoride AND IQ, Fluoride AND Intelligence, Fluoride AND Cognitive, Fluoride AND Cancer, Fluoride AND Thyroid. Parmi les 7739 résultats, 855 articles ont été retenus. Une recherche d'articles concernant **les radiographies dentaires** et leurs effets indésirables a été réalisée à partir de Pubmed, Embase, Cochrane et Supernova, en utilisant les mots-clés « Dental X-ray », « Adverse effect », « Danger », « Cancer », « Ionizing radiation », « Health effect », « Risk ». De cette recherche, 888 articles ont été collectés, et 32 articles retenus.

Résultats: 42 articles de presse ont été sélectionnés et analysés pour dégager les principales « fake news » visant **le fluor**. Pour faire le point sur ces aspects controversés du fluor, 120 articles scientifiques ont été sélectionnés, et au final 57 articles ont été retenus et abordent plusieurs aspects concernant la relation du fluor avec les cancers, la thyroïde et les troubles cognitifs, mais aussi les fluoroses dentaires et osseuses. 25 articles de presse destinés au public ont été sélectionnés et analysés pour évoquer le lien entre **les actes de radiologie** liés au milieu odontologique et leurs potentiels effets secondaires concernant les cancers, les tumeurs cérébrales, les tumeurs de la glande thyroïde. 32 articles scientifiques en lien avec ces effets, et sur les risques pour le fœtus chez la femme enceinte, ont ainsi été retenus.

Conclusion: Les données actuelles de la science permettent de conclure que le fluor ainsi que la radiologie employés dans un contexte odontologique sont sans risque lorsqu'ils sont utilisés de manière rationnelle en suivant les recommandations les plus récentes. La plupart des « fake news » se basent sur des études dont les résultats ne reflètent pas les conditions d'expositions habituelles au fluor et aux radiographies dentaires. De plus amples recherches sont nécessaires pour attester du vrai danger que représentent le fluor et les radiographies dentaires utilisés respectivement à des fins thérapeutiques et diagnostiques.

INTRODUCTION

Dans une société où le bien-être et la santé sont au centre des préoccupations pour un grand nombre de personnes, de nombreux aspects de l'arsenal thérapeutique du chirurgien-dentiste sont remis en question voire dénigrés. A tel point que certains patients refusent d'avoir recours à certains soins dentaires. Avec l'avènement d'internet depuis une vingtaine d'année et la floraison des sites destinés au grand public sans aucune vérification scientifique pour appuyer leurs propos, de plus en plus de rumeurs, appelées « fake news », circulent et touchent un nombre considérable de personnes. Parmi les cibles de ces « fake news » liées au milieu dentaire, nous retrouvons le fluor, les actes de radiologie, les composants de nombreux produits dentaires ... Cela pose un problème puisque tout cet arsenal est essentiel pour assurer une bonne santé bucco-dentaire aux patients. Le fluor et les actes de radiologie étant les deux sujets les plus récurrents, nous avons choisi de nous consacrer à ces thèmes afin de démêler le vrai du faux les concernant. Le fluor, employé sous forme de dentifrice, de gel, de vernis, ou encore de bains

de bouche est connu pour son efficacité dans la lutte contre la carie dentaire et son rôle protecteur de la dent. Mais un grand nombre d'articles de presse remettent en question sa légitimité et évoquent même un supposé rôle dans le développement de cancers, de dysfonctions thyroïdiennes, de troubles cognitifs, ainsi que dans les fluoroses dentaire et osseuse.

La radiographie intra-buccale, outil essentiel au dépistage et au diagnostic de pathologies bucco-dentaires, du fait des rayons X utilisés, représenterait un danger à l'origine de lésions de l'ADN entraînant des cancers de la sphère ORL tels que les cancers de la thyroïde, des glandes salivaires ou encore du cerveau. A partir d'une revue de la littérature, l'objectif de ce travail est de faire le point sur les effets secondaires/indésirables connus et reconnus du fluor et des actes de radiologie en Odontologie, et de définir s'ils représentent, ou non, un danger pour les patients.

Pour faciliter la lecture, les deux thèmes sont abordés séparément.

FLUOR

MATERIELS ET METHODES

Pour cibler la recherche d'articles scientifiques et orienter les recherches vers les effets présumés néfastes du fluor les plus fréquemment cités, plusieurs articles de presse se trouvant sur internet et destinés au grand public ont été sélectionnés puis analysés.

Nous avons ensuite réalisé cette revue de littérature en interrogeant les bases de données en ligne Pubmed, Cochrane, Embase, The Lancet ainsi que Supernova, afin de rechercher des articles scientifiques traitant du fluor de ses effets indésirables, des données actuelles sur ce dernier et des recommandations en vigueur en 2020. Nous nous sommes appuyés également sur les informations mises à notre disposition par la HAS, l'UFSBD et l'INRS via leurs sites respectifs et leurs fiches à l'attention du public et des professionnels de santé. Les articles de presse publics ainsi que tous les articles scientifiques sélectionnés sont des articles libres d'accès et entièrement gratuits.

Concernant les articles de presse destinés au public, les mots clés employés ont été : Fluor, Danger, Toxicité, Effets secondaires. Le nombre d'articles existant était considérable, c'est pourquoi nous avons décidé de nous

limiter aux seuls articles rédigés en français ou en anglais, de manière claire, et accessibles dans les premières pages de résultats du moteur de recherche. Ces articles ont permis de dégager les aspects controversés du fluor les plus fréquemment ciblés par les « fake news ».

En ce qui concerne les articles scientifiques, les mots-clés ayant permis de réaliser la bibliographie sont les suivants : Dental fluorosis, Bone fluorosis, Skeletal Fluorosis, Fluoride AND IQ, Fluoride AND Intelligence, Fluoride AND Cognitive, Fluoride AND Cancer, Fluoride AND Thyroid.

Ont été exclus de cette revue de littérature les articles dont l'accès est payant, les articles antérieurs à 1985, les articles dans une autre langue que le français ou l'anglais et les articles ne traitant pas de l'espèce humaine.

Compte tenu du nombre considérable d'articles évoquant le fluor, une sélection rigoureuse a dû être mise en place pour ne sélectionner que les articles fiables, pertinents pour répondre à la question posée et le fait que cet article ne soit pas désuet et qu'il n'y ait pas d'articles plus récent traitant du même sujet.

RESULTATS

De cette recherche, 42 articles issus de la presse destinés au grand public ont été sélectionnés, 4 en anglais et 38

en français. A l'issue de l'analyse de tous ces articles, certains aspects controversés liés au fluor ont clairement été mis en évidence : le risque d'apparition de cancers, de dysfonctions thyroïdiennes, d'impact au niveau cognitif et les conséquences sur le Quotient Intellectuel (QI), de fluoroses dentaire et osseuse.

120 articles scientifiques publiés entre 1985 et 2020 et accessibles gratuitement ont été retenus. La méthode de sélection de ces articles et les critères employés sont résumés dans la Figure 1.

Parmi ces 120 articles, 11 articles étudiant la relation entre le fluor et l'apparition ou le risque de développer un cancer, 12 articles mettant en lien le fluor et les dysfonctions de la thyroïde, 13 articles évoquant les altérations de QI et troubles cognitifs et 25 articles concernant les fluoroses dentaires et osseuses ont été sélectionnés. Après exclusion des doublons, un total de 57 articles a été retenu.

Les analyses des articles sélectionnés sont présentées en annexe dans les tableaux 1 à 3

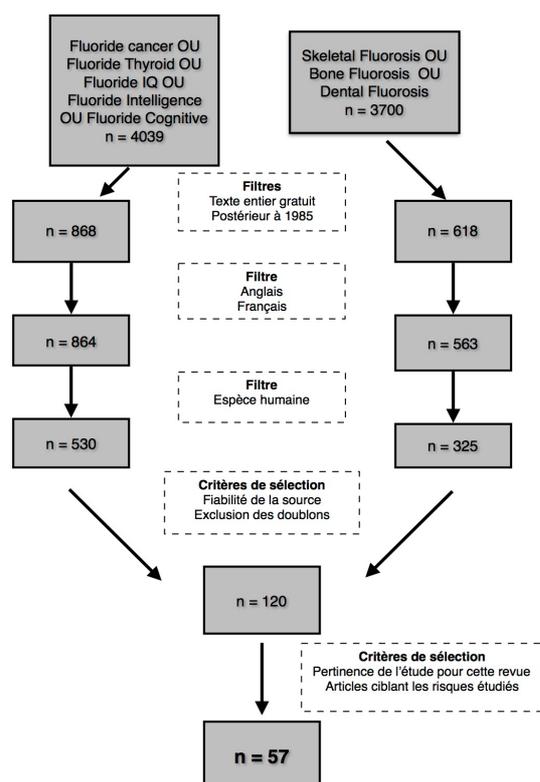


Figure 1. Méthode de sélection des articles scientifiques concernant le Fluor

Fluor et cancer

De nombreuses « fake news » pointent du doigt le fait que le fluor augmenterait le risque d'apparition de cancer, et notamment de l'ostéosarcome. 7 études, une thèse ainsi que deux revues de littérature ont été sélectionnées concernant ce sujet. Le Tableau 1 (en annexe) consigne les éléments d'analyse de ces articles.

Les revues de littérature de Kleekoper (1) et O'Mullane (2), datant respectivement de 1994 et de 2016, ne mettent pas en évidence le rôle du fluor dans l'apparition d'ostéosarcome ou de cancer en général.

L'étude écologique de Blakey et al. (3) regroupant tous les cas de sarcomes et d'ostéosarcomes en Grande Bretagne sur 25 ans (de 1980 à 2005), et celle de Chilvers et al., 1985 (4) étudiant 67 régions anglaises divisées en 4 groupes selon le taux de fluor présent dans l'eau, ne mettent pas en évidence de relation entre la teneur en fluor de l'eau de consommation et le risque de développer un cancer des os.

Une étude cas-témoins réalisée en 2011 aux Etats-Unis ne met pas en évidence d'association entre la quantité de fluor présent dans les os et le risque de développer un ostéosarcome (5). Deux études, l'une cas-témoins (6) et l'autre écologique (7), réalisées également aux Etats Unis, n'ont pas permis de démontrer un lien entre la consommation de fluor via l'eau et le risque de développer un ostéosarcome chez l'enfant et l'adolescent.

Une récente étude cas-témoins provenant des USA, dont seul l'abstract est disponible pour le moment, démontre également que le fluor dans l'eau de consommation n'a aucun lien avec le risque de développer un ostéosarcome (8). Le travail de Näsman de 2016 (9) et celui de Comber et al. (10) vont également en ce sens.

Enfin, l'Organisation Mondiale de la Santé affirme que le fluor n'a aucun effet sur l'apparition sur les cancers des os chez l'Homme (11).

Toutes les études analysées s'accordent à dire que la consommation d'eau fluorée n'est pas en relation avec le risque de développer un cancer, notamment des os. Malheureusement, très peu d'articles mettent en lien direct le dentifrice et le risque de développement de cancer.

Fluor et thyroïde

Un second aspect controversé du fluor est son rôle potentiel sur l'apparition de pathologies thyroïdiennes. En effet, le fluor serait un perturbateur endocrinien qui affecterait la thyroïde par son électronégativité supérieure à l'iode et posséderait donc la capacité de se fixer sur la thyroïde à la place de l'iode (12).

9 études et 3 revues de littérature postérieures à 2008 ont été retenus. Le Tableau 2 (en annexe) consigne les éléments d'analyse de ces articles. Parmi ces articles, 9

(12-20) mettent en évidence un lien entre fluor et troubles thyroïdiens, tandis que 3 (21,22,23) n'associent pas ces deux derniers.

Les trois revues de littérature affirment que le fluor aurait un impact négatif sur la thyroïde. La première, publiée par Chaintanya et al. (12) en 2018, regroupe 10 études et conclut que le taux de TSH (thyroïdostimuline ou Thyroid-Stimulating Hormone) était plus faible chez les personnes provenant des zones endémiques de fluorose en comparaison avec les témoins, les taux des hormones thyroïdiennes T3 et T4 ne subissant pas de variations. La seconde, datant de 2008, affirme que le fluor et en particulier le fluorure de sodium utilisé en systémique à plus ou moins 1ppm, peut causer une hypothyroïdie (13). La troisième revue de 2018 évoque les effets du fluor sur la glande pinéale, le Quotient Intellectuel (QI) de l'enfant voire son rôle présumé dans l'autisme. Selon celle-ci, le fluor serait à l'origine de nombreux troubles chez l'enfant s'il est consommé en bas-âge (14).

Six études mettent en évidence le rôle que pourrait jouer le fluor dans l'apparition de troubles thyroïdiens. Parmi celles-ci, 3 études cas-témoins réalisées en Chine (15), en Inde (16) et en Iran (17) évoquent des dysfonctions thyroïdiennes causées par le fluor, à savoir une altération de TSH, T3 et T4. 3 études transversales, l'une réalisée en Angleterre en 2015 (18), une au Canada en 2018 (19) et la dernière en Chine en 2020 (20), indiquent qu'une consommation trop importante de fluor serait associée à des troubles de la thyroïde. L'étude réalisée au Canada évoque le rôle que pourrait jouer un déficit sévère en iode dans l'apparition de pathologies thyroïdiennes provoquées par un excès de fluor.

Trois études affirment que le fluor ne serait pas à l'origine de troubles thyroïdiens. Shaik et al. (21) a analysé les taux de TSH, T3, T4 et le taux de fluor dans le sérum de 293 enfants entre 9 et 13 ans répartis en trois groupes selon leur exposition au fluor dans l'eau de consommation (<0,6ppm ; 0,7ppm -1,2ppm ; 1,3ppm - 1,8ppm). Le statut nutritionnel et l'apport en iode de l'enfant ont été pris en considération. Aucune différence significative n'a été mise en évidence entre ces trois groupes en ce qui concerne le taux d'hormones thyroïdiennes. Cette étude conclut donc que l'eau de consommation fluorée entre 0,02ppm et 1,4ppm n'a pas d'effet sur la fonction thyroïdienne des enfants avec un statut nutritionnel adéquat et un apport en iode optimal. L'étude de 2017 de Barberio et al. (23) ne met pas en évidence de lien néfaste entre le fluor présent dans l'eau de consommation dosée à 0,7ppm de fluor au Canada et le fonctionnement de la thyroïde. Enfin, Hosur et al. (23) n'a pas mis en évidence d'altération de TSH, T3, T4 chez les sujets atteints de fluorose dentaire.

Les études randomisées cherchant à mettre en lien le fluor et les troubles de la thyroïde sont rares donc de nombreuses limitations et biais apparaissent dans ces études (10). Ainsi, une tendance se dégage mais il est très difficile d'affirmer quoi que ce soit concernant le rôle que peut jouer le fluor dans l'apparition de l'hypothyroïdie ou d'autres dysfonctions thyroïdiennes. La plupart des auteurs insistent sur le fait que de plus amples recherches sont nécessaires pour valider cette hypothèse.

Fluor et troubles cognitifs/neurotoxicité

La neurotoxicité du fluor est l'un des effets le plus controversé et le plus d'actualité. Le fluor aurait un impact sur le développement de la glande pinéale et du cerveau et serait à l'origine de troubles du développement chez l'enfant. (14).

Afin d'étudier les effets du fluor sur les capacités cognitives, 13 articles publiés entre 2007 et 2020 ont été retenus, dont 5 revues de littérature, 4 études transversales et 4 études de cohorte. Le Tableau 3 (en annexe) consigne les éléments d'analyse de ces articles. Sur ces 13 articles analysés, seulement un article, celui de Broadbent (24), ne trouve pas de lien entre consommation excessive de fluor et troubles cognitifs associés, notamment une baisse de QI. Cette étude affirme que l'association entre le fluor et la baisse de QI chez les enfants n'est pas scientifiquement prouvée et que les études le démontrant sont biaisées, notamment à cause du statut rural ou urbain des populations étudiées.

Till et al. (25), Morteza et al. (26), Green et al. (27) dénoncent les effets neurotoxiques du fluor et notamment le lien entre la consommation d'eau fluorée par la mère et le QI plus faible du futur enfant. Certains articles évoquent même une baisse de l'intelligence si le fluor est consommé par l'enfant lui-même, en particulier au début de sa vie (28,29,30). L'exposition au fluor in-utero et durant la jeunesse serait un facteur de maladies futures mais le mécanisme permettant de l'expliquer n'est pas encore bien compris et son rôle serait encore à définir. En effet, le fluor provoquerait un stress nutritionnel à l'origine d'un défaut de développement irréversible des organes (14). Le fluor serait neurotoxique et capable de passer les barrières foeto-placentaire et hémato-encéphalique (31), encore immature chez le jeune enfant (32).

Deux revues de littérature pointent même du doigt l'implication du fluor dans l'apparition de l'autisme (14,33) ou encore Alzheimer (31). Enfin, la revue de littérature de P. Grandjean (34) parue en 2019, émet quelques doutes quant à la neurotoxicité réelle du fluor puisqu'il subsiste quelques imprécisions même dans les études les plus robustes. L'auteur affirme tout de même que l'exposition à une haute dose de fluor en pré-natal et en post-natal durant les premières années de vie s'avère

être neurotoxique. Néanmoins, les effets néfastes du fluor seraient davantage liés à la consommation d'eau fluorée qui agit de manière systémique qu'au dentifrice qui est employé uniquement de façon topique.

Fluoroses

Le fluor, élément s'accumulant dans les tissus durs, tels que les os et les dents, puisque participant à leur formation, peut provoquer des désordres lors de la minéralisation de ces derniers. Il existe cependant une grande différence entre la fluorose dentaire et la fluorose osseuse : la fluorose dentaire s'explique par la sensibilité à de faibles concentrations en fluor de l'émail en formation sur une faible période, tandis que la fluorose osseuse provient de l'exposition prolongée à de fortes concentrations en fluor (35). Concernant la fluorose osseuse, cette accumulation semble toutefois davantage due au fluor ingéré via l'eau de consommation (36,37) alors que la fluorose dentaire est davantage due aux vecteurs utilisés pour l'hygiène bucco-dentaire tels que le vernis, le dentifrice ou encore les gels (38,39).

La fluorose dentaire

De tous les effets supposés indésirables du fluor, la fluorose dentaire est le plus ciblé par les « fake news » et est celui qui inquiète le plus grand nombre de personnes. Selon Bronckers et al. (40) et Levy (41), la période critique pour le développement d'une fluorose en denture permanente se situe entre 22 et 25 mois et le risque subsiste jusqu'à l'âge de 7 ans. Au-delà, il n'existe plus de risque de développer une fluorose dentaire. Browne et al. (42) conclut que le brossage des dents avant 25 mois multiplierait le risque par 11.

Les sources de fluor menant à la fluorose dentaire sont variées : ingestion de dentifrice, suppléments fluorés, eau de consommation fluorée. Selon Carey (43), chez les enfants de moins de 12 mois, 70% des apports en fluor proviennent de l'eau et 20% de la nourriture. Puis, entre 1 et 7 ans, 40% proviendraient de l'eau tandis que seulement 20% seraient issus du dentifrice, le reste provenant de la nourriture (entre 10 et 20%) et de la boisson (environ 20%).

Ayoob et al. (37) estime que la prévalence de la fluorose dentaire dans les zones où la concentration en fluor de l'eau est de 1ppm est de 48% (dont 12,5% ont un impact esthétique) contre 15% (dont 6,3% ont un impact esthétique) dans les zones non fluorées.

L'étude de Moimaz parue en 2015 (49) étudiant la prévalence des fluoroses dentaires chez 496 enfants de 12 ans constate que 58,9% des individus présente cette affection et que cette dernière est liée à un taux excessif de fluor dans l'eau de consommation. Parmi les enfants atteints, la majorité (60%) n'avait pas perçu ces taches, ce qui suggère que cette altération n'affecte pas leur qualité de vie. Green et al. (27) et Bentley et al. (44)

affirment que le risque de fluorose dentaire lié au dentifrice dépend de deux facteurs majeurs : la quantité de dentifrice ingérée et sa concentration en fluor. La revue Cochrane de Chen datant de 2010 (38), conclut qu'il n'y a pas d'association entre la fréquence de brossage ou bien la quantité de dentifrice utilisée et la fluorose dentaire, tandis que Molina Frechero et al. (45) affirme que ce sont principalement la fréquence de brossage ainsi que le manque de supervision des parents qui sont à l'origine de la fluorose dentaire. Une seconde revue Cochrane de 2011 (46) fait le point sur la relation qui existe entre l'utilisation de dentifrice fluoré chez les jeunes enfants et le risque de développer une fluorose dentaire. Les conclusions sont qu'il n'existe pas de relation certaine entre la fréquence de brossage ou la quantité de dentifrice utilisée et la fluorose dentaire, et qu'un dentifrice à 400 ou 500ppm ne diminue pas le risque de fluorose en comparaison avec un dentifrice à 1000ppm.

La revue de Grøsin-Grøt et al. (47), les recommandations de l'EAPD de 2019 (48), la revue de O'Mullane (2) et celle de Cury (39) vont également en ce sens. Selon Cury (39), les doses de dentifrice ingérées seraient surestimées et les doses de fluor absorbées mal calculées. Cette revue qualifie de « socialement irresponsable » les recommandations en faveur du dentifrice peu ou non-fluoré. Pourtant, selon Chen (38) il semble que la concentration en fluor du dentifrice détermine en partie le risque de fluorose dentaire .

En résumé, si la dose de fluor est adaptée en fonction des besoins de chaque enfant et le brossage supervisé, le risque de fluorose dentaire est très faible. Toujours selon Cury (39), à ce jour, la fluorose dentaire est le seul effet indésirable systémique connu du fluor employé à la concentration optimale.

La fluorose osseuse

Everett (50) a prouvé qu'une faible dose de fluoroapatite pouvait induire la formation osseuse mais qu'une dose plus élevée conduit à l'avortement de la formation osseuse.

La fluorose osseuse est caractérisée par 4 stades : un stade pré-clinique et trois stades cliniques (1, 2 et 3). Les stades pré-clinique et clinique 1 se caractérisent par une augmentation de la densité osseuse jugée sur des radiographies. Le stade 2 accompagne cette densité accrue de douleurs sporadiques, d'une raideur articulaire, d'une ostéosclérose du pelvis et de la colonne vertébrale. Le stade 3 est associé à des douleurs

articulaires chroniques, de l'arthrite, des calcifications ligamentaires ainsi qu'une ostéosclérose de l'os spongieux (51). Toutefois, les stades 2 et 3 apparaissent très rarement, même aux Etats-Unis où l'eau de consommation peut parfois dépasser les 2mg/l.

Les premiers symptômes d'une fluorose squelettique apparaîtraient à partir de 4mg/l et celle-ci serait avérée à partir de 10mg/l. Le risque de fluorose squelettique dépend de la quantité d'eau consommée, de sa qualité, de la qualité du système rénal ainsi que de la nutrition de l'individu (36).

De plus amples recherches sont nécessaires pour attester du risque de fluorose osseuse que courent les individus à consommer de l'eau fluorée, même de manière excessive (52).

L'exposition au fluor via l'eau de consommation est la principale cause de fluorose osseuse mais d'autres facteurs y participent : le climat, le statut nutritionnel de l'individu ou l'exposition à des substances modifiant l'absorption du fluor. En Chine, les vapeurs de charbon fluorées et la consommation importante de brick tea sont responsables de fluorose dentaire (2). Ayoob et al. (37) statue qu'une consommation de 10 à 20mg de fluor par jour, soit 2L d'une eau de 5 à 10ppm de fluor par jour sur 10 ans est nécessaire pour le développement d'une fluorose osseuse.

Cury et al. (35) et Jones et al. (53) attestent que la consommation d'eau fluorée à 1ppm n'affecte pas la solidité des os, leur densité minérale ou encore le risque de fracture. Ceci est corroboré par Näsman (9) (54) qui a étudié 473 277 sujets en Suède et affirme que l'eau de consommation, quelle que soit sa teneur en fluor (de moins de 0,3mg/L à plus de 1,5mg/L), n'est pas associé à un risque de fracture de hanche plus élevé.

Trois études évoquent le rôle du dentifrice dans l'apparition d'une fluorose squelettique en abordant le cas d'individus présentant une fluorose d'origine à priori inconnue. Suite à une anamnèse approfondie, il a été découvert que le dentifrice était en cause, puisque ces patients se brossaient les dents jusqu'à 18 fois par jour et ingéraient une quantité très importante de dentifrice (55,56,57).

De plus, la fluorose squelettique serait réversible si l'exposition au fluor était arrêtée.

Il semble donc que la consommation d'eau fluorée sur le long cours, si celle-ci est correctement fluorée à la concentration optimale, ne soit pas à l'origine de fluorose osseuse.

DISCUSSION

La littérature scientifique évoquant la toxicité du fluor et ses effets secondaires présumés est abondante et continue à s'enrichir, prouvant à quel point cet élément est controversé. Le but de cette revue de littérature est de faire le point sur les connaissances actuelles concernant le fluor, et plus particulièrement quant à l'innocuité ou la dangerosité de son utilisation en odontologie. Des articles mettant en lien le fluor utilisé dans le milieu dentaire, tels que le dentifrice, les vernis ou les bains de bouche, avec les troubles qu'il est susceptible de provoquer, ont été recherchés. Malheureusement, la littérature est riche d'études ou de revues étudiant l'impact du fluor présent dans l'eau de consommation et non directement dans les produits destinés à la cavité buccale. Plusieurs études y font référence mais très peu ciblent spécifiquement le fluor présent dans les produits dentaires.

Une grande partie des études scientifiques menées pour analyser les effets supposés toxiques du fluor proviennent de parties du globe où les concentrations en fluor dans l'eau de consommation sont les plus élevées, à savoir la Chine, l'Inde ou encore le Mexique (8,53). Ainsi, il est très compliqué de transposer ces résultats partout dans le monde du fait des taux de fluor dans l'eau très variables d'un pays à un autre et de l'accès variable aux produits employés en Odontologie.

Deux tendances se dégagent dans les résultats obtenus dans les différentes études. Globalement, les pays où le taux de fluor dans l'eau est très important vont conclure leurs études en affirmant que le fluor est à l'origine de problèmes de thyroïde, de troubles cognitifs voire de fluoroses osseuses ou dentaires. En revanche, les études réalisées en Europe, dans les pays où l'eau n'est pas ou peu fluorée vont plutôt dans le sens de l'innocuité du fluor. Le cas des Etats-Unis est un petit peu particulier puisque l'eau de distribution est artificiellement fluorée par les autorités, et que les problèmes liés au fluor semblent tabous. Cependant, aucun effet secondaire indésirable n'a pu être mis en évidence aux doses ajoutées dans l'eau de consommation. Les recommandations les plus récentes sont d'ailleurs formelles : la fluorose dentaire est le seul effet indésirable du fluor ajouté au réseau d'eau publique (35,48).

En France, les «fake news» relevées dans les articles de presse afin d'orienter les recherches ont été importées des Etats-Unis notamment où une véritable guerre oppose les pro-fluor et les anti-fluor. Pourtant, les résultats obtenus dans les autres pays ne sont pas transposables partout en Europe, et notamment en France, où la qualité de l'eau est très contrôlée et la supplémentation de l'eau en fluor n'est pas appliquée pour respecter les libertés de chaque individu. Le problème majeur est la désinformation du public due à

l'extrapolation de certains résultats de pays incomparables aux pays européens en termes d'exposition au fluor. Récemment, une analyse sur 300 posts en anglais sur le réseau social Instagram a calculé que 63% de ces derniers dénigrent le fluor (58). Cela prouve à quel point la population craint le fluor, sans vraiment en connaître la raison et sans chercher à approfondir les problèmes qu'on lui associe.

Concernant l'utilisation du fluor en Odontologie, tout est question de dose. En effet, les précédents résultats prouvent que le fluor à haute dose est bel et bien toxique et peut provoquer des troubles divers et variés tels que des problèmes thyroïdiens, des troubles cognitifs, des fluoroses dentaires et osseuses. Il est cependant important de relativiser tant la dose nécessaire au développement de tels troubles est élevée et les risques minimes si le fluor est utilisé à bon escient.

Toutes les études analysées dans cette revue de littérature contiennent un certain nombre de biais puisque l'éthique doit être respectée. Les études prospectives et contrôlées, difficiles à mettre en place apparaissent moins susceptibles aux biais que les études rétrospectives non contrôlées. Toutes les allégations concernant le rôle que pourrait jouer le fluor dans le développement des pathologies citées sont basées sur des études transversales d'association et non sur des études de cause à effet, ce qui réduit considérablement leur puissance (35).

Cancers

Aux vues de ce qu'indique la littérature à propos du rôle que jouerait le fluor dans l'apparition de cancers, et plus particulièrement de l'ostéosarcome, un consensus semble se dégager. En effet, de toutes les études et revues analysées (1-9), aucune n'incrimine le fluor dans l'apparition de cancers.

Nous pouvons cependant remarquer que ces études proviennent majoritairement d'Amérique du Nord (1,7,8), ainsi que de Grande-Bretagne (2,3,4,5,6,10). Il serait donc intéressant de mener de plus amples recherches dans des zones où l'exposition au fluor est très élevée telles que la Chine ou l'Inde pour pouvoir tirer de réelles conclusions sur ce potentiel effet secondaire.

Bien qu'il faille rester vigilant et que des études futures démontreront peut-être un jour que le fluor est responsable de certains types de cancers, il n'est à l'heure actuelle pas justifié de craindre le fluor pour son présumé rôle cancérigène. Dans l'esprit de la population générale sans connaissances scientifiques médicales particulières, le mot cancer possède logiquement une connotation extrêmement négative, et est directement associé à la mort. De ce fait, son association au fluor dans certains articles destinés au grand public produit

chez ce dernier un électrochoc le poussant à s'opposer au fluor.

Thyroïde

La plupart des études retenues démontrent un lien de causalité entre consommation excessive de fluor et troubles endocriniens notamment thyroïdiens. En effet, le fluor interagirait avec la thyroïde et altérerait les taux des hormones TSH, T3 et T4. Deux études (19, 21) ont évoqué le fait que le statut nutritionnel de l'individu entre en compte dans le risque de développer des troubles thyroïdiens, puisqu'un apport suffisant en iode augmente la dose de fluor nécessaire à l'apparition de désordres hormonaux. Il faudrait donc une déficience importante en iode associée à une consommation excessive de fluor pour provoquer des problèmes thyroïdiens.

Plusieurs remarques peuvent être faites à propos des trois études ne mettant pas en lien le fluor et les désordres thyroïdiens. L'étude de Hosur et al. (23) est rétrospective, ne comporte que 10 témoins, et mesure uniquement le taux de fluor de l'eau de consommation sans considérer les autres sources de fluor. L'étude de Shaik et al. (21) nous apprend que la nutrition de l'individu joue un rôle majeur dans l'équilibre thyroïdien. Cependant, la consommation totale de fluor n'est pas prise en compte dans le calcul mais seulement la teneur en fluor de l'eau de consommation. L'étude canadienne de Barberio et al. (22) affirme que le fluor ne cause pas de désordres thyroïdiens. Celle-ci semble robuste et les critères de jugement fiables puisque la concentration en fluor dans les urines est prise en compte. Cela prouve qu'à des doses raisonnables et contrôlées, le fluor ne cause pas de troubles thyroïdiens. Cette étude, valable pour la population Canadienne, est transposable en France où l'exposition au fluor est moindre du fait de la non fluoration de l'eau publique.

Une autre étude réalisée au Canada en 2018 affirme quant à elle que le fluor est à l'origine de problèmes thyroïdiens (19). Cependant, plusieurs conditions seraient nécessaires au développement de pathologies thyroïdiennes : que les urines possèdent un taux de fluor très élevé reflétant une exposition très importante et un déficit sévère en iode. Ces deux conditions réunies pourraient être à l'origine d'une hypothyroïdie

Même si les résultats de la majorité des études orientent vers l'existence d'un lien, les conclusions sont tout de même à nuancer puisque ces études sont toutes rétrospectives et comportent donc de très nombreux biais. De plus, ces articles se focalisent majoritairement sur l'exposition au fluor présent dans l'eau de consommation ou sur l'exposition globale au fluor. Cette seconde alternative semble être la mieux adaptée à

l'étude des effets néfastes du fluor. Cependant, aucune étude ne s'intéresse uniquement à l'exposition au fluor via les produits utilisés en Odontologie. Il est donc impossible de savoir précisément quel rôle jouent ceux-ci dans le développement de désordres thyroïdiens.

Cognitif

Les effets du fluor sur les fonctions cognitives et notamment le Quotient Intellectuel de l'individu ne sont pas encore bien compris mais la plupart des études et des revues de littérature analysées dénoncent les effets délétères que pourrait avoir le fluor sur les capacités intellectuelles de l'enfant exposé à la fois durant la grossesse de la mère mais aussi durant ses premières années de vie.

L'idée reçue que le fluor est utilisé pour contrôler les populations et les asservir depuis de nombreuses décennies provient donc très certainement des conclusions d'études de ce type. En effet, beaucoup d'articles de presse public évoquent « le rôle que jouait le fluor dans les massacres perpétrés par les nazis ou encore le fait que certains états pratiquent la fluoration de l'eau du réseau public dans le but de manipuler les masses et de rendre les populations dociles ».

Les études démontrant que le fluor a un impact négatif sur le QI de l'enfant ont été réalisées dans des régions du monde où le taux de fluor dans l'eau est excessif, à savoir l'Inde, la Chine ou encore le Mexique. Puis, d'autres études ont été réalisées dans des pays où l'eau n'a pas la même teneur en fluor et les résultats ont été les mêmes. Ces résultats significatifs, parfois discutables, ont été extrapolés par les individus anti-fluor et ont été tournés de sorte à le dénigrer. Aucun fondement scientifique ne vient appuyer cette théorie et les études fiables n'évoquent qu'une légère baisse de QI, pas une chute considérable de ce dernier, abrutissant des populations entières.

La seule étude ne mettant pas en lien la consommation excessive de fluor et les troubles cognitifs est l'étude néo-zélandaise de Broadbent de 2017 (24) qui statue que la plupart des autres études sont biaisées par le statut rural ou urbain des participants qui n'a pas été pris en compte. Selon cette étude, il existe deux biais importants : le QI des populations dites « rurales » est souvent moins élevé que celui des populations dites « urbaines » et la qualité de l'eau est bien souvent meilleure car davantage contrôlée dans les zones urbaines que rurales.

Bien que la majorité des études analysées soient en faveur d'un lien entre fluor et troubles cognitifs, la dose de fluor semble devoir être très élevée pour causer ces troubles.

La revue de littérature de Philippe Grandjean (34) met en évidence que le fluor consommé précocement par le jeune enfant est neurotoxique et pourrait influencer sur ses

capacités intellectuelles futures. Une grande prudence est alors à adopter pour éviter une exposition trop importante au jeune enfant. La barrière hémato-encéphalique n'est complètement formée chez l'enfant qu'après 6 mois de vie (14). Les premières années de vie sont également déterminantes pour le développement des fonctions cognitives comme l'évoque l'étude de Till et al. (25) qui démontre une altération du QI chez les enfants de moins de 6 mois exposés au fluor. Quoi qu'il en soit, avant 6 mois, le brossage des dents n'est pas nécessaire puisqu'aucune dent n'est présente. Entre 6 mois et 2 ans, le dose de dentifrice recommandée est équivalente à un grain de riz (48) et n'est donc pas suffisante pour exposer l'enfant à des troubles cognitifs futurs. Le dentifrice et les produits dentaires de manière générale ne sont donc pas à l'origine de troubles cognitifs chez l'enfant. La principale source potentielle d'exposition au fluor chez le jeune enfant est donc l'eau courante. Or, comme évoqué précédemment, l'eau de consommation en France n'est pas artificiellement fluorée.

Sachant que l'exposition au fluor via l'eau de consommation est très basse en France du fait de la non fluoration de l'eau et que l'exposition aux produits dentaires est censée être très basse si les recommandations sont correctement suivies, nous pouvons conclure que les « fake news » conférant au fluor une toxicité neurologique ne sont pas fondées en Europe.

Enfin, le rôle supposé que jouerait le fluor dans l'apparition de l'autisme (14) (33) et d'Alzheimer (31) n'est pas totalement fondé et trop peu d'études évoquent ce lien. Ce dernier n'est donc pas clairement prouvé et d'autres études plus approfondies sont à prévoir pour valider cette hypothèse.

Toutes les études analysées ici prouvent que c'est essentiellement l'eau de consommation qui seraient responsable de troubles cognitifs chez l'être humain et non les produits dentaires.

Fluorose dentaire

La fluorose dentaire est l'effet secondaire du fluor le mieux documenté et le rôle que joue le fluor dans son apparition ne fait aucun doute. C'est également le seul effet secondaire causé de façon certaine par les produits utilisés en Odontologie et c'est sur ce point que les « fake news » se basent pour alarmer le grand public. Le risque de développer une fluorose à cause du dentifrice et les conditions nécessaires à l'apparition de celle-ci restent difficiles à déterminer et aucun consensus n'a pour le moment été trouvé. La fluorose dentaire se caractérise par des stries blanchâtres ou des taches sur la surface de la dent. Elle apparaît principalement lorsque le fluor est ingéré en trop grande quantité avant l'âge de 6 ans. Ce phénomène se produit durant les phases de

sécrétion et de maturation de l'amélogenèse durant lesquelles le fluor a la plus de chance de s'incorporer à la matrice amélaire, c'est à dire avant l'âge de 4 ans pour les incisives et les premières molaires (59) voire avant l'âge de 3 ans selon une étude américaine (40), et entre 4 et 6 ans pour les prémolaires et les secondes molaires. Les études et revues de littérature analysées s'accordent toutes dans ce sens (40,41). Le risque est le plus important entre 12 mois et 24 mois, période à laquelle se forment les incisives permanentes (46). Seuls les enfants sont donc concernés par ce risque. Donc, le fluor ne peut en aucun cas causer de fluorose dentaire aux adolescents et aux adultes. L'adulte ne devrait donc pas craindre le fluor pour le seul motif du risque d'apparition de fluorose dentaire.

Apports globaux en fluor

L'étude de Ayoob et al. (37) indique que la prévalence de la fluorose dentaire est de 48% dans les zones où l'eau a une concentration en fluor de plus de 1ppm contre 15% dans les zones où l'eau est non fluorée. Cette étude apporte plusieurs informations. La première est que l'eau de consommation fluorée est un facteur de risque pour le développement de la fluorose dentaire. Les « fake news » se focalisent pour la plupart sur le fluor contenu dans le dentifrice mais informent-elles du risque que présente le fluor dans l'eau de consommation ? Selon une autre étude, seulement 20% du fluor total ingéré provient du dentifrice (43). Il est donc irrationnel d'arrêter le dentifrice au fluor sans se soucier de la place prépondérante que joue l'eau de consommation dans l'apparition de fluorose dentaire, tout en sachant que le dentifrice fluoré a un rôle évident dans la lutte contre la carie dentaire. Deuxièmement, il est nécessaire de nuancer ces chiffres. En effet, les critères d'évaluation de la fluorose dentaire ne sont pas clairement définis. Il n'est pas mentionné à partir de quel degré d'atteinte la fluorose est comptabilisée. Or, la fluorose peut concerner l'ensemble des dents ou n'être limitée qu'à un simple point à la surface d'une dent. Enfin, la proportion d'individus présentant une fluorose inesthétique représenterait 12,5% de la population dans les zones fluorées contre 6,3% dans les zones non fluorées soit à peine deux fois plus (37). Pourtant la prévalence des fluoroses est plus de 3 fois supérieure dans les zones fluorées que dans les zones non fluorées. Ces résultats semblent donc contradictoires.

Les apports globaux en fluor de l'enfant doivent donc être estimés afin de ne pas augmenter le risque de fluorose.

Concentration en fluor du dentifrice

De toute évidence et selon de très nombreux articles, le dentifrice fluoré est plus efficace que le dentifrice non fluoré (39,48,60). En revanche, la concentration idéale en fluor de ce dernier fait toujours débat.

Selon différents articles, un taux de fluor trop faible dans le dentifrice n'est pas suffisant pour lutter contre la carie dentaire et ne diminue pas non plus le risque de développer une fluorose dentaire. Ainsi, un dentifrice à 400ppm s'avérerait inefficace contre la carie dentaire mais pourrait tout de même être à l'origine de fluoroses dentaires (36, 47, 48). En revanche, un dentifrice au taux de fluor trop élevé augmenterait grandement le risque de fluorose dentaire (2). La revue Cochrane de Wong et al. de 2010 affirme même que le risque de fluorose dentaire est le même pour un dentifrice à 400ppm qu'un dentifrice à 1450ppm (61). La notion de balance bénéfiques/risques est donc très importante (60).

Les recommandations les plus récentes provenant de l'EAPD et datant de 2019 (48) sont en faveur de l'utilisation d'un dentifrice à 1000ppm pour limiter le risque de fluorose dentaire et ainsi maximiser l'effet protecteur vis-à-vis de la carie dentaire. Toutefois, l'EAPD elle-même reconnaît que de plus amples recherches sont nécessaires pour déterminer si cette allégation est vraie et pour déterminer la dose précise de dentifrice et la concentration en fluor de ce dernier à employer chez les jeunes enfants. Un dentifrice plus riche en fluor pourra alors être employé après 6 ans (46).

Quantité de dentifrice utilisée et ingérée

Les revues Cochrane datant de 2010 et 2011 (38,46) concluent que la fréquence de brossage et la quantité de dentifrice utilisée à chaque brossage ne sont pas à l'origine de fluorose dentaire mais que ce phénomène serait plutôt lié à la quantité ingérée et à la concentration du dentifrice. Cette conclusion n'est que partiellement vraie puisque, même si ce ne sont pas les deux facteurs les plus importants, un brossage trop fréquent et une quantité de dentifrice trop importante augmenteront quasi-obligatoirement la quantité de dentifrice ingérée, qui constitue le risque majeur.

Concernant la dose de dentifrice avalée en moyenne, elle correspond à 30% de la dose utilisée pour le brossage chez les enfants de 48 mois, de 26% chez ceux de 72 mois et non définie chez ceux de 24 mois (62).

Plus que la quantité de dentifrice utilisée et la fréquence de brossage (46), il semble donc que c'est principalement la quantité de dentifrice ingérée à chaque brossage qui conditionne le risque de fluorose dentaire. Pour limiter la quantité ingérée, toutes les études s'accordent à dire que la dose placée sur la brosse à dents est prépondérante. En effet, une quantité de la taille d'un petit-pois (44,61,63) voir d'un grain de riz avant 2 ans (35) limite grandement la quantité ingérée et donc le

risque de fluorose dentaire. Une brosse à dents adaptée aux enfants possédant une petite tête pourra être utilisée pour inciter à placer moins de dentifrice sur celle-ci, un tube de dentifrice avec un orifice plus étroit tendra à limiter la dose placée sur la brosse et le choix d'un dentifrice au parfum neutre peuvent s'avérer de bons moyens de lutter contre le risque de fluorose dentaire. En effet, un dentifrice au goût agréable incitera les enfants à placer plus de dentifrice sur la brosse et à en ingérer davantage lors du brossage, ce qui augmente le risque de fluorose (56).

Les bains de bouche ne sont pas recommandés avant l'âge de 6 ans dû au risque trop enlevé d'ingestion.

La dose de fluor nécessaire pour lutter contre la carie dentaire peut être atteinte uniquement en utilisant du dentifrice, dosé convenablement, utilisé en quantité adéquate et employé selon les recommandations actuelles. Le problème provient du fait que le dentifrice n'est pas utilisé correctement par une importante partie de la population. La dose utilisée est bien souvent supérieure à la dose recommandée.

Fluorose osseuse

Très peu d'études évoquent les conditions d'apparition exactes de la fluorose osseuse. Les articles existants à ce sujet et évoquant des cas de cette pathologie proviennent essentiellement de zones chaudes où l'eau contient un taux de fluor très élevé (51), à savoir l'Inde, la Chine, le Mexique ou encore le continent africain (37). La sévérité de la fluorose osseuse dépendrait de plusieurs facteurs telle que la teneur en fluor de l'eau, la quantité d'eau consommée, la qualité de cette eau et le statut nutritionnel de l'individu (35).

Les rares cas de fluoroses osseuses dues au dentifrice (55- 57) sont un parfait exemple pour démontrer que ce dernier n'est pas à l'origine de fluorose osseuse s'il est utilisé de manière raisonnée. En effet, les 3 cas de survenue correspondent à des prises énormes qui restent exceptionnelles et ne reflètent pas la dangerosité réelle du dentifrice fluoré. On peut donc en conclure qu' hormis quelques rares cas où le dentifrice fluoré est employé de façon irrationnelle, il n'est pas responsable de fluoroses squelettiques.

Intoxication aiguë

Enfin, il convient de relativiser le risque d'une intoxication aiguë au fluor tant celle-ci est rare et peu probable si les consignes d'utilisation du dentifrice sont bien respectées. On retrouve dans la littérature quelques exemples.

L'intoxication aiguë via l'eau de consommation serait peu probable puisqu'il faudrait pour un enfant de 20kg consommant de l'eau fluorée à 0,7ppm (ce qui est déjà bien plus élevé que le fluor présent dans l'eau de consommation en France) ingérer 143 litres d'eau (64).

Le seul risque à considérer concerne donc les produits dentaires à savoir le dentifrice, les bains de bouche ou encore les suppléments fluorés. Plusieurs bons gestes sont alors à adopter pour éviter tout risque d'empoisonnement aigu au fluor, à savoir ne pas laisser

les produits dentaires à la portée de l'enfant, choisir un parfum au goût neutre pour ne pas favoriser son ingestion, favoriser un emballage résistant... L'éducation des parents peut être réalisée par le dentiste voire par tout autre professionnel de santé (65).

RADIOLOGIE

MATERIELS ET METHODES

Pour cibler la recherche d'articles scientifiques et orienter les recherches vers les effets présumés néfastes de la radiologie dentaire les plus fréquemment cités, plusieurs articles de presse se trouvant sur internet destinés au grand public ont été sélectionnés puis analysés.

Nous avons réalisé cette revue de littérature en interrogeant les bases de données en ligne Pubmed, Cochrane, Embase, The Lancet ainsi que Supernova, afin de rechercher des articles scientifiques traitant la radiographie dentaire et les dangers liés aux rayons X, des données actuelles sur ce sujet et des recommandations en vigueur en 2020. Nous nous sommes appuyés également sur les informations mises à notre disposition par la HAS, l'UFSBD et l'INRS via leurs sites respectifs et leurs fiches à l'attention du public et des professionnels de santé. Les articles de presse publics sont des articles libres d'accès et entièrement gratuits.

Concernant les articles de presse, destinés au grand public, les mots clés employés pour la sélection des articles

sont : Radiographie dentaire, Danger, Cancer, Irradiation. Le nombre d'articles étant très important, nous avons sélectionné uniquement les articles rédigés de manière claire, en français et en anglais et accessible gratuitement dans les premières pages du moteur de recherche. Ces articles ont permis de mettre en lumière certains aspects controversés de la radiographie en odontologie.

En ce qui concerne les articles scientifiques, les mots-clés ayant permis de réaliser la bibliographie sont les suivants : Dental X-ray, Adverse effect, danger, Cancer, Ionizing radiation, Health effect, Risk. Ont été exclus les articles payants, les articles antérieurs à 1985, les articles dans une autre langue que le français et l'anglais.

Ainsi, au vu du grand nombre d'articles recensés sur la radiographie, une sélection a été effectuée de manière à ne retenir que les articles pertinents, suffisamment récents et en rapport avec l'odontologie de manière à répondre à la question posée.

RESULTATS

Si les patients sont régulièrement exposés aux radiographies dentaires au cours de leurs vies, leurs connaissances de celles-ci restent faibles et font l'objet d'une certaine méfiance et de nombreuses interrogations permettant aux « fake news » de proliférer et d'influencer le grand public.

Du fait de la proximité de la cavité buccale avec la tête et le cou, de nombreux articles pointent du doigt le potentiel tumoral des rayonnements ionisants issus des radiographies dentaires et son implication dans le développement de cancers, notamment de la glande thyroïde, des glandes salivaires et du cerveau. C'est sur ces différents points que nous avons concentré nos recherches.

De cette recherche, 25 articles issus de la presse publique ont été sélectionnés et analysés, dont 1 article concernant les tumeurs de la glande thyroïde, 9 articles concernant les tumeurs cérébrales et 15 articles concernant les risques de cancer de manière générale.

Concernant la littérature scientifique, 32 articles scientifiques ont été retenus dont 2 articles concernant les tumeurs des glandes salivaires, 6 articles concernant la glande thyroïde, 8 articles concernant les tumeurs du cerveau, 18 articles concernant les risques pour la santé de manière générale.

Les critères de sélection des articles sont présentés dans la Figure 7 en annexe. Les analyses des articles sélectionnés sont présentées en annexe dans les tableaux 1 à 3.

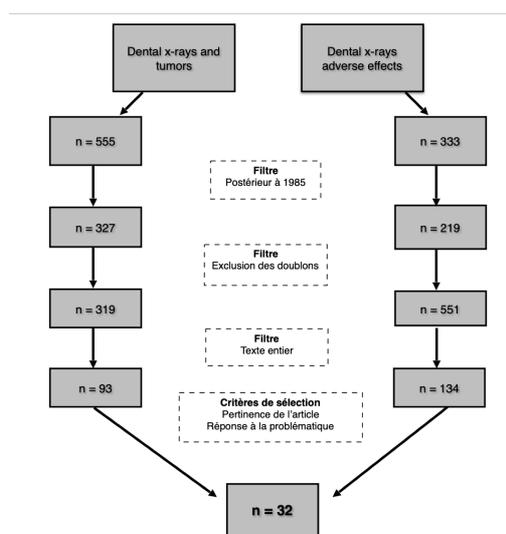


Figure 7 : Méthode de sélection des articles scientifiques concernant les rayons-X

Tumeurs des glandes salivaires

Lors des radiographies dentaires, les glandes salivaires sont principalement exposées aux rayonnements ionisants. Afin d'analyser les effets des rayons-x sur les glandes salivaires, deux articles ont été retenus. Le tableau 4 (en annexe) consigne les éléments d'analyse de ces articles.²

Un premier article, datant de 1990 (25) et regroupant 5 études épidémiologiques, semble montrer que les radiographies dentaires et plus largement les radiographies de diagnostics subies par les patients au cours de leurs vies augmenteraient le risque de cancers des glandes salivaires. Il est également mentionné que 85% des doses de radiations reçues par les patients au cours de leurs vies, au niveau de la glande thyroïde, seraient des rayonnements issus de radiographies dentaires.

Le second article datant de 1988 (24) présente les résultats d'interviews de 408 patients atteints de tumeurs de la glande parotide (269 de tumeurs bénignes et 139 de tumeurs malignes) et de 408 patients indemnes sélectionnés dans la ville de Los Angeles. Les résultats obtenus mettent en évidence une implication des rayons X d'origine dentaire et médicale dans le développement de ces tumeurs. Il est également mentionné qu'environ 28% des tumeurs malignes sont dus à des expositions de rayonnements lors de radiothérapie. Cette étude met en évidence une relation entre la dose reçue et le développement de tumeurs: une exposition importante et répétée aux rayons X serait impliquée dans le développement de tumeurs malignes et bénignes.

Tumeurs de la glande thyroïde

Les radiographies dentaires pourraient être également impliquées dans le développement de tumeurs au niveau de la glande thyroïde. Pour étudier la relation entre les deux, trois revues de littératures, deux études cas-témoin, une étude statistique et une étude de cohorte ont été retenues sur ce sujet. Le tableau 5 (en annexe) consigne les éléments d'analyse de ces articles.

Une étude cas-témoin réalisée en 1995 (16) reprend les données de 484 personnes atteintes d'un cancer de la thyroïde papillaire ou folliculaire diagnostiqué entre 1980 et 1992, parmi les résidents de la région de soins de santé d'Uppsala (ville suédoise). Un nombre égal de sujets témoins appariés selon l'âge, le sexe et le comté de résidence de la population générale suédoise a également été sélectionné. Les résultats indiquent que pour un même nombre de radiographies subies entre les deux groupes, et pour des expositions aux rayons X survenus avant 1960 où les doses d'irradiations étaient plus importantes que celles émises aujourd'hui, sur des sujets souvent enfants ou adolescents et donc avec une suscep-

tibilité accrue aux rayonnements, il n'y a pas de risque relativement significatif entre l'apparition de tumeurs et l'exposition aux rayons X. Ces données indiquent que le risque de cancer de la thyroïde dû aux rayons X émis lors d'examen de diagnostics médicaux est très faible.

En revanche, une première étude coréenne de 2018 (14) a réalisé une revue systématique et une méta-analyse de 9 études issues de 12 publications sélectionnées depuis Pubmed et Embase. Après analyse, les risques relatifs obtenus de ces différentes études ont montré une association positive entre l'exposition aux CBCT et aux radiographies dentaires et l'apparition de tumeurs de la glande thyroïde.

Une seconde étude coréenne (15) a sélectionné et analysé 5 études (4 cas-témoin et une cohorte) provenant de différents pays (trois études proviennent de Suède, une du Koweït et une autre des Etats-Unis), réalisées entre 1993 et 2010, concernant les rayonnements ionisants d'origine dentaire et leurs effets sur la thyroïde. Quatre de ces cinq études montrent un lien significatif entre l'exposition aux rayons-X et l'apparition de tumeurs.

Une autre étude cas-témoin de 2010 (19) réalisée au Koweït, et déjà évoquée dans l'étude précédente (15) a regroupé 313 patients atteints de cancer de la glande thyroïde pour un même nombre de patients témoins appariés selon l'âge, le genre, la nationalité et le lieu de résidence. Cette étude, se basant sur les déclarations et les souvenirs des patients a mis en évidence un risque relatif mettant en évidence une association entre exposition et apparition de tumeurs de la glande thyroïde. Comme pour les études précédentes (14 et 15), le type de radiographie dentaire étudié n'a pas été précisé.

Dans le même sens, une autre revue de littérature britannique (20) réalisée en 2019, incluant sept études sur les tumeurs de la glande thyroïde (six cas-témoin et une cohorte) rejoint les conclusions des trois précédents articles en précisant que ce sont les expositions multiples (ou répétées) aux radiographies dentaires qui sont significativement associées à un risque accru de cancer de la thyroïde.

Neta et al. (22) ont mené une étude de cohorte prospective aux Etats-Unis auprès de 75 494 techniciens en radiologie ayant répondu à une série de trois questionnaires (premier questionnaire entre 1983 et 1989, un deuxième questionnaire entre 1994 et 1998 et un troisième questionnaire entre 2003 et 2005) ayant déclarés avoir un cancer de la glande thyroïde. Une association positive a été retrouvée pour les radiographies dentaires réalisées avant 1970 mais pas pour celles réalisées après 1970, conséquence des doses plus faibles délivrées par les radiographies dentaires au cours de ces dernières décennies.

Enfin, Chang et al. (32) ont constaté que les doses de radiations reçues par la thyroïde lors des radiographies dentaires réalisées en 1930 sont passées de plusieurs centaines de mGy à quelques dizaines de mGy actuellement. Cette diminution s'explique principalement par le progrès du matériel employé et des mesures de radioprotection contribuant ainsi à diminuer de manière conséquente les risques pour le patient.

Tumeurs du cerveau

Un autre effet controversé des rayons-X d'origine dentaire, concerne leur potentiel rôle dans le développement de tumeurs bénignes et/ou malignes au niveau du cerveau. Quatre études cas-témoins, deux études statistiques, deux revues de littérature et une étude épidémiologique ont été retenues. aux rayons X. Le Tableau 6 (en annexe) consigne les éléments d'analyse de ces articles.

Le premier article paru en 1990 (24) et évoqué précédemment dans les tumeurs des glandes salivaires met en évidence le rôle des rayons X et plus particulièrement des rayons X dentaires délivrés lors d'examen de dépistage dans l'apparition de tumeurs.

Claus et al. (9) ont mené une étude cas-témoins aux États-unis, regroupant 1433 patients atteints d'un méningiome intracrânien confirmé histologiquement entre 2006 et 2011, âgés de 20 à 79 ans, et 1350 patients témoins appariés selon l'âge, le sexe et le lieu de résidence. Les données concernant les patients ont été collectées par interviews téléphoniques et analysées selon le risque relatif. Il en ressort que les patients ayant reçu des bitewings et des panoramiques dentaires lorsqu'ils étaient jeunes ou de manière plus fréquente que les autres patients avaient plus de risques de développer un méningiome. Cette association était surtout vraie par le passé, lorsque les doses de radiations étaient plus élevées.

Elliott Abt (3), reprend l'étude précédente (9) et critique les résultats obtenus. Selon lui, la méthodologie, la collecte des informations, les critères de jugements font apparaître de nombreux biais rendant les résultats difficilement interprétables et lisibles.

Selon la revue de littérature de Memon et al. (20), regroupant 8 études cas-témoins sur les méningiomes, le risque serait suffisamment significatif seulement lors d'expositions répétées (ou multiples) aux rayons-X dentaires.

En revanche, une étude cas-témoins parue en 2004 (18), de patients sélectionnés dans l'État de Washington aux États-Unis, regroupant 200 cas présentant un méningiome intracrânien confirmé histologiquement entre 1995 et 1998. Pour chaque cas, deux patients témoins ont été appariés selon l'âge et le sexe de manière à augmenter la puissance de l'étude. Les expositions aux rayonnements ionisants ont été déterminées lors d'une entrevue en personne. Les auteurs évoquent un risque

suffisamment significatif seulement dans le cas de bilans long-cônes. Le risque serait très faible pour les autres types de radiographies (rétro-alvéolaires, bitewings et panoramiques). Ceci s'explique par le fait que les bilans long-cônes étaient beaucoup plus fréquents et communs par le passé comparé à aujourd'hui, et que les doses délivrées étaient beaucoup plus élevées.

Cette corrélation n'est pas retrouvée par d'autres articles (28, 21) qui mettent en évidence une absence d'association significative entre l'exposition aux rayons X et le développement de méningiome. Comme pour l'étude de Longstreth et al (18), Xu et al. (28) affirme que les bilans long-cône présentent un risque supérieur pour le patient comparé aux autres types de radiographies dentaires.

Enfin, Lin et al. (31) mentionne le fait qu'il existe un lien entre l'exposition aux rayons-X dentaires et l'apparition de tumeurs bénignes. Ce lien n'est en revanche pas retrouvé dans l'apparition des tumeurs malignes.

Rayons X et risque pour la santé

D'une manière générale, les rayons-x sont responsables d'altérations au niveau des cellules pouvant entraîner une multitude de répercussion au niveau de notre santé. Le tableau 4 (en annexe) consigne les éléments d'analyse de ces articles.

Une étude brésilienne (7), une étude égyptienne (12) et une étude coréenne (15) mettent en évidence l'effet génotoxique des rayons X dispensés lors des radiographies dentaires au niveau de la muqueuse buccale. Hwang et al. (15) affirme également que les rayonnements ionisants pourraient être à l'origine d'autres maladies, comme la cataracte ou un faible poids de naissance chez le nouveau-né.

Halboub et al. (13) ont mené une étude sur un praticien Syrien ayant développé un carcinome du pouce après 15 ans de pratique. Cette tumeur est la conséquence directe de l'exposition aux rayons X et du non-respect des règles de radioprotection en vigueur. Cette étude nous offre une preuve directe et certaine de la dangerosité des rayons dentaires dans le développement de tumeurs

De nombreux articles font référence au CBCT (Cone Beam Computerized Tomography), permettant l'obtention d'imagerie en 3D. Une étude polonaise (27) et une étude brésilienne (10) pointent du doigt le fait que les rayonnements ionisants issus de ces examens 3D sont responsables d'altérations génétiques au niveau de la muqueuse buccale. Wrzesien et Olszewski (27) ajoutent également que les doses délivrées lors des examens 3D sont très supérieures à celles des examens 2D, et par conséquent, plus dangereuses.

Dans le même sens, une revue de littérature publiée en 2012 (26) et une étude de 2013 publiée aux États-Unis (6), recommandent de n'utiliser cet examen que lorsque

le bénéfique est supérieur au risque et permet d'améliorer la situation clinique de manière significative.

En revanche, Aanenson et al. (1) mettent en évidence à travers leur étude un risque faible de cancer dû aux rayonnements ionisants émis lors des CBCT mais nous mettent cependant en garde contre l'augmentation de l'utilisation du CBCT, notamment chez les jeunes patients.

Une autre étude brésilienne publiée en 2007 (25), étudiant les conséquences des rayonnements sur des patients adultes et enfants conclut sur le fait que les rayonnements ionisants délivrés lors d'une radiographie panoramique n'induisent pas forcément de lésions chromosomiques et que les enfants ne seraient pas plus susceptibles aux rayonnements que les adultes.

Dans le même sens, l'American Dental Association (4), rappelle les bonnes pratiques concernant la radioprotection pour les CBCT et insiste sur la nécessité de limiter au minimum chaque exposition en justifiant au cas par cas l'utilité ou non de cette exposition. Une autre étude taïwanaise sur le CBCT (29), conclut que le risque pour les enfants exposés ponctuellement à ce type d'examen est faible. Conclusion également partagée par Antonio et al (5), pour les enfants exposés aux radiographies panoramiques.

Une étude australienne, réalisée par P. Abbott (2), a comparé les doses de radiations issues des radiographies dentaires avec d'autres activités de la vie quotidienne. Par exemple, un vol en avion de l'Australie vers l'Europe équivaut à environ 140 uSv, ce qui représente environ 15 jours de doses de radiations naturelles. Par comparaison, une radiographie dentaire intra-orale équivaut à environ 3 uSv, ce qui représente environ 20 heures d'expositions naturelles. Ces différentes comparaisons mettent en évidence le faible risque des rayons-X dentaire dans l'apparition de phénomènes tumoraux. Cependant, même s'il reste faible, ce risque existe et doit être limité au maximum par le praticien.

Concernant les effets des rayonnements ionisants chez la femme enceinte et le fœtus, Kellaranta et al. (17) ont démontré que le risque de cancer chez la femme enceinte et surtout les risques concernant le fœtus sont très minimes et que la grossesse ne doit jamais être une contre-indication à une radiographie si cela est jugé nécessaire. Cet article insiste également sur le fait que la nécessité d'une protection en plomb pour la femme enceinte et le fœtus n'a pas été démontrée de manière pertinente même si il est tout de même recommandé, d'en utiliser une dans une démarche préventive.

Comparable à l'étude de Chang et al. (32), Fontana et al. (30) ont observé l'évolution des doses de radiations émises au niveau des organes lors des radiographies dentaires de 1940 à 2009. Il en ressort de cette étude, que les doses délivrées actuellement sont très faibles par rapport au passé, contribuant ainsi à protéger la santé du patient.

Enfin, une revue de littérature de 1970 à 2019 (8), indique que le nombre d'études à disposition est faible et que les résultats obtenus sont générés à partir d'études mal conçues. Il est donc difficile d'obtenir des résultats fiables à partir de méthodes reproductibles.

DISCUSSION

La littérature scientifique issue de ce sujet, bien que moins étoffée que celle concernant le fluor, nous offre un certain nombre d'articles concernant les effets des rayonnements ionisants sur notre organisme. Des articles mettant en lien les radiographies dentaires et les tumeurs des organes à proximité de la cavité buccale et donc exposés lors des radiographies ont été recherchés. Les rayonnements ionisants issus des appareils de radiographies dentaires sont la principale source d'exposition aux rayons X, des patients en bonne santé. Il est donc logique que ces mêmes patients s'intéressent à ce sujet et le questionnent. Le but de cette revue de littérature est de faire le point sur les connaissances actuelles, d'analyser et de questionner les résultats collectés pour savoir s'ils sont exploitables, justifiés et ainsi permettre de répondre à la problématique posée.

Une grande partie des études s'accordent sur le fait que les doses de radiations issues des radiographies dentaires ont très largement diminué (30,32) au cours des dernières décennies, atténuant ainsi le potentiel iatrogène de ces rayonnements.

C'est un premier point important car si les études sélectionnées dans cette revue de littérature sont postérieures à 1985, de manière à obtenir des données cohérentes et comparables avec les données actuelles, il n'en demeure pas moins que de nombreuses études s'appuient sur des données antérieures à 1985 ce qui peut représenter un biais dans l'exploitation et la conclusion des résultats obtenus. Des pathologies tumorales déclarées au cours des dernières années sont le résultat de radiographies réalisées il y a des dizaines d'années, avec non seulement une dose individuelle par radiographie beaucoup plus élevée qu'actuellement et des patients présentant une dose cumulée au cours des années très importante.

Cette diminution progressive des doses de radiations émises lors des radiographies dentaires peut s'expliquer premièrement, par le développement et l'apparition de nouvelles technologies et de matériels comme le passage de la radiographie argentique à la radiographie numérique, qui ont permis de réduire drastiquement les doses délivrées aux patients lors des radiographies. Les capteurs sont plus fins et plus précis, les images plus nettes et le numérique permet une obtention immédiate de la radio et d'utiliser des filtres permettant une meilleure lisibilité et une meilleure compréhension pour le praticien d'une part, et pour le patient d'autre part. À cet élément, nous pouvons ajouter le fait que les recommandations et la radioprotection mise en place au sein des ca-

binets dentaires ces dernières décennies ont permis une évolution des habitudes et des pratiques concernant ces examens complémentaires.

D'une manière générale, cette revue de littérature s'appuie sur peu d'articles. Ce qui est d'ailleurs souligné par une précédente revue de littérature qui estimait que le nombre d'études sur le sujet était faible et les études souvent mal conduites (8). Il n'existe pas de protocole international, clairement établi et reproductible pouvant permettre d'obtenir des résultats comparables et fiables entre les différents pays. Les études menées proviennent de pays du monde situés dans divers continents avec des disparités en termes de développement économique, de systèmes de santé et de protections sanitaires. Ces résultats sont d'autant plus biaisés que le matériel utilisé varie d'un pays à l'autre et que les doses délivrées et les réglementations en place dans chaque pays diffèrent. Ce sont pour la plupart des études cas-témoins, descriptives et rétrospectives incluant au mieux quelques milliers de patients: le nombre de participants n'est d'ailleurs pas suffisamment significatif et représentatif de la population générale exposée aux rayons X dentaires (quelques milliers contre plusieurs centaines de millions de patients à travers le monde chaque année) pour parvenir à un résultat fiable et irréfutable. C'est ce qui explique notamment des résultats contradictoires et divergents. Il est impossible, pour des raisons éthiques, d'irradier volontairement des patients afin de mesurer l'impact des rayons X et l'évolution des organes exposés à ces rayonnements.

Plusieurs études évoquées dans cette revue de littérature (17,19,9,20) se basent sur les déclarations et les souvenirs de patients présentant une pathologie tumorale et le nombre de radiographies dentaires que ceux-ci auraient subies au cours de leur vie: ces patients peuvent surestimer ou au contraire sous-estimer le nombre de radiographies dentaires ce qui peut fausser les résultats. A cette variable peut venir s'ajouter un grand nombre de biais (lieux de résidence, susceptibilité individuelle, histoire de la maladie...) susceptibles de fausser les résultats.

Il est à noter également que nous disposons d'un recul assez faible concernant ces différentes études (environ une cinquantaine d'années) menées à des périodes et des endroits différents et donc sans comparaison vraiment possible ni reproductibilité.

Si les études s'accordent globalement à dire que les radiographies telles que les bitewings et rétro-alvéolaires sont peu irradiantes et sans véritable dangers pour les patients (20, 30), elles sont en revanche moins unanimes concernant les radiographies panoramiques et les cone-beam. Certes, les radiographies panoramiques présentent une dose d'irradiation supérieure aux bitewings et rétro-alvéolaires (32, 28,18), il n'en reste pas moins qu'elles sont un bon examen de diagnostic et permettent d'obtenir un grand nombre d'informations pour une irradiation

relativement faible comparé aux bilans long-cône. Fréquemment employés par le passé, ceux-ci ont vu leur recours, par les praticiens, diminué au cours des années, au profit des radiographies panoramiques.

L'institut de radioprotection et de sûreté nationale a publié les valeurs des doses de radiations relatives aux radiographies dentaires: un cliché intrabuccal équivaut à 1 à 8 uSv contre 1 à 4 uSv pour un cliché céphalométrique, soit habituellement équivalentes à moins d'une journée d'exposition naturelle. Les doses délivrées par le panoramique sont plus variables (4 à 30 uSv), mais même celles qui se situent dans la fourchette haute sont équivalentes à quelques jours d'irradiation naturelle ou à une radiographie du thorax. Par comparaison, si l'on reprend les valeurs avancées par P. Abott (2), un scanner du cerveau est équivalent à 1 an d'exposition naturelle, à 4 ans pour un scan thoracique et 4 jours pour une radiographie thoracique. On se rend bien compte, à travers ces valeurs, que les doses retrouvées au niveau des radiographies dentaires sont très faibles comparé aux autres examens de diagnostics médicaux. Dans le même sens, si l'on reprend les valeurs de Chang et al. (32), consignées dans le tableau 8 consultable en annexe, concernant les doses reçues par la thyroïde lors de radiographies médicales et dentaires, il existe une différence significative de l'ordre de plusieurs mGy.

Concernant les cone-beams, si leur essor lors des vingt dernières années a permis aux praticiens d'accéder à une nouvelle solution diagnostique, il n'en reste pas moins que cet outil, bien que moins irradiant qu'un scanner, mais beaucoup plus qu'une panoramique (4 à 12 fois plus irradiants) doit être manié avec précaution, surtout chez les enfants, plus susceptibles aux rayonnements ionisants. Malgré une irradiation plus importante, le CBCT reste un examen de choix dans de nombreuses situations cliniques et apporte un bénéfice très intéressant pour la santé du patient.

Si les doses de radiations émises lors des radiographies dentaires sont relativement faibles et sans danger pour le patient, leurs utilisations répétées dans le temps peuvent conduire à l'accumulation d'une dose pouvant favoriser l'apparition de phénomènes tumoraux. Le devoir du praticien est donc de limiter au maximum l'usage des radiographies et d'appliquer les règles de radioprotection dans une démarche de santé publique.

Tumeurs des glandes salivaires

Directement exposées lors des radiographies dentaires, ces glandes peuvent subir des modifications à l'origine de tumeurs bénignes et malignes. Si les articles sélectionnés mettent directement en cause les rayons X dans le développement de tumeurs, on peut pour autant s'in-

terroger sur ces résultats. En premier lieu, ces articles datant de plusieurs dizaines d'années font référence à des appareils radiographiques et des doses de radiations difficilement comparables avec le matériel et les doses de radiations actuelles, ce qui est d'ailleurs souligné par Preston-Martin et White (26), expliquant que les doses de radiations ont considérablement diminué au fil du temps et qu'il n'est pas certain que les faibles doses actuelles puissent augmenter le risque de cancer. Concernant l'étude de Preston-Martin et al. publiée 1988 (25), le nombre de patients inclus reste faible (n=408) et les résultats extrapolés, ce qui est peu représentatif de la population générale de patients exposés aux rayons X dentaires. Toujours dans ce même article, il est mentionné que ces tumeurs sont dues à des radiographies de diagnostic médical et dentaire mais sans préciser la part de responsabilité respective de ces deux types d'exams dans l'apparition des tumeurs.

Tumeurs de la glande thyroïde

La glande thyroïde est une glande endocrine située au niveau du cou en avant de la trachée et impliquée dans la production d'hormones qui participent chez l'enfant à la croissance et au développement du corps à travers leurs actions sur le système nerveux et les os. Chez l'adulte, ces hormones jouent un rôle dans le fonctionnement du système nerveux et dans l'entretien des os. Si un certain nombre d'études (19,15,16,22,14) démontrent un lien de causalité entre l'exposition aux radiographies dentaires et l'apparition de tumeurs au niveau de la glande thyroïde, il convient de s'intéresser plus en détail à ces différentes études.

L'étude cas-témoins (19), réalisée au Koweït inclut des patients provenant de plusieurs endroits du globe, avec des âges différents augmentant par conséquent le nombre de biais et la difficulté d'interprétation de ces résultats. Neta et al. (22) ont mené une étude de cohorte sur des patients américains. L'article explique que 75% de la population étudiée fait référence à des radios dentaires réalisées avant 1970 où les doses de radiations étaient beaucoup plus importantes que celles délivrées aujourd'hui. Par ailleurs, aucune association n'a été retrouvée avec les radiographies dentaires pratiquées après 1970. D'autre part, cette corrélation est principalement expliquée par la fréquence à laquelle le patient est exposé à ces rayonnements: certes moins irradiantes, leurs utilisations de manière répétée peuvent aboutir à des doses cumulatives importantes à l'origine de phénomènes tumoraux. L'étude de Hwang et al. (15) se base sur quatre études cas-témoins et une étude de cohorte dont trois d'entre-elles incluent moins de 20 cas. Il n'est pas précisé le type, ni le nombre de radiographies dentaires subies par ces mêmes patients. Il est donc difficile de donner une grande valeur à ces résultats. De plus, cette étude s'appuie sur les résultats de deux articles (19

et 22) précédemment évoqués et soumis eux-mêmes à de nombreux biais.

Si cette étude (22) arrive à la conclusion qu'il existe un lien entre l'exposition répétée aux rayons-X et le développement de cancer de la thyroïde, elle rappelle néanmoins que cette étude peut être sujette à des biais et ne prend pas en compte certains facteurs (dose organe individuelle, âge du patient..) et que l'évolution des technologies a permis de diminuer considérablement les doses d'irradiations, rendant ces examens moins dangereux et reconnaît que de plus amples recherches seraient nécessaires pour préciser l'impact de ces rayonnements dans le développement des tumeurs.

Par ailleurs, aucune association positive avec l'apparition de tumeurs ou de troubles du développement n'a été mise en évidence chez l'enfant ou l'adolescent exposé à ces rayonnements par ces différents articles.

Tumeurs du cerveau

Les tumeurs du cerveau, qu'elles soient bénignes ou malignes, sont regroupées sous le nom de méningiome. Ces tumeurs atteignent les méninges, cellules formant une enveloppe entourant le cerveau et la moelle épinière. Nous pouvons retenir de ces différents articles que la plupart s'accorde à dire que les doses délivrées dans le passé au cours des examens radiographiques dentaires étaient plus élevées et donc plus susceptibles d'être associées à des risques de méningiomes (3,9,20). Ce qui est d'ailleurs confirmé par l'étude de Fontana et al. (30) qui étudie l'évolution des doses de rayonnement de 1940 à 2009. D'autre part, les études isolées cas-témoins (3,9,20,19) semblent montrer une association entre méningiome et rayons X, association qui n'est pas retrouvée de manière significative dans les revues de littératures et les méta-analyses (30, 23,22) impliquant un plus grand nombre d'études et d'articles.

Pour commencer, l'étude de Claus et al. (9) est soumise à un certain nombre de biais: le nombre de radiographies subies par les patients, pris en compte par l'étude, ne sont pas issues de leurs dossiers médicaux mais de leur propres souvenirs ce qui représente un premier biais car elle s'appuie sur des critères subjectifs et non objectifs, quantifiables et vérifiables. Les patients peuvent surestimer ou au contraire sous-estimer le nombre de radiographies, surtout lorsqu'ils sont interrogés sur des événements ayant eu lieu il y a plusieurs dizaines d'années. D'autre part, bien que les patients témoins et sujets soient appariés selon des critères communs, l'étude ne prend pas en compte les covariants de chaque patient: le tabagisme, la consommation d'alcool, les comorbidités, autant d'éléments potentiellement cancérigènes et pouvant être à l'origine de méningiomes. L'âge des patients est également très variable (de 20 à 79 ans) ce qui implique des radiographies réalisées à des périodes et dans

des conditions très différentes pouvant entraîner des biais dans les résultats obtenus.

Ces arguments sont d'ailleurs repris par Abt (3). Si le design de l'étude est le plus approprié à ce type d'observation dans l'apparition d'un événement entre les patients sujets et les patients témoins, il n'en demeure pas moins qu'il s'agit d'une étude observationnelle et que de nombreux biais peuvent apparaître rendant les résultats peu fiables. L'auteur évoque également des problèmes de méthodologie dans la sélection et l'appariement des patients, dans la collecte des données (souvenirs du patient, interviews téléphoniques) et l'analyse statistique. Il est par exemple retrouvé, un lien significatif concernant les bitewings mais pas pour les bilans long-cône alors que les doses sont beaucoup plus élevées dans le second cas. Le nombre de patients est également faible ce qui peut entraîner des biais dans les résultats.

Si un lien est retrouvé entre les radiographies dentaires et les tumeurs bénignes du cerveau (31), certaines remarques peuvent être effectuées sur cette étude: Si l'analyse statistique montre une augmentation du risque de tumeur avec le nombre de radiographies réalisées, la taille des échantillons de patients ayant subi une ou plusieurs radiographies par rapport à l'échantillon n'ayant subi aucune radiographie est très inférieure et donc plus susceptible de provoquer des biais dans l'obtention des résultats. Par ailleurs, il est montré dans cette même étude que les patients présentant des tumeurs bénignes sont plus sujets à des comorbidités associées comme la démence ou l'épilepsie, qui sont des comorbidités pouvant avoir un impact sur l'hygiène bucco-dentaire. Ces patients sont donc plus susceptibles de recevoir des soins dentaires et des radiographies que les autres patients, ce qui peut expliquer les chiffres obtenus.

Les revues de littérature (28,20,21), insistent sur le fait que de plus amples études doivent être menées, à plus grande échelle, avec des protocoles standardisés de manière à obtenir des résultats comparables.

Même si la majorité des résultats des études tendent à prouver l'existence d'un lien, ces différents résultats peuvent être nuancés par les différents arguments avancés précédemment. La grande majorité s'accorde également à dire qu'il y a un risque réel pour la santé du patient que lorsque celui-ci est exposé de manière répétée ou multiple aux rayonnements ionisants. Il est donc irrationnel de rejeter les radiographies dentaires, au seul motif qu'elles émettent des rayonnements ionisants si elles sont employées de manière raisonnée, justifiée et encadrée.

Rayons X et risque de cancer

Trois études mettent en évidence l'effet génotoxique des rayons X dispensés lors des radiographies dentaires au niveau de la muqueuse buccale (7,12,16). Si les effets délétères des rayonnements ionisants à l'échelle micro-

scopique et à court terme, sont ici mis en évidence, elles n'expliquent en revanche pas les conséquences macroscopiques et les répercussions que peuvent avoir ces altérations nucléaires au niveau de nos organes et de leurs fonctions à long terme. Chauhan et al. (8) expliquaient par ailleurs, que ces altérations nucléaires localisées peuvent ne pas avoir de répercussions néfastes pour la santé sur le long terme.

Si un lien de causalité direct a été démontré par Halboub et al. (13), il convient de rappeler que le praticien ayant développé un carcinome du pouce après 15 ans d'exercice a négligé les règles de radioprotection et les protocoles de sécurité: les radiographies étaient réalisées au doigt, sans protection, ni adaptation de la dose en fonction du type de radiographie. Il est estimé qu'il a reçu, au cours de ces 15 années d'exercice, une exposition 3,2 à 4,7 fois supérieure à la dose maximale autorisée. Il est rappelé en conclusion que les doses et les risques concernant les radiographies dentaires sont minimes si les mesures de radioprotection sont respectées.

Concernant le CBCT, si plusieurs études nous mettent en garde sur les dangers du CBCT (10,27,26,6), il ne faut pas perdre de vue que cet examen est un outil diagnostique très intéressant dans de nombreuses disciplines odontologiques apportant un réel bénéfice pour la santé du patient. Il doit cependant faire l'objet d'une surveillance renforcée et d'une utilisation raisonnée car les doses retrouvées dans ces examens sont très supérieures aux autres radiographies dentaires (1,27).

Si les doses sont plus importantes, Aenenson et al. (1) a estimé que le risque de développer un cancer à cause du CBCT est de 1/1 000 000, ce qui reste une probabilité très acceptable au vu du bénéfice apporté au patient.

Plusieurs avis contradictoires concernant un éventuel risque supérieur pour les enfants exposés aux rayonnements ionisants ont été retrouvés au cours de cette revue. Ce risque est évoqué dans la mesure où les enfants seraient plus réceptifs aux rayonnements ionisants de par la fréquence de leurs divisions cellulaires et du potentiel effet néfaste des rayonnements sur leur croissance. Si Yeh et al. (29) évoque une susceptibilité accrue des enfants aux rayons-X, au contraire, Ribeiro et al. (25) ne retrouvent pas de différences entre l'enfant et l'adulte. Si aucun consensus sur le sujet n'a été retrouvé, il convient de faire "comme si" le risque pour les enfants était plus important en adaptant les doses et les fréquences d'expositions.

Concernant la femme enceinte et le fœtus, Kellaranta et al. (17) affirment que les risques pour le fœtus et la femme enceinte sont très minimes. En revanche, Hwang et al. (15) pointent du doigt la responsabilité des rayonnements ionisants dans le faible poids de naissance des nouveaux-nés. Les rayonnements s'avèrent particulièrement nocifs pour le fœtus au cours des premières semaines, hors la femme enceinte n'est pas toujours au

courant de sa grossesse ce qui peut représenter une difficulté dans la radioprotection du fœtus. D'une manière générale, la grossesse n'est en aucun cas une contre-indication à la réalisation de radiographies lorsque cela est nécessaire. Il est recommandé d'utiliser des protections en plomb et de limiter au maximum ces expositions.

Enfin, l'étude de Fontana et al. (30) a montré une baisse significative des doses au cours du temps rendant les doses et les risques très faibles pour le patient mais leurs utilisations fréquentes et répétées dans la population générale peut soulever des problèmes de santé publique et de radioprotection, qui sont de la responsabilité du praticien prescrivant ces examens.

CONCLUSION

Cette revue de littérature permet de faire le point sur les connaissances actuelles concernant les potentiels effets secondaires du fluor et de la radiologie, et en particulier de leur rôle supposé dangereux lorsqu'ils sont employés à des fins thérapeutiques ou diagnostiques en odontologie.

Les données actuelles de la science permettent de conclure que le fluor ainsi que la radiologie employés dans un contexte odontologique sont sans risque lorsqu'ils sont utilisés de manière rationnelle. Si les recommandations les plus récentes à propos du fluor et le principe ALARA (As low as Reasonably achievable) concernant la radiologie, sont bien respectés, alors le risque de développer une tumeur quelle qu'elle soit, une affection thyroïdienne ou un trouble cognitif à cause du fluor ou de la radiologie est très faible.

Les effets du fluor sur la thyroïde, les fonctions cognitives ou le squelette ne se retrouvent que lors d'une exposition très importante au fluor présent dans l'eau de consommation et ne concerne pas le fluor rencontré dans les produits à usage dentaire. Aucun certitude n'existe quant aux conditions d'apparition de la fluorose dentaire et le rôle du fluor dans son développement reste encore à déterminer. Le respect des recommandations les plus récentes semble toutefois prévenir l'apparition de la fluorose dentaire.

Les rayons X sont impliqués dans les lésions de l'ADN et constituent un facteur de risque dans le développement de tumeurs. Des expositions répétées et un temps d'exposition long augmentent ce risque. Cependant, l'amélioration du matériel radiographique et les nouvelles technologies ont permis d'établir un diagnostic plus précis tout en étant moins irradiant sur des zones de plus en plus restreintes. Les doses délivrées lors de ces rayonnements sont faibles et pour la plupart inférieures à celles rencontrées lors d'une journée d'exposition naturelle. De ce fait, aucun lien de cause à effet significatif entre l'exposition aux rayons X d'origine dentaire et l'apparition de tumeurs du cerveau, des glandes sali-

vaires ou encore de la thyroïde n'a été retrouvé dans ces différentes études et revues de littérature

Bibliographie

FLUOR

1. Kleerekoper M. Non-dental tissue effects of fluoride. *Advances in dental research*. 1994;8:32-8.
2. O'Mullane DM. Fluoride and oral health. *Community Dental Health*. 2016;33:69-99.
3. Blakey K, Feltbower RG, Parslow RC, James PW, Gómez Pozo B, Stiller C, et al. Is fluoride a risk factor for bone cancer? Small area analysis of osteosarcoma and Ewing sarcoma diagnosed among 0–49-year-olds in Great Britain, 1980–2005. *Int J Epidemiol*. 2014;43(1):224-34.
4. Chilvers C, Conway D. Cancer mortality in England in relation to levels of naturally occurring fluoride in water supplies. *J Epidemiol Community Health*. 1985;39(1):44-7.
5. Kim FM, Hayes C, Williams PL, Whitford GM, Joshipura KJ, Hoover RN, et al. An assessment of bone fluoride and osteosarcoma. *J Dent Res*. 2011;90(10):1171-76.
6. Gelberg KH, Fitzgerald EF, Hwang SA, Dubrow R. Fluoride exposure and childhood osteosarcoma: a case-control study. *Am J Public Health*. 1995;85(12):1678-83.
7. Levy M, Leclerc BS. Fluoride in drinking water and osteosarcoma incidence rates in the continental United States among children and adolescents. *Cancer Epidemiol*. 2012;36(2):e83-88.
8. Kim FM, Hayes C, Burgard SL, Kim HD, Hoover RN, National Osteosarcoma Etiology Group, et al. A case-control study of fluoridation and osteosarcoma. *J Dent Res*. 2020;99(10):1157-64.
9. Näsman P. Epidemiological studies of fluoride exposure and hip fracture, myocardial infarction and osteosarcoma. Thesis for doctoral degree (Ph.D.), Department of Dental Medicine, Karolinska Institutet, Stockholm, Sweden, 2016, 61 p.
10. Comber H, Deady S, Montgomery E, Gavin A. Drinking water fluoridation and osteosarcoma incidence on the island of Ireland. *Cancer Causes Control*. 2011;22(6):919-24.
11. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. 2017. Disponible sur : <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/329484/WHO-CED-PHE-EPE-19.4.5-eng.pdf?ua=1>
12. Chaitanya NCSK, Karunakar P, Allam NSJ, Priya MH, Alekhya B, Nauseen S. A systematic analysis on possibility of water fluoridation causing hypothyroidism. *Indian J Dent Res*. 2018;29(3):358-63.
13. Mz EAI, Wihardja R. Adverse effects of fluoride towards thyroid hormone metabolism. *Padjadjaran J Dent*. 2008;20(1) :34-42.
14. Nakamoto T, Rawls HR. Fluoride exposure in early life as the possible root cause of disease in later life. *J Clin Pediatr Dent*. 2018;42(5):325-30.
15. Xiang Q, Chen L, Liang Y, Wu M, Chen B. Fluoride and thyroid function in children in two villages in China. *J Toxicol Environ Health Sciences*. 2009;1:54-9.
16. Kumar V, Chahar P, Kajjari S, Rahman F, Bansal D, Kapadia J. Fluoride thyroid hormone derangements and its correlation with tooth eruption pattern among the pediatric population from endemic and non-endemic fluorosis areas. *J Contemp Dent Pract*. 2018;19:1512-16.
17. Kheradpisheh Z, Mirzaei M, Mahvi A, Mokhtari M, Azizi R, Fallahzadeh H, et al. Impact of drinking water fluoride on human thyroid hormones: a case- control study. *Sci Rep*. 2018;8(1):2674.
18. Peckham S, Lowery D, Spencer S. Are fluoride levels in drinking water associated with hypothyroidism prevalence in England? A large observational study of GP practice data and fluoride levels in drinking water. *J Epidemiol Community Health*. 2015;69(7):619-24.
19. Malin AJ, Riddell J, McCague H, Till C. Fluoride exposure and thyroid function among adults living in Canada: Effect modification by iodine status. *Environ Int*. 2018;121(Pt 1):667-74.
20. Wang M, Liu L, Li H, Li Y, Liu H, Hou C, et al. Thyroid function, intelligence, and low-moderate fluoride exposure among Chinese school-age children. *Environ Int*. 2020;134:105229.
21. Shaik N, Shanbhog R, Nandlal B, Tippeswamy HM. Fluoride ingestion and thyroid function in children resident of naturally fluoridated areas - An observational study. *J Clin Exp Dent*. 2019;11(10):e8839.
22. Barberio AM, Hosein FS, Quiñonez C, McLaren L. Fluoride exposure and indicators of thyroid functioning in the Canadian population: implications for community water fluoridation. *J Epidemiol Community Health*. 2017;71(10):1019-25.
23. Hosur MB, Puranik RS, Vanaki S, Puranik SR. Study of thyroid hormones free triiodothyronine (FT3), free

- thyroxine (FT4) and thyroid stimulating hormone (TSH) in subjects with dental fluorosis. *Eur J Dent.* 2012;6(2): 184-90.
24. Broadbent JM, Murray Thomson W, Ramrakha S, Moffitt ET, Zeng J, Foster Page LA, PhD, Poulton R. Community water fluoridation and intelligence: prospective study in New Zealand. *Am J Public Health.* 2015;105(1): 72-76.
25. Till C, Green R, Flora D, Hornung R, Martinez-Mier EA, Blazer M, et al. Fluoride exposure from infant formula and child IQ in a Canadian birth cohort. *Environ Int.* 2020;134:105315.
26. Morteza B, Deena T, Howard H, Martinez-Mier EA, Sanchez BN, Basu N, et al. prenatal fluoride exposure and cognitive outcomes in children at 4 and 6–12 years of age in Mexico. *Environ Health Perspect.* 125(9): 097017.
27. Green R, Lanphear B, Hornung R, Flora D, Martinez-Mier EA, Neufeld R, et al. Association between maternal fluoride exposure during pregnancy and IQ scores in offspring in Canada. *JAMA Pediatr.* 2019;173(10):940-948.
28. Sebastian ST, Sunitha S. A cross-sectional study to assess the intelligence quotient (IQ) of school going children aged 10-12 years in villages of Mysore district, India with different fluoride levels. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2015;33(4):307-11.
29. Rocha-Amador D, Navarro ME, Carrizales L, Morales R, Calderón J. Decreased intelligence in children and exposure to fluoride and arsenic in drinking water. *Cadernos de Saúde Pública.* 2007;23:S579-87.
30. Aravind A, Dhanya RS, Narayan A, Sam G, Adarsh VJ, Kiran M. Effect of fluoridated water on intelligence in 10-12-year-old school children. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2016;6(Suppl 3):S237-42.
31. Goschorska M, Baranowska-Bosiacka I, Gutowska I, Metryka E, Skórka-Majewicz M, Chlubek D. Potential role of fluoride in the etiopathogenesis of Alzheimer's disease. *Int J Mol Sci.* 2018;19(12):3965.
32. Grandjean P, Landrigan PJ. Neurobehavioural effects of developmental toxicity. *The Lancet Neurology.* 2014;13(3):330-8.
33. Strunecka A, Strunecky O. Chronic fluoride exposure and the risk of autism spectrum disorder. *Int J Environ Res Public Health.* 2019;16(18): 3431.
34. Grandjean P. Developmental fluoride neurotoxicity: an updated review. *Environ Health.* 2019;18(1):110.
35. Cury JA, Ricomini-Filho AP, Berti FLP, Tabchoury CP, Cury JA, Ricomini-Filho AP, et al. Systemic effects (risks) of water fluoridation. *Braz Dent J.* 2019;30(5): 421-8.
36. Ullah R, Zafar MS, Shahani N. Potential fluoride toxicity from oral medicaments: A review. *Iranian J Basic Med Scie.* 2017;20(8):841-48.
37. Ayoob S, Gupta AK. Fluoride in drinking water: A review on the status and stress effects. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology.* 2006;36(6): 433-87.
38. Chen MC, Glenny A-M, Tsang BW, Lo EC, Worthington HV, Marinho VC. Topical fluoride as a cause of dental fluorosis in children. *Cochrane Database of Systematic Reviews.* 2010;1. Disponible sur: <https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD007693.pub2/full>
39. Cury JA, Tenuta LMA, Cury JA, Tenuta LMA. Evidence-based recommendation on toothpaste use. *Brazilian Oral Res.* 2014;28(SPE):1-7.
40. Bronckers ALJJ, Lyaruu DM, DenBesten PK. The impact of fluoride on ameloblasts and the mechanisms of enamel fluorosis. *J Dent Res.* 2009;88(10):877-93.
41. Levy SM. An update on fluorides and fluorosis. *J Can Dent Assoc.* 2003;69(5):286-91.
42. Browne D, Whelton H, O'Mullane D. Fluoride metabolism and fluorosis. *J Dent.* 2005;33(3):177-86.
43. Carey CM. Focus on fluorides: update on the use of fluoride for the prevention of dental caries. *J Evid Based Dent Pract.* 2014;14 Suppl:95-102.
44. Bentley EM, Ellwood RP, Davies RM. Fluoride ingestion from toothpaste by young children. *Br Dent J.* 1999;186(9):460-2.
45. Molina-Frechero N, Gaona E, Angulo M, Sánchez Pérez L, González González R, Nevarez Rascón M, et al. Fluoride exposure effects and dental fluorosis in children in Mexico city. *Med Sci Monit.* 2015;21:366-470.
46. Wong M, Clarkson J, Glenny A-M, Lo E, Marinho V, Tsang B, et al. Cochrane reviews on the benefits/risks of fluoride toothpastes. *J Dent Res.* 2011;90:573-9.
47. Rošin-Grget K, Peroš K, Sutej I, Bašić K. The cariostatic mechanisms of fluoride. *Acta Med Acad.* 2013;42(2):179-88.
48. Tumba KJ, Twetman S, Splieth C, Parnell C, van Loveren C, Lygidakis NA. Guidelines on the use of fluoride for caries prevention in children: an updated

- EAPD policy document. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2019;20(6):507-16.
49. Moimaz SAS, Saliba O, Marques LB, Garbin CAS, Saliba NA, Moimaz SAS, et al. Dental fluorosis and its influence on children's life. *Brazilian Oral Research*. 2015;29(1):1-7.
50. Everett ET. Fluoride's Effects on the Formation of Teeth and Bones, and the Influence of Genetics. *J Dent Res*. mai 2011;90(5):552-60.
51. Dhar V, Bhatnagar M. Physiology and toxicity of fluoride. *Indian J Dent Res*. sept 2009;20(3) :350-5.
52. Fluoride in Drinking Water: A Scientific Review of EPA's Standards [Internet]. Washington, D.C.: National Academies Press; 2006 [cité 1 oct 2020]. Disponible sur: <http://www.nap.edu/catalog/11571>
53. Jones G, Riley M, Couper D, Dwyer T. Water fluoridation, bone mass and fracture: a quantitative overview of the literature. *Australian and New Zealand Journal of Public Health*. 1999;23(1):34-40.
54. Näsman P, Ekstrand J, Granath F, Ekblom A, Forde CM. Estimated drinking water fluoride exposure and risk of hip fracture: a cohort study. *J Dent Res*. 2013;92(11):1029-34.
55. Kurland ES, Schulman RC, Zerwekh JE, Reinius WR, Dempster DW, Whyte MP. Recovery from skeletal fluorosis (an enigmatic, american case). *Journal of Bone and Mineral Research*. 2007;22(1):163-70.
56. Roos J, Dumolard A, Bourget S, Grange L, Rousseau A, Gaudin P, et al. Ostéose fluorée due à une consommation excessive de dentifrice fluoré. *La Presse Médicale*. 2005;34(20, Part 1):1518-20.
57. Joshi S, Hlaing T, Whitford GM, Compston JE. Skeletal fluorosis due to excessive tea and toothpaste consumption. *Osteoporos Int*. 2011;22(9):2557-60.
58. Basch CH, Milano N, Hillyer GC. An assessment of fluoride related posts on Instagram. *Health Promot Perspect*. 2019;9(1):85-8.
59. National Research Council. Fluoride in drinking water: a scientific review of EPA's standards. The National Academies Press. 2006. [cité 1 oct 2020]. Disponible sur: <http://www.nap.edu/catalog/11571>
60. Walsh T, Worthington HV, Glenny A-M, Marinho VC, Jeroncio A. Fluoride toothpastes of different concentrations for preventing dental caries. *Cochrane Database Syst Rev*. 2019;3(3):CD007868.
61. Buzalaf MAR, Cardoso C de AB, Magalhães AC. Low-fluoride toothpastes may not lead to dental fluorosis but may not control caries development. Standard Fluoride toothpastes can control caries development but may lead to dental fluorosis. *J Evid Based Dent Pract*. 2013;13(4):148-50.
62. Ekambaram M, Itthagarun A, King N. Ingestion of Fluoride from Dentifrices by Young Children and Fluorosis of the Teeth - A Literature Review. *The Journal of clinical pediatric dentistry*. 1 déc 2011;36:111-21.
63. Franzman MR, Levy SM, Warren JJ, Broffitt B. Fluoride dentifrice ingestion and fluorosis of the permanent incisors. *J Am Dent Assoc*. 2006;137(5): 645-52.
64. Warren JJ, Levy SM. A review of fluoride dentifrice related to dental fluorosis. *Pediatr Dent*. 1999;21(4): 265-71.
65. Shulman JD, Wells LM. Acute fluoride toxicity from ingesting home-use dental products in children, birth to 6 years of age. *J Public Health Dent*. 1997;57(3):150-8.

RADIOLOGIE

1. Aanenson JW, Till JE, Grogan HA. Understanding and communicating radiation dose and risk from cone beam computed tomography in dentistry. *J Prosthet Dent.* 2018;120(3):353-60.
2. Abbott P. Are dental radiographs safe? *Aust Dent J.* 2000;45(3):208-13.
3. Abt E. Can dental x-rays increase the risk of meningioma? *Evidence-Based Dentistry.* 2012;13(2):37-8.
4. American Dental Association Council on Scientific Affairs. The use of cone-beam computed tomography in dentistry: an advisory statement from the American Dental Association Council on Scientific Affairs. *J Am Dent Assoc.* 2012;143(8):899-902.
5. Antonio EL, Nascimento AJ do, Lima AAS de, Leonart MSS, Fernandes. Genotoxicity and cytotoxicity of x-rays in children exposed to panoramic radiography. *Revista Paulista de Pediatria.* 2017;35(3):296.
6. Aps JKM. Cone beam computed tomography in paediatric dentistry: overview of recent literature. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2013;14(3):131-40.
7. Cerqueira EMM, Meireles JRC, Lopes MA, Junqueira VC, Gomes-Filho IS, Trindade S, et al. Genotoxic effects of X-rays on keratinized mucosa cells during panoramic dental radiography. *Dentomaxillofac Radiol.* 2008;37(7):398-403.
8. Chauhan V, Wilkins RC. A comprehensive review of the literature on the biological effects from dental X-ray exposures. *Int J Radiat Biol.* 2019;95(2):107-19.
9. Claus EB, Calvocoressi L, Bondy ML, Schildkraut JM, Wiemels JL, Wrensch M. Dental x-rays and risk of meningioma. *Cancer.* 2012;118(18):4530-7.
10. da Fonte JB, Andrade TM de, Albuquerque RL, de Melo M de FB, Takeshita WM. Evidence of genotoxicity and cytotoxicity of X-rays in the oral mucosa epithelium of adults subjected to cone beam CT. *Dentomaxillofac Radiol.* 2018;47(2):20170160.
11. De Felice F, Di Carlo G, Saccucci M, Tombolini V, Polimeni A. Dental cone beam computed tomography in children: clinical effectiveness and cancer risk due to radiation exposure. *Oncology.* 2019;96(4):173-8.
12. El-Ashiry EA, Abo-Hager EA, Gawish AS. Genotoxic effects of dental panoramic radiograph in children. *J Clin Pediatr Dent.* 2010;35(1):69-74.
13. Halboub ES, Barnkggei I, Alsabbagh O, Hamadah O. Radiation-induced thumbs carcinoma due to practicing dental X-ray. *Contemp Clin Dent.* 2015;6(1):116-8.
14. Han MA, Kim JH. Diagnostic X-Ray exposure and thyroid cancer risk: systematic review and meta-analysis. *Thyroid.* 2018;28(2):220-8.
15. Hwang S-Y, Choi E-S, Kim Y-S, Gim B-E, Ha M, Kim H-Y. Health effects from exposure to dental diagnostic X-ray. *Environ Health Toxicol [Internet].* 2018 [cité 24 janv 2021];33(4). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6341170/>
16. Inskip PD, Ekholm A, Galanti MR, Grimelius L, Boice JD. Medical diagnostic x rays and thyroid cancer. *J Natl Cancer Inst.* 1995;87(21):1613-21.
17. Kelaranta A, Ekholm M, Toroi P, Kortensniemi M. Radiation exposure to foetus and breasts from dental X-ray examinations: effect of lead shields. *Dentomaxillofac Radiol.* 2016;45(1):20150095.
18. Longstreth WT, Phillips LE, Drangsholt M, Koepsell TD, Custer BS, Gehrels J-A, et al. Dental X-rays and the risk of intracranial meningioma: a population-based case-control study. *Cancer.* 2004;100(5):1026-34.
19. Memon A, Godward S, Williams D, Siddique I, Al-Saleh K. Dental x-rays and the risk of thyroid cancer: a case-control study. *Acta Oncol.* 2010;49(4):447-53.
20. Memon A, Rogers I, Paudyal P, Sundin J. Dental x-rays and the risk of thyroid cancer and meningioma: a systematic review and meta-analysis of current epidemiological evidence. *Thyroid.* 2019;29(11):1572-93.
21. Mupparapu M, Baddam VRR, Lingamaneni KP, Singer SR. Dental x-ray exposure is not associated with risk of meningioma: a 2019 meta-analysis. *Quintessence Int.* 2019;50(10):822-9.
22. Neta G, Rajaraman P, Berrington de Gonzalez A, Doody MM, Alexander BH, Preston D, et al. A prospective study of medical diagnostic radiography and risk of thyroid cancer. *Am J Epidemiol.* 2013;177(8):800-9.

23. Preston-Martin S, Thomas DC, White SC, Cohen D. Prior exposure to medical and dental x-rays related to tumors of the parotid gland. *J Natl Cancer Inst.* 1988;80(12):943-9.
24. Preston-Martin S, White SC. Brain and salivary gland tumors related to prior dental radiography: implications for current practice. *J Am Dent Assoc.* 1990;120(2):151-8.
25. Ribeiro DA, de Oliveira G, de Castro G, Angelieri F. Cytogenetic biomonitoring in patients exposed to dental X-rays: comparison between adults and children. *Dentomaxillofac Radiol.* 2008;37(7):404-7.
26. White SC, Mallya SM. Update on the biological effects of ionizing radiation, relative dose factors and radiation hygiene. *Aust Dent J.* 2012;57 Suppl 1:2-8.
27. Wrzesień M, Olszewski J. Absorbed doses for patients undergoing panoramic radiography, cephalometric radiography and CBCT. *Int J Occup Med Environ Health.* 2017;30(5):705-13.
28. Xu P, Luo H, Huang G-L, Yin X-H, Luo S-Y, Song J-K. Exposure to ionizing radiation during dental X-rays is not associated with risk of developing meningioma: a meta-analysis based on seven case-control studies. *PLoS One.* 2015;10(2):e0113210.
29. Yeh J-K, Chen C-H. Estimated radiation risk of cancer from dental cone-beam computed tomography imaging in orthodontics patients. *BMC Oral Health.* 2018;18(1):131.
30. Fontana RC, Pasqual E, Miller DL, Simon SL, Cardis E, Thierry-Chef I. Trends in estimated thyroid, salivary gland, brain, and eye lens doses from intraoral dental radiography over seven decades (1940 TO 2009). *Health Phys.* 2020;118(2):136-48.
31. Lin MC, Lee CF, Lin CL, Wu YC, Wang HE, Chen CL, et al. Dental diagnostic X-ray exposure and risk of benign and malignant brain tumors. *Ann Oncol.* 2013;24(6):1675-9.
32. Chang LA, Miller DL, Lee C, Melo DR, Villoing D, Drozdovitch V, et al. Thyroid radiation dose to patients from diagnostic radiology procedures over eight decades: 1930–2010. *Health Phys.* 2017;113(6):458-73.

ANNEXE

Tableau 1 : Analyse des articles scientifiques mettant en lien fluor et cancer

Titre de l'article	Auteurs et année	Pays	Type d'étude	Vecteur étudié	Méthodologie	Conclusion	Lien entre fluor et cancer
Cancer mortality in England in relation to levels of naturally occurring fluoride in water supplies	C. Chilvers, D. Conway. 1985	Angleterre	Epidémiologique	Eau	67 régions anglaises classées en 4 groupes selon le taux de fluor dans l'eau. Etude de la mortalité par cancer entre 1969 et 1973	Pas de relation entre fluoration de l'eau publique et le nombre de morts par cancers.	Non
Non-dental tissue effects of fluoride	M. Kleerekoper 1994	Etats-Unis	Revue de littérature	Eau	Résumé des effets de l'eau fluorée sur la carcinogénèse, l'athérogénèse et l'ostéogénèse	Le fluor dans l'eau n'est pas carcinogène. Le fluor thérapeutique à haute dose n'augmente pas le risque de cancer.	Non
Fluoride Exposure and Childhood Osteosarcoma : A Case-Control Study	Gelberg, Fitzgerald, Hwang, Dubrow. 1995	Etats-Unis	Cas-témoins	Tablettes, bains de bouche, dentifrice, traitements dentaires, eau.	130 cas d'ostéosarcomes entre 1978 et 1988 chez les moins de 24 ans. 130 témoins. Interview téléphonique des parents pour connaître les apports en fluor de l'enfant.	Pas de lien entre l'exposition globale au fluor et le risque de développer un ostéosarcome. Possible effet protecteur du fluor vis-à-vis de l'ostéosarcome.	Non
An Assessment of Bone Fluoride and Osteosarcoma	FM. Kim, C. Hayes, PL. Williams, GM. Withford, KJ. Joshipura, RN. Hoover, CW. Douglass. 2011	Etats-Unis	Cas-témoins	Tous les vecteurs	137 cas d'ostéosarcomes et 51 témoins ayant un autre type de cancer. Analyse de la teneur en fluor des os de chaque individu	Pas d'association entre teneur en fluor des os et risque de développer un ostéosarcome.	Non
Drinking water fluoridation and osteosarcoma incidence on the island of Ireland	Comber, Deady, Montgomery, Gavin 2011	Irlande	Epidémiologique	Eau	183 cas d'ostéosarcomes en Irlande entre 1994 et 2006. Etude de l'exposition au fluor de chacun des cas en fonction de sa localisation (zone fluorée ou non).	Pas de mise en évidence de lien entre l'incidence de l'ostéosarcome et la fluoration de l'eau publique	Non
Fluoride in drinking water and osteosarcoma incidence rates in the continental United States among children and adolescents	M. Levy, B-S. Leclerc. 2012	Etats-Unis	Ecologique	Eau	Incidence des cas d'ostéosarcome entre 1999 et 2006, corrélée à la fluoration de l'eau.	La consommation d'eau fluorée n'a pas d'incidence sur l'apparition d'ostéosarcome durant l'enfance et l'adolescence.	Non
Is fluoride a risk factor for bone cancer? Small area analysis of osteosarcoma and Ewing sarcoma diagnosed among 0–49-year-olds in Great Britain, 1980–2005	K. Blakey, RG. Feltbower, RC. Parslow, PW. James, B. Gomez Pozo, C. Stiller, T.J. Vincent, P. Norman, PA. McKinney, MF. Murphy, AW. Craft, RJQ. McNally. 2014	Grande-Bretagne	Ecologique	Eau	Analyse de tous les cas d'ostéosarcome (2566) et de sarcome d'Ewing (1650) en GB entre 1980 et 2005 chez les moins de 50 ans. Analyse des données sur les taux de fluor dans l'eau en GB (Angleterre, Ecosse, Pays de Galles). Etude de la relation entre le fluor et les cas de cancer.	Pas d'évidence qu'un niveau de fluoration élevé, naturel ou artificiel, de l'eau, augmente le risque de développer un ostéosarcome ou un sarcome d'Ewing.	Non
Epidemiological studies of fluoride and his fracture, myocardial infection and osteosarcoma.	P. Näsman	Suède	Thèse	Eau	Relevé de données nationales concernant les problèmes de santé tels que l'ostéoporose, l'infection du myocarde et les ostéosarcomes, ainsi que les données concernant la fluoration de l'eau	Pas d'association entre la fluoration de l'eau jusqu'à 2,7mg/l et le risque de développer un ostéosarcome.	Non
Fluoride and Oral Health	D.M. O'Mullane, R.J. Baez, S. Jones, M.A. Lennon, P.E. Petersen, A.J. Rugg-Gunn, H. Whelton, G.M. Whitford 2016	Royaume-Uni Etats-Unis Danemark	Revue de littérature	Tous les vecteurs	Résumé des différents vecteurs du fluor, de ses bénéfices et inconvénients.	Aux concentrations utilisées par le grand public, pas de preuve que le fluor soit à l'origine d'ostéosarcomes ou de tout autre cancer des os.	Non
A Case-Control Study of Fluoridation and Osteosarcoma	FM. Kim, C. Hayes, SL. Burgard, HD. Kim, RN. Hoover, CW. Douglass, D. Couper, NOEG, 2020, disponible en 2021	Etats-unis	Cas-témoins	Eau	Etude en 2 phases. Intégralité de l'article disponible en 2021.	La fluoration de l'eau publique n'est pas liée à l'augmentation du risque de développement d'un ostéosarcome.	Non

Tableau 2 : Analyse des articles scientifique mettant en lien fluor et thyroïde

Titre de l'article	Auteurs et année	Pays	Type d'étude	Vecteur étudié	Méthodologie	Conclusion	Lien entre fluor et Thyroïde
Adverse effects of fluoride towards thyroid hormone metabolism.	MZ. Enggar Abdullah Idris, R. Wihardja. 2008	Indonésie	Revue de littérature		Histologie et physiologie de la glande thyroïde puis analyse des effets du fluor sur la glande thyroïde.	Le fluor utilisé de manière systémique à plus ou moins 1ppm peut causer une hypothyroïdie. Le fluor est toxique et plus particulièrement le NaF	Oui.
Fluoride and thyroid function in children in two villages in China	Q. Xiang, L. Chen, Y. Liang, M. Wu, B. Chen 2009	Chine	Cas-témoins	Eau	Enfants de 8 à 13 ans de deux villages Cas : 82 venant d'une zone endémique de fluorose dentaire, eau très fluorée (0,62-4mg/l). Divisés en plusieurs groupes selon le degré de sévérité de la fluorose. Témoins : 88 venant d'une zone non endémique, eau peu fluorée (0,23-0,76 mg/l) Analyse et comparaison des taux de TSH, T3 et T4.	Le fluor causerait des troubles du fonctionnement de la thyroïde.	Oui
Study of thyroid hormones free triiodothyronine (FT3), free thyroxine (FT4) and thyroid stimulating hormone (TSH) in subjects with dental fluorosis	MB. Hosur, RS. Puranik, S. Vanaki, SR. Puranik, 2012	Inde	Cas-témoins		- Cas : 65 sujets ayant une fluorose dentaire et issus de zone endémique de fluorose dentaire - Témoins : 10 sujets sans fluorose dentaire Analyse de la teneur en fluor de l'eau de consommation et mesure de T3, T4 et TSH des deux groupes.	Pas d'altération de T3, T4 et TSH chez les sujets atteints de fluorose dentaire. Etude peu fiable car peu de sujets et plusieurs paramètres non pris en compte (taux d'iode, le taux de fluor dans les urines...	Non
Are fluoride levels in drinking water associated with hypothyroidism prevalence in England? A large observational study of GP practice data and fluoride levels in drinking water	S. Peckham, D. Lowery, S. Spencer 2015	Angleterre	Transversale	Eau	Analyse de la prévalence des hypothyroïdies en fonction du taux de fluor dans l'eau de consommation.	Un taux plus élevé de fluor dans l'eau augmente le risque de développer une hypothyroïdie.	Oui
Fluoride exposure and indicators of thyroid functioning in the Canadian population: implications for community water uoridation	AM. Barberio, FS. Hosein, C. Quinonez, L. McLaren 2017	Canada		Eau et produits dentaires	Analyse entre l'exposition au fluor (urines et eau du robinet), le diagnostic d'une pathologie thyroïdienne et les taux de TSH, T4.	L'exposition au fluor ne causerait pas de dysfonctions thyroïdiennes malgré les différentes sources de fluor	Non
A systematic analysis on possibility of water fluoridation causing hypothyroidism	NCSK. Chaitanya, P. Karunakar, NSJ. Allam, MH. Priya, B. Alekhya, S. Nauseen. 2018	Inde	Revue de littérature	Eau	Analyse de 10 études mettant en lien la fluoration de l'eau et les fonctions thyroïdiennes.	Corrélation positive en le fluor et l'hypothyroïdie.	Oui
Fluoride exposure and thyroid function among adults living in Canada: Effect modification by iodine status	JM. Ashley, J. Riddell, H. McCague, C. Till 2018	Canada	Transversale	Tous les vecteurs	Analyse de la relation entre le fluor dans les urines et le taux de TSH.	Les adultes vivant au Canada, ayant un déficit sévère en iode et un taux élevé de fluor dans les urines, pourraient être sujets à l'hypothyroïdie.	Oui
Fluoride Thyroid Hormone Derangements and its Correlation with Tooth Eruption Pattern Among the Pediatric Population from Endemic and Non-endemic Fluorosis Areas	V. Kumar, P. Chahar, S. Kajjari, F. Rahman, D. Bansal, J. Kapadia. 2018	Inde	Cas-témoins		400 individus : 200 cas issus de zone endémique de fluorose / 200 témoins issus de zone non endémique de fluorose. Parmi les cas, deux groupes créés : 100 avec fluorose et 100 sans fluorose. Analyse des bilans sanguins.	Le fluor a un effet sur les fonctions thyroïdiennes.	Oui
Possible protective effect of curcumin on the thyroid gland changes induced by sodium fluoride in albino rats: light and electron microscopic study	MM. Abdelaleem, NFG. El Tahawy, SMM. Abozaid, SAB. Abdel-Hakim 2018	Egypte	Essais sur des rats.		30 rats albinos divisés en 3 groupes : contrôle, NaF, NaF+curcuma. Analyse des tissus thyroïdiens, mesure de TSH, T3 et T4.	Le fluorure de sodium affecte la structure et les fonctions de la glande thyroïde chez les rats. Le curcuma est protecteur vis-à-vis de ces effets.	Oui
Impact of Drinking Water Fluoride on Human Thyroid Hormones: A Case- Control Study	Z. Kheradpisheh, M. Mirzaei, A. Mahvi, M. Mokhtari, R. Azizi, H. Fallahzadeh, M. Ehrampoush. 2018	Iran	Cas-témoins	Tous les vecteurs	198 cas / 213 témoins	Le fluor aurait un effet sur TSH et T3	Oui

Titre de l'article	Auteurs et année	Pays	Type d'étude	Vecteur étudié	Méthodologie	Conclusion	Lien entre fluor et Thyroïde
Fluoride Exposure in Early Life as the Possible Root Cause of Disease In Later Life	T. Nakamoto, H. Ralph Rawls, 2018	Etats-Unis	Revue de littérature	Tous les vecteurs	Expose le mécanisme du fluor et ses effets sur la thyroïde, le QI, la glande pinéale, l'autisme...	Le fluor consommé en bas-âge peut être à l'origine d'une baisse de QI, de troubles thyroïdiens, d'autisme...	Oui
Fluoride ingestion and thyroid function in children resident of naturally fluoridated areas - An observational study	N. Shaik, R. Shanbhog, B. Nandlal, HM, TippeSwamy	Iran	Observationnelle		n =293 entre 9 et 13 ans repartis en trois groupes (0,01-0,6ppm ; 0,7-1,2ppm ; 1,3-1,8ppm). Analyse des données démographiques, des taux de fluor, de TSH, T3 et T4.	Sur le long terme, pas d'effet de la consommation d'eau fluorée (0,02-1,4ppm) sur la thyroïde chez les enfants avec une bonne nutrition et un apport en iode adéquat.	Non.
Thyroid function, intelligence, and low-moderate fluoride exposure among Chinese school-age children	M. Wang, L. Liu, H. Li, Y. Li, H. Liu, C. Hou, Q. Zeng, P. Li, Q. Zhao, L. Dong, G. Zhou, X. Yu, L. Liu, Q. Guan, S. Zhang, A. Wang. 2020	Chine	Transversale	Eau	n = 571 entre 7-13 ans sélectionnés aléatoirement dans des zones endémiques et non-endémiques de fluorose. Mesure de la concentration en fluor de l'eau et des urines. Mesure de TSH, T4 et T3.	Une exposition faible-moderée au fluor est associée a des troubles thyroïdiens chez les enfants chinois.	Oui

Tableau 3 : Analyse des articles scientifiques mettant en lien fluor et troubles cognitifs

Titre de l'article	Auteurs et année	Pays	Type d'étude	Vecteur étudié	Méthodologie	Conclusion	Lien fluor / Troubles cognitifs
Decreased intelligence in children and exposure to fluoride and arsenic in drinking water	D. Rocha-Amador, M. Elena, N. Leticia, C. Raúl Morales, J. Calderón 2007	Mexique	Transversale	Eau	132 sujets de 6 à 10 ans provenant de trois communautés rurales dont les concentrations en fluor et arsenic dans l'eau sont différentes.	Le fluor et l'arsenic ont un potentiel effet neurotoxique chez les enfants.	Oui
Developmental Fluoride Neurotoxicity: A Systematic Review and Meta-Analysis	AL. Choi, G. Sun, Y Zhang, P. Grandjean. 2012	Etats-Unis, Chine, Danemark.	Revue de littérature. Méta-analyse	Tous les vecteurs	27 études évoquant le lien entre fluor et QI ou fonction cognitives.	Une haute exposition au fluor pourrait être neurotoxique. Des études plus poussées sont nécessaires.	Oui
Developmental fluoride neurotoxicity: an updated review	P. Grandjean. 2019	Etats-unis	Revue de littérature mise à jour.	Tous les vecteurs.	Intégration d'études postérieures à 2012 à la précédente revue. 14 études transversales ajoutées ainsi que 3 études prospectives robustes.	L'exposition à une haute dose de fluor en pré-natal et en post-natal durant les premières années de vie s'avère être neurotoxique. Un doute subsiste néanmoins.	Oui
A cross-sectional study to assess the intelligence quotient (IQ) of school going children aged 10-12 years in villages of Mysore district, India with different fluoride levels	ST. Sebastian, S. Sunhita. 2015	Inde	Transversale	Eau	405 enfants de 10 à 12 ans issus de 3 villages avec teneur en fluor de l'eau de 0,4 ; 1,2 et 2,2 mg/L. Questionnaires pour recueillir les habitudes d'HDB, l'IMC... Puis, calcul du Quotient Intellectuel.	Plus de troubles de l'intelligence chez les enfants issus de la zone à 2,2mg/l comparé aux deux autres.	Oui
Community Water Fluoridation and Intelligence: Prospective Study in New Zealand	JM. Broadbent, W. Murray Thomson, R. Ramrakha, TE. Moffitt, J. Zeng, LA. Foster Page, R. Poulton. 2015	Nouvelle-Zélande	Cohorte prospective	Eau	Etude prospective sélectionnant des patients nés en 1972/1973 résidant dans une zone où l'eau est fluorée, utilisant du dentifrice fluorée et ayant eu des suppléments fluorés avant 5 ans. Calcul du QI.	Le fluor dans l'eau ne serait pas à l'origine d'une baisse de QI et ne serait pas neurotoxique. Les autres études ont sûrement été biaisées par le statut rural ou urbain des populations étudiées.	Non
Effect of fluoridated water on intelligence in 10–12-year-old school children	A. Aravind, R.S. Dhanya, A. Narayan, G Sam, V. J. Adarsh, M. Kiran. 2016	Inde	Transversale	Eau	Mesure du taux de fluor dans l'eau de consommation et calcul du QI chez 96 enfants entre 10 et 12 ans issus de 3 villages où l'eau à des concentrations en fluor différentes.	A haute concentration, le fluor aurait un effet négatif sur le QI des enfants	Oui
Prenatal Fluoride Exposure and Cognitive Outcomes in Children at 4 and 6–12 Years of Age in Mexico	M. Bashash, D. Thomas, H. Hu, EA.Martinez-Mier, BN. Sanchez, N. Basu, KE. Peterson, AS. Ettinger, R. Wright, Z. Zhang, Y. Liu, L. Schnaas, A.Mercado-García, MM. Téllez-Rojo, M.Hernández-Avila 2017.	Mexique	Cohorte longitudinale	Tous les vecteurs	299 paires mère/enfant. Mesure du fluor dans les urines des mères et des enfants entre 6 et 12 ans. Mesure du QI des enfants à 4 ans et entre 6 et 12 ans.	Une plus haute exposition au fluor chez la femme enceinte est associée à des scores cognitifs plus bas chez leurs enfants.	Oui
Potential Role of Fluoride in the Etiopathogenesis of Alzheimer's Disease	M. Goschorska, I. Baranowska-Bosiacka, I. Gutowska, E. Metyka, M. Skórka-Majewicz, D. Chlubek. 2018	Pologne	Revue de littérature	Tous les vecteurs	Présente les processus biologiques à l'origine d'Alzheimer et le rôle que pourrait jouer le fluor dans son apparition.	Le fluor pourrait jouer un rôle dans l'apparition d'Alzheimer car il agit sur la synthèse de protéines, cytokines, et autres facteurs. D'autres recherches sont nécessaires pour confirmer cela.	Possible
Fluoride Exposure in Early Life as the Possible Root Cause of Disease In Later Life	T. Nakamoto, H. Ralph Rawls. 2018	Etats-Unis	Revue de littérature	Tous les vecteurs	Expose le mécanisme du fluor et ses effets sur la thyroïde, le QI, la glande pinéale, l'autisme...	Le fluor consommé en bas-âge peut être à l'origine d'une baisse de QI, de troubles thyroïdiens, d'autisme...	Oui
Association Between Maternal Fluoride Exposure During Pregnancy and IQ Scores in Offspring in Canada	R. Green, B. Lanphear, R. Homung, D. Flora, EA. Martinez-Mier, R. Neufeld, P. Ayotte, G. Muckle, C. Till, 2019	Canada	Cohorte prospective	Tous les vecteurs	400 paires mère/enfant. Mesure du fluor dans les urines de la mère, de la consommation de fluor et mesure du QI de l'enfant entre 3 et 4 ans.	Une haute exposition au fluor durant la grossesse est associée à une baisse du QI chez l'enfant entre 3 et 4 ans.	Oui
Chronic Fluoride Exposure and the Risk of Autism Spectrum Disorder	A. Strunecka, O. Strunecky. 2019	République tchèque	Revue de littérature		Met en relation le fluor avec l'autisme.	Le fluor jouerait un rôle dans l'apparition de l'autisme. Plus de cas d'autisme dans les zones où l'eau est fluorée.	Oui

Titre de l'article	Auteurs et année	Pays	Type d'étude	Vecteur étudié	Méthodologie	Conclusion	Lien fluor / Troubles cognitifs
Thyroid function, intelligence, and low-moderate fluoride exposure among Chinese school-age children	M. Wang, L. Liu, H. Li, Y. Li, H. Liu, C. Hou, Q. Zeng, P. Li, Q. Zhao, L. Dong, G. Zhou, X. Yu, L. Liu, Q. Guan, S. Zhang, A. Wang. 2020	Chine	Transversale	Eau	571 sujets entre 7-13 ans sélectionnés aléatoirement dans des zones endémiques et non-endémiques de fluorose. Mesure de la concentration en fluor de l'eau et des urines. Mesure de TSH, T4 et T3. Mise en relation avec le QI.	Un taux plus élevé de fluor dans les urines est associé à un score de QI plus bas.	Oui
Fluoride exposure from infant formula and child IQ in a Canadian birth cohort	C. Till, R. Green, D. Flora, R. Homung, EA. Martinez-Mier, M. Blazer, L. Farmus, P. Ayotte, G. Muckle, B. Lanphear. 2020	Canada	Cohorte	Eau	398 paires mère/ enfants. 38% vivant dans une zone fluorée. Analyse de l'exposition au fluor et du QI chez l'enfant. Comparaison du QI chez l'enfant nourri au sein ou au lait en poudre.	La consommation de fluor chez les enfants de moins de 6 mois est associée à une baisse de l'intelligence.	Oui

Tableau 4 : Analyse des articles scientifiques mettant en lien les rayons-X et les glandes salivaires

Titre de l'article	Auteurs et année	Pays	Type d'étude	Vecteur étudié	Méthodologie	Conclusion	Lien entre rayon-X et cancer
Brain and Salivary gland tumors related to prior dental radiography: Implications for current practice	S. Preston-Martin, S.C White. 1990	Etats-Unis	épidémiologique	Rayons X	Analyse et synthèse de cinq études épidémiologiques sur les tumeurs du cerveau, des méninges crâniennes et des glandes salivaires	Les radiographies dentaires augmenteraient le risque de cancer	Oui
Prior exposure to medical and dental x-rays related to tumors of the gland parotid	S. Preston-Martin, D.C Thomas, S.C White, D. Cohen. 1988	Etats-Unis	Cas-témoins	Rayons X	Etude comparative des doses de radiations cumulées reçues au cours de leurs vies au niveau de la glande parotide de patients cas (n=408) atteints de tumeurs malignes et bénignes avec des patients témoins (n=408)	Association entre l'exposition aux rayons-X dentaire et l'apparition de tumeurs maligne et bénigne	Oui

Tableau 5 : Analyse des articles scientifiques mettant en lien les rayons-X et la thyroïde

Titre de l'article	Auteurs et année	Pays	Type d'étude	Vecteur étudié	Méthodologie	Conclusion	Lien entre rayon-X et cancer
Cone beam computed tomography in paediatric dentistry: overview of a recent literature	J.K.M Aps, 2013	Etats-Unis	Revue de le littérature	Rayons X	Revue de littérature d'article sur le sujet pour déterminer les indications et contre-indications du cone beam en odontologie pédiatrique	Si le cone beam a sa place en odontologie pédiatrique, son utilisation doit être évaluée au cas par cas et réservé au strict minimum	Non
Diagnostic X-Ray exposure and thyroid cancer risk: systematic review and meta-analysis	Mi Ah Han, Jin Hwa Kim, 2018	Corée	Statistique	Rayons X	9 études de 12 articles sélectionnés à partir de Pubmed et Embase ont été sélectionnés et analysés	l'exposition aux rayons-X dentaires est associé à un risque de développement de cancer de la thyroïde	Oui
Health effects from dental diagnostic X-Ray	Su-Yeon Hwang, Ein Sil Choi, Young Sun Kim, Bo-Eun Gim, Mina Ha, Hae-Young Kim 2018	Corée	Statistique	Rayons-X	Méthode PICO et recueil des données sur PUBMED, EMBASE et MEDLINE et études comparatives avec critères d'inclusions et d'exclusions	Corrélation entre l'exposition aux rayons X dentaire et l'apparition de cancers	Oui
Medical diagnostic X-rays and thyroid cancer	P.D Inskip, A. Ekborn, M.R Galanti, L. Grimalius, J.D Boice Jr 1995	Etats-Unis	Cas-témoins	Rayons-X	Après un examen histopathologique, 484 cas ont été retenus pour cette étude, un nombre égal de patients témoins ont été appariés selon l'âge, le sexe et la localisation et sélectionnés à partir du registre national de Suède	Ces données indiquent que le risque de cancer de la thyroïde dû aux rayons X dentaire, si il existe est nul ou très faible	Non
Dental x-rays and the risk of Thyroid cancer and Meningioma: A systematic review and meta analysis of current epidemiological evidence	A. Memon, I. Rogers, P. Paudyal, J.Sundin 2019	Royaume-Uni	Revue de littérature	Rayons-X	Meta-analyse de 7 études sur les tumeurs de la glande thyroïde (6 études cas-témoins et 1 cohorte) et 8 études sur les méningiomes (8 cas-témoins) sélectionnés depuis Medline, Embase, Web of science	Les expositions aux rayons X dentaires peuvent être associées à un risque de cancer de la thyroïde ou de méningiome	Oui
Dental x-rays and the risk of thyroid cancer: a case control study	A. Memon, S. Godward, S. Williams, I. Siddique, K. Al-Saleh 2010	Royaume-Uni	Cas-témoins	Rayons-X	Etude regroupant 313 patients atteints d'un cancer de la thyroïde et 313 patients témoins appariés selon le sexe, l'âge et le lieu de résidence au Koweït	L'exposition aux rayons X dentaire, en particulier de manière répétée peut être associé à un risque d cancer de la thyroïde	Oui
A prospective study of medical diagnostic radiography and risk of thyroid cancer	G. Neta, P. Rajaraman, A. Berrington de Gonzalez, M.M Doody, B.H Alexander, D. Preston, S.L Simon, D. Melo, J. Miller, D. Michal Freedman, M.S Linet, A.J Sigurdson 2013	Etats-Unis	Cohorte	Rayons-X	La présente étude regroupe 75494 techniciens en radiologie ayant répondu a une série de trois questionnaires (premier questionnaire entre 1983 et 1989, un deuxième questionnaire entre 1994 et 1998 et un troisième questionnaire entre 2003 et 2005 ayant déclarés avoir un cancer de la glande thyroïde.	Pas d'association entre l'apparition de cancer et l'exposition aux rayons-X retrouvés sauf pour les radiographies dentaires. Cette association est retrouvée chez les personnes ayant subis ces radios avant 1970 mais pas après.	Oui
Thyroid radiation dose to patients from diagnostic radiology procedures over eight decades: 1930-2010	L.A Chang, D.L Miller, C. Lee, D.R Melo, D. Villioing, V. Drozdovitch, I. Thierry-Chef, S.J Winters, M. Labrake, C.F Myers, H. Lim, C.M Kitahara, M.S Linet, S.L Simon, 2017	Etats-Unis	Revue de littérature	Rayons-X	Revue de littérature d'articles issus de PubMed sur les doses reçues par la thyroïde lors des bilans long-cônes et bitewing depuis 1930 à nos jours et des panoramiques à partir de 1960. Les résultats collectés ont été analysés et regroupés par décennies.	Diminution très importante de la dose de radiation au niveau de la glande thyroïde, qui est passée de quelques centièmes de mGy en 1930 à quelques dixièmes de mGy actuellement principalement dû à l'amélioration du matériel et au renforcement des protections.	Non

Tableau 6 : Analyse des articles scientifiques mettant en lien les rayons-X et le cerveau

Titre de l'article	Auteurs et année	Pays	Type d'étude	Vecteur étudié	Méthodologie	Conclusion	Lien entre rayon-X et cancer
Can dental x-rays increase the risk of meningioma ?	Elliot Abt, 2012	Etats-Unis	Statistique	Rayons X	Analyse des biais et des outils statistiques utilisés dans l'étude d'Elizabeth Claus et al.	La méthodologie employée, les critères de jugements et d'analyses et les nombreux biais rendent les résultats obtenus difficilement interprétable et concluant	Non
Dental X-Rays and Risk of Meningioma	Elizabeth B Claus, L. Calvocoressi Melissa L. Bondy, J.M. Schildkraut, J.L. Wiesels, Margaret Wünsch 2012	Etats-Unis	Cas-témoins	Rayons X	Comparaisons entre des patients atteints de méningiome (n= 1433) et des patients sains (n=1350) âgés de 20 à 79 ans, issus de différents états des USA	Association entre l'exposition aux rayons-X et l'apparition de cancer, mais surtout vrai par le passé lorsque les doses d'irradiations étaient plus importantes	Oui
Health effects from dental diagnostic X-Ray	Su-Yeon Hwang, Ein Sil Choi, Young Sun Kim, Bo-Eun Gim, Mina Ha, Hae-Young Kim 2018	Corée	Statistique	Rayons-X	Méthode PICO et recueil des données sur PUBMED, EMBASE et MEDLINE et études comparatives avec critères d'inclusions et d'exclusions	Corrélation entre l'exposition aux rayons X dentaire et l'apparition de cancers	Oui
Dental x-rays and the risk of intracranial meningioma: a population based case-control study	W.T Longstreth Jr, L.E Phillips, M. Drangsholt, T.D Koepsell, B.S Custer, J-A Gehrels, G. Van Belle, 2004	Etats-Unis	Cas-témoins	Rayons-X	Etude regroupant 200 patients cas ayant développé un méningiome entre 1995 et 1998 associés chacun à deux patients témoins, sélectionnés dans l'Etat de Washington. Les expositions aux rayons X ont été déterminées lors d'entretiens à partir des souvenirs des patients	L'exposition aux rayons-X dentaire, en particulier par le passé lorsque les doses étaient plus élevées est associée à un risque accru de méningiome. Particulièrement significatif pour les bilans long-cône, peu significatif pour les panoramiques, téléradiographies et radiographies intra-orales	Oui
Dental x-rays and the risk of Thyroid cancer and Meningioma: A systematic review and meta analysis of current epidemiological evidence	A. Memon, I. Rogers, P. Paudyal, J.Sundin 2019	Etats-Unis	Revue de littérature	Rayons-X	Meta-analyse de 7 études sur les tumeurs de la glande thyroïde (6 études cas-témoins et 1 cohorte) et 8 études sur les méningiomes (8 cas-témoins) sélectionnés depuis Medline, Embase, Web of science	Les expositions aux rayons X dentaires peuvent être associées à un risque de cancer de la thyroïde ou de méningiome	Oui
Exposure to ionizing radiation during dental x-rays is not associated with risk of developing meningioma: a meta-analysis based on seven case-control studies	Ping Xu, Hong Luo, Guang-Lei Hang, Xin Hai Yin, Si-Yang Luo, Ju-Kun Song. 2015	Chine	Statistique	Rayons-X	Meta-analyse de 7 études cas-témoins sélectionnées à partir de Pubmed et Embase regroupant 6174 cas et 19459 témoins.	Pas d'association entre l'exposition aux rayons-X dentaires et le risque de développer un méningiome	Non
Dental x-ray exposure is not associated with risk of meningioma	M. Mupparapu, V. Ramana, R. Baddam, K.P Lingamaneni, S.R Singer. 2019		Revue de littérature	Rayons X	Sélection d'articles à partir de différentes bases de données regroupés sous forme de tableau et soumis à une méta-analyse	Pas d'association entre l'exposition aux rayons-X dentaire et le développement de méningiome	Non
Brain and Salivary gland tumors related to prior dental radiography: Implications for current practic	S. Preston-Martin, S.C White. 1990	Etats-Unis	Epidémiologique	Rayons X	Analyse et synthèse de cinq études épidémiologiques sur les tumeurs du cerveau, des méninges crâniennes et des glandes salivaires	Les radiographies dentaires augmenteraient le risque de cancer	Oui
Dental diagnostic x-ray exposure and risk of benign and malignant brain tumors	M.C Lin, C.F Lee, C.L Lin, Y.C Wu, H.E Wang, C.L Chen, F.C Sung, C.H Kao , 2013	Taiwan	Cas-témoins	Rayons X	Etude regroupant d'une part, 4123 patients cas atteints de tumeurs bénignes pour 16 492 témoins et d'autre part 197 patients atteints de tumeurs malignes pour 788 témoins. Les risques de ces deux tumeurs ont été estimés avec la fréquence des radiographies dentaires reçues	Lien entre la fréquence des expositions et l'apparition de tumeurs malignes mais pas retrouvé au niveau des tumeurs malignes	Oui

Tableau 7 : Analyse des articles scientifiques mettant en lien les rayons-X et cancer

Titre de l'article	Auteurs et année	Pays	Type d'étude	Vecteur étudié	Méthodologie	Conclusion	Lien entre rayon-X et cancer
Health effects from dental diagnostic X-Ray	Su-Yeon Hwang, Ein Sil Choi, Young Sun Kim, Bo-Eun Gim, Mina Ha, Hae-Young Kim 2018	Corée	Statistique	Rayons X	Méthode PICO et recueil des données sur PUBMED, EMBASE et MEDLINE et études comparatives avec critères d'inclusions et d'exclusions	Corrélation entre l'exposition aux rayons X dentaire et l'apparition de cancers	Oui
Evidence of genotoxicity of x-rays in the oral mucosa epithelium of adults subject to cone beam CT	J. Da Fonte, T.M de Andrade, R.Lc Albuquerque Jr, Maria B de Melo, W.M Takeshita, 2018	Etats-Unis et Brésil	Expérimentale	Rayons X	29 adultes ayant été soumis à un CBCT partiel ou total ont été sélectionnés. Un prélèvement de leur muqueuse a été effectué avant exposition et à J+10. Ces prélèvements sont ensuite analysés histologiquement et les résultats interprétés à l'aide du test de Wilcoxon	Le CBCT partiel et total semble provoquer des lésions de l'ADN à l'origine de d'altérations nucléaires cytotoxiques	Oui
GENOTOXICITY AND CYTOTOXICITY OF X-RAYS IN CHILDREN EXPOSED TO PANORAMIC RADIOGRAPHY	E.L Antonio, A.J do Nascimento, A.A.S de Lima, M.S Soares Leonart, A. Fernandes. 2017	Brésil	Expérimentale	Rayons X	Echantillon composé de 30 enfants (19 filles et 11 garçons) exposé à une radiographie panoramique. Des prélèvements de la muqueuse buccale ont été réalisés avant exposition et à J+7 et analysés	L'exposition aux rayons-x peut entraîner la mort cellulaire de l'épithélium buccal mais aucun effet génotoxique significatif n'a été trouvé	Non
Genotoxic effects of dental panoramic radiograph in children	E.A EL-Ashery, E.A Abo-Hager, A.S Gawish, 2010	Egypte	Expérimentale	Rayons X	Echantillon composé de 20 enfants) exposé à une radiographie panoramique a des fins de diagnostic. Des prélèvements de la muqueuse buccale ont été réalisés et analysés	La radiographie panoramique n'est peut être pas un facteur qui induit des lésions chromosomiques mais peut favoriser la génotoxicité ces les enfants	Non
Genotoxic effects of X-rays on keratinized mucosa cells during panoramic dental radiography	E.M.M Cerqueira, J.R.C Meireles, M.A Lopes, V.C Junqueira, I.S Gomes-Filho, S. Trindade, G.M Machado-Santelli. 2008	Brésil	Expérimentale	Rayons X	Echantillon composé de 40 exposé à une radiographie panoramique a des fins de diagnostic et participant à l'étude à la demande de leur dentiste. Des prélèvements de la muqueuse buccale ont été réalisés avant l'exposition et à J+10 et analysés	Les rayons-X émis lors de la panoramique dentaire induit un effet génotoxique sur les cellules de l'épithélium gingival en augmentant la fréquence des lésions chromosomiques et des altérations nucléaires	Oui
A comprehensive review of the literature on the biological effects from dental x-ray exposures	V. Chauchan, R.C Wilkins, 2019	Canada	Revue de littérature	Rayons X	Revue de littérature d'articles sur le sujet depuis 1970 à nos jours et analyses des données de ces articles issues d'études épidémiologiques et de biosurveillance	En général, le nombre total d'études est faible et la majorité des données a été générée à partir d'études mal conçues. Bien que la plupart des études épidémiologiques suggèrent une possible corrélation entre les rayons-X et l'apparition de tumeurs, les preuves et liens de causalité sont faibles. Concernant les études de biosurveillance, elles suggèrent que les irradiations peuvent entraîner des lésions localisées à court terme mais sans conséquence sur le long-terme	Non
Radiation induced thumbs carcinoma due to practicing dental X-ray	E.S Halboub, I. Barnkgel, O. Alsabbagh, O. Hamadah, 2015	Syrie	Observationnelle	Rayons X	Cette étude documente le cas d'un praticien exerçant en Syrie et qui a développé un cancer du pouce du à sa négligence et au non respect des règles de radioprotection	En général, les radiographies présentent de faibles doses et des risques minimes pour le patient et le personnel soignant à condition que les règles de radioprotectons soient respectées, ce qui n'est pas le cas de ce praticien.	Oui
Estimated radiation risk of cancer from dental cone beam computed tomography imaging in orthodontics patients	Jih-Kuey Yeh, Chia-Hui Chen, 2018	Taiwan	Expérimentale	Rayons X	Evaluation des doses d'organes et des doses efficaces après examen au CBCT. Calcul du risque de tumeur et du risque de mort cellulaire à l'aide de différents logiciels.	Faible risque de cancer du aux rayonnements issus du CBCT, cependant son essor et son utilisation de plus en plus fréquente, surtout chez les enfants, peut faire l'objet de préoccupations.	Non

Titre de l'article	Auteurs et année	Pays	Type d'étude	Vecteur étudié	Méthodologie	Conclusion	Lien entre rayons-X et cancer
Understanding and communicating radiation dose and risk from cone beam computed tomography in dentistry	J.W Aanenson, J.E Till, H.A Grogan, 2018	Etats-Unis	Observationnelle	Rayons X	Article présentant les doses effectives de chaque organe et compare les doses reçues par le patient lors d'un examen CBCT à d'autres sources de rayonnements.	Le risque de développer un cancer à cause du CBCT est d'approximativement de 1 sur 1 000 000, ce qui reste très acceptable par rapport au bénéfice qu'en retire le patient de cet examen. D'une manière générale, cet examen doit respecter la règle du « ALARA »	Non
Cone beam computed tomography in paediatric dentistry: overview of a recent literature	J.K.M Aps, 2013	Etats-Unis	Revue de la littérature	Rayons X	Revue de littérature d'article sur le sujet pour déterminer les indications et contre-indications du cone beam en odontologie pédiatrique	Si le cone beam a sa place en odontologie pédiatrique, son utilisation doit être évaluée au cas par cas et réservé au strict minimum	Non
The use of cone beam computed tomography in dentistry: an advisory statement from the American Dental Association Council on Scientific Affairs	American Dental Association Council on Scientific Affairs, 2012	Etats-Unis	Revue de la littérature	Rayons X	Revue de littérature d'article sur le sujet dans le but d'élaborer un guide pratique de l'utilisation du cone beam dans la pratique dentaire.	CBCT doivent être limités au strict minimum et uniquement lorsque le bénéfice pour le patient est supérieur au risque encouru	Non
Are dental radiography safe ?	P. Abbott, 2000	Australie	Observationnelle	Rayons X	Article présentant les effets des radiations et leurs risques en fonction des doses reçues et de la fréquence de ces expositions sur la santé des patients.	Bien que chaque exposition aux rayons-X peut induire des dommages à l'origine de cancer, les risques liés aux radiographies dentaires sont faible au vu des doses délivrées. Cependant chaque praticien doit faire en sorte de limiter au maximum l'utilisation des radiographies.	Non
Update on the biological effects of ionizing radiation, relative dose factors and radiation hygiene	S.C White, S.M Mallya, 2012	Etats-Unis	Observationnelle	Rayons X	Article présentant les effets des radiations et leurs risques en fonction des doses reçues et de la fréquence de ces expositions sur la santé des patients.	Pas de preuve concrète que les radiographies dentaires peuvent causer des cancers mais il faut agir comme si c'était le cas et limiter au maximum les examens radiographiques;	Non
Absorbed doses for patients undergoing panoramic radiography, cephalometric radiography and CBCT	M. Wrzesień, J. Olszewski, 2017	Pologne	Experimentale	Rayons X	Utilisation d'un dosimètre thermoluminescent et d'un fantôme anthropomorphe pour mesurer les doses des différentes sources d'expositions. 15 expositions panoramiques, 4 céphalométriques et 4 CBCT ont été réalisés en plaçant des capteurs à 18 endroits anatomiques de la tête	Le CBCT, en comparaison avec les radiographies panoramiques et céphalométriques fournies des doses de rayonnements plus élevées aux patients	Oui
Cytogenic biomonitoring in patients exposed to dental X-rays: comparaison between adults and children	D.A Ribeiro, G de Oliveira, GM de Castro, F. Angelieri, 2014	Brésil	Expérimentale	Rayons X	17 patients adultes et 17 patients enfants ont été inclus dans l'étude et soumis à des prélèvements de tissus avant et après exposition à la radiographie panoramique pour évaluer les dommages de l'ADN	Les données recueillies dans cette étude semble indiquer que la radiographie peut ne pas être un facteur qui induit des lésions de l'ADN mais peut avoir un effet cytologique. Il semble que les enfants ne soient pas plus sensibles aux activités nocives induites par les rayons-X que les adultes	Non
Radiation exposure to foetus and breasts from dental x-ray examinations: effect of the lead shields	A. Kelaranta, M. Ekholm, P. Toroi, M. Kortensniemi	Finlande	Expérimentale	Rayons X	Estimations des doses de rayonnement les plus élevées au niveau du foetus et des seins chez la femme enceinte, testé sur un fantôme anthropomorphe féminin lors de radiographie intra-orale, panoramique, céphalométrique et CBCT, avec et sans protection de plomb	Le risque de cancer du sein pour la femme d'une part et de cancer infantile chez le foetus d'autre part sont très minimes, et par conséquent la nécessité d'une protection de plomb a été jugée non pertinente.	Non
Trends in estimated Thyroid, Salivary Gland, Brain and Eye doses from intramural dental radiography over seven decades (1940 to 2009)	R.C Fontana, E. Pasqual, D.L Miller, S.L Simon, E. Cardis, I. Thierry-Chef 2020	Espagne	Revue de littérature	Rayons X	Evaluation de la dose organe reçue lors de radiographie intra-orale chez l'adulte à partir d'informations collectées sur les registres nationaux et régionaux, de Pubmed, de publications d'intérêt, de manuels et guides de radiologie.	Diminution importante des doses de radiations au fil des décennies notamment grâce à l'évolution technique du matériel et des règles de radioprotection	Possible

Tableau 8: Evolution de la dose thyroïdienne moyenne reçue lors d'examens de radiographies diagnostics entre 1950 et 2009

	Type	1950-1959	2000-2009
Radiographies dentaires	Bilan long-cônes	96 mGy	0,31 mGy
	Bitewing	0,49 mGy	> 0,01 mGy
	Panoramique	19 mGy	0,04 mGy
Radiographies médicales	Radiographie du gril costal	1 mGy	1,04 mGy
	Radiographie des vertèbres cervicales	49 mGy	2,3 mGy
	Radiographie osseuse	9,2 - 10 mGy	0,42 mGy

Serment d'Hippocrate modifié et actualisé pour les Médecins dentistes

Au moment d'être admis à exercer une profession médicale, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de préserver, de promouvoir ou de rétablir la santé dans toutes ses dimensions, physique et mentale, personnelle et sociale.

Pour cela, je travaillerai en partenariat respectueux avec mes confrères et avec toutes les autres professions qui partagent les mêmes objectifs.

J'aiderai les autorités sanitaires dans leurs efforts pour préserver et améliorer la santé de la population.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, d'ethnie, de classe sociale ou de revenus viennent s'interposer entre mes patients et moi.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera.

J'aurai comme objectif de prodiguer à mes patients les soins reconnus comme les plus efficaces par les sciences médicales du moment.

Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ces missions.

Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences et je considérerai comme un devoir absolu de perfectionner sans cesse celles-ci.

Je respecterai toutes les personnes, et leur autonomie.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je tiendrai compte de leurs choix et de leurs préférences pour leur procurer la qualité de vie la meilleure. Je ne ferai rien pour forcer leur conscience.

Je garderai à mes maîtres le respect et la reconnaissance qui leur sont dus.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois couvert d'opprobre et méprisé si j'y manque.

HAMON Bastien et RINVET Tom

Fluor, radiologie en odontologie : danger ou légendes urbaines?

45f., 2 graph., 8 tabl. , 30 cm.- Thèse : Odontologie ; Rennes 1; 2021 ; N° 42.20.21. .

Résumé français

Le fluor et les actes de radiologie sont largement utilisés dans le milieu dentaire et font partie de l'arsenal thérapeutique du chirurgien-dentiste. Le fluor, employé sous forme de dentifrice, de gel, de vernis, ou encore de bains de bouche, est connu pour son efficacité dans la lutte contre la carie dentaire et son rôle protecteur de la dent. Les radiographies, qu'elles soient en 2 ou en 3 dimensions, sont des outils essentiels pour le dépistage et le diagnostic des lésions dentaires et des maladies de la sphère oro-faciale. Cependant, depuis plusieurs années, fluor et radiologie sont de plus en plus remis en cause, particulièrement par les patients qui mettent en avant leurs potentiels effets néfastes sur la santé.

L'objectif de cette revue de littérature est de faire le point sur les effets indésirables connus et reconnus du fluor et des actes de radiologie en Odontologie, et de définir s'ils représentent, ou non, un danger pour les patients.

Rubrique de classement : Revue de littérature

Mots-clés : Toxicité fluor, effets secondaires fluor, fluorose dentaire, fluorose osseuse, fluorose squelettique, dangers radiologie dentaire, effets secondaires radiologie dentaire.

Mots-clés anglais MeSH : Fluoride Cancer, Fluoride Thyroid, Fluoride IQ, Fluoride Intelligence, Fluoride Cognitive, Dental Fluorosis, Skeletal Fluorosis, Bone Fluorosis, Dental x rays and tumors, dental x rays adverse effects

Président : Monsieur Jean-Louis SIXOU

JURY : Assesseurs : Madame Alexia MARIE COUSIN [directeur de thèse]

Madame Justine LE CLERC [membre du jury]

Madame Sophie BINET [membre du jury]