

**THESE**

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement

Par

**Julie MASSOL**

le 21 Septembre 2023

**LES COLORATIONS DENTAIRES POST-  
MORTEM : UNE REVUE DE LA LITTERATURE**

Directeur de thèse : Dr Géromine FOURNIER

**JURY**

Président : Pr Florent DESTRUHAUT

1er assesseur : Dr Delphine MARET- COMTESSE

2ème assesseur : Dr Matthieu MINTY

3ème assesseur : Dr Géromine FOURNIER

**Faculté de santé  
Département d'Odontologie**

➔ **DIRECTION**

**Doyen de la Faculté de Santé**

M. Philippe POMAR

**Vice Doyenne de la Faculté de Santé**

**Directrice du Département d'Odontologie**

Mme Sara DALICIEUX-LAURENCIN

**Directeurs Adjoins**

Mme Sarah COUSTY

M. Florent DESTRUHAUT

**Directrice Administrative**

Mme Muriel VERDAGUER

**Présidente du Comité Scientifique**

Mme Cathy NABET

➔ **HONORARIAT**

**Doyens honoraires**

M. Jean LAGARRIGUE +

M. Jean-Philippe LODTER +

M. Gérard PALOUDIER

M. Michel SIXOU

M. Henri SOULET

Texte

**Chargés de mission**

M. Karim NASR (*Innovation Pédagogique*)

M. Olivier HAMEL (*Maillage Territorial*)

M. Franck DIEMER (*Formation Continue*)

M. Philippe KEMOUN (*Stratégie Immobilière*)

M. Paul MONSARRAT (*Intelligence Artificielle*)

➔ **PERSONNEL ENSEIGNANT**

**Section CNU 56 : Développement, Croissance et Prévention**

**56.01 ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE et ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE** (Mme Isabelle BAILLEUL-FORESTIER)

**ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE**

Professeurs d'Université : Mme Isabelle BAILLEUL-FORESTIER, M. Frédéric VAYSSE

Maîtres de Conférences : Mme Marie- Cécile VALERA, M. Mathieu MARTY

Assistants : Mme Anne GICQUEL, M. Robin BENETAH

Adjoins d'Enseignement : M. Sébastien DOMINE, M. Mathieu TESTE, M. Daniel BANDON

**ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE**

Maîtres de Conférences : M. Pascal BARON, M. Maxime ROTENBERG

Assistants : M. Vincent VIDAL-ROSSET, Mme Carole VARGAS JOULIA

Adjoins d'Enseignement : Mme. Isabelle ARAGON

**56.02 PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ, ODONTOLOGIE LÉGALE** (Mme NABET Catherine)

Professeurs d'Université : M. Michel SIXOU, Mme Catherine NABET, M. Olivier HAMEL, M. Jean-Noël VERGNES

Maîtres de Conférences : Mme Géromine FOURNIER

Adjoins d'Enseignement : M. Alain DURAND, Mlle. Sacha BARON, M. Romain LAGARD, M. Jean-Philippe GATIGNOL

Mme Carole KANJ, Mme Mylène VINCENT-BERTHOUMIEUX, M. Christophe BEDOS

**Section CNU 57 : Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale**

**57.01 CHIRURGIE ORALE, PARODONTOLOGIE, BIOLOGIE ORALE** (M. Philippe KEMOUN)

**PARODONTOLOGIE**

Professeurs d'Université : Mme Sara LAURENCIN- DALICIEUX,

Mme Alexia VINEL, Mme. Charlotte THOMAS

Assistants : M. Joffrey DURAN, M. Antoine AL HALABI

Adjoins d'Enseignement : M. Loïc CALVO, M. Christophe LAFFORGUE, M. Antoine SANCIER, M. Ronan BARRE ,

Mme Myriam KADDECH, M. Matthieu RIMBERT,

## CHIRURGIE ORALE

Professeur d'Université : Mme Sarah COUSTY  
Maîtres de Conférences : M. Philippe CAMPAN, M. Bruno COURTOIS  
Assistants : M. Clément CAMBRONNE, M. Antoine DUBUC  
Adjoints d'Enseignement : M. Gabriel FAUXPOINT, M. Arnaud L'HOMME, Mme Marie-Pierre LABADIE, M. Luc RAYNALDY, M. Jérôme SALEFRANQUE,

## BIOLOGIE ORALE

Professeurs d'Université : M. Philippe KEMOUN, M. Vincent BLASCO-BAQUE  
Maîtres de Conférences : M. Pierre-Pascal POULET, M. Matthieu MINTY  
Assistants : Mme Chiara CECCHIN-ALBERTONI, M. Maxime LUIS, Mme Valentine BAYLET GALY-CASSIT, Mme Sylvie LE  
Adjoints d'Enseignement : M. Mathieu FRANC, M. Hugo BARRAGUE, Mme Inessa TIMOFEEVA-JOSSINET

## **Section CNU 58 : Réhabilitation Orale**

### **58.01 DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESES, FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX** (M. Franck DIEMER)

#### **DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE**

Professeur d'Université : M. Franck DIEMER  
Maîtres de Conférences : M. Philippe GUIGNES, Mme Marie GURGEL-GEORGELIN, Mme Delphine MARET-COMTESSE  
Assistants : M. Ludovic PELLETIER, Mme Laura PASCALIN, M. Thibault DECAMPS  
M. Nicolas ALAUX, M. Vincent SUAREZ, M. Lorris BOIVIN  
Adjoints d'Enseignement : M. Eric BALGUERIE, M. Jean- Philippe MALLET, M. Rami HAMDAN, M. Romain DUCASSE, Mme Lucie RAPP

#### **PROTHÈSES**

Professeurs d'Université : M. Philippe POMAR, M. Florent DESTRUHAUT,  
Maîtres de Conférences : M. Antoine GALIBOURG,  
Assistants : Mme Margaux BROUTIN, Mme Coralie BATAILLE, Mme Mathilde HOURSET, Mme Constance CUNY  
M. Anthony LEBON  
Adjoints d'Enseignement : M. Christophe GHRENASSIA, Mme Marie-Hélène LACOSTE-FERRE, M. Olivier LE GAC, M. Jean-Claude COMBADAZOU, M. Bertrand ARCAUTE, M. Fabien LEMAGNER, M. Eric SOLYOM, M. Michel KNAFO, M. Victor EMONET-DENAND, M. Thierry DENIS, M. Thibault YAGUE, M. Antonin HENNEQUIN, M. Bertrand CHAMPION

#### **FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX**

Professeur d'Université : Mr. Paul MONSARRAT  
Maîtres de Conférences : Mme Sabine JONQOT, M. Karim NASR, M. Thibault CANCEILL, M. Julien DELRIEU  
Assistants : M. Paul PAGES, M. Olivier DENY  
Adjoints d'Enseignement : Mme Sylvie MAGNE, M. Thierry VERGÉ, M. Damien OSTROWSKI

-----  
*Mise à jour pour le 01 Septembre 2023*

## REMERCIEMENTS

### **À ma famille :**

Merci pour votre soutien inconditionnel et votre confiance durant toutes ces années pour enfin arriver à ce jour. Vous n'avez jamais cessé d'y croire même quand j'avais des doutes. C'est grâce à vous, votre investissement et l'amour que vous me portez que j'en suis là aujourd'hui. Maman, je te suis infiniment reconnaissante pour faire tout ton possible pour rendre ma vie plus belle au quotidien, tu as été un moteur pour moi durant toutes ces années. Papa, tu as toujours été là pour répondre à mes questions et m'aider tout au long de ces années et je t'en remercie, je suis impatiente que l'on commence à travailler ensemble. Encore merci à vous deux, je vous aime fort !

### **À Léa :**

À mes côtés depuis plus de 10 ans contre vents et marées, tu fais partie de ma famille et je te remercie pour ton amitié exceptionnelle ainsi que ton soutien qui compte beaucoup à mes yeux. Les années et nos voyages ont confirmé la solidité de notre amitié, j'ai déjà hâte d'être à notre prochain voyage qui sera, j'en suis sûre, aussi dingue que celui au Japon !

### **À Thibaud, mon binôme :**

Tu es une personne incroyable, merci de m'avoir accompagnée et supportée durant toutes ces années, que ce soit sur plan personnel au quotidien ou professionnel en tant que binôme. Tous nos moments passés ensemble en événements aux quatre coins de la France et nos voyages n'ont fait que rendre notre amitié encore plus belle et je t'en remercie du fond du cœur !

### **À Alana et Lélia :**

Merci d'être des personnes exceptionnelles ! Vous m'avez aidée à avancer et à évoluer au quotidien par votre amitié et votre bienveillance. Je ne vous en remercierai jamais assez, vous êtes des piliers dans ma vie et je ne sais pas comment je ferais sans vous ! Et encore merci pour ces moments partagés ensemble tout au long de ces années qui ont été incroyables tout comme notre voyage en Guyane qui restera inoubliable !

### **À Flavie et Hannah :**

Merci d'être à mes côtés au quotidien, dans les bons moments comme dans les mauvais et d'être toujours présentes que ce soit pour aller taper du pied, glander sur le canapé ou tchater sur une chaise de camping. Merci pour tous ces moments de bonheur et de joie que vous apportez dans ma vie. Vous êtes deux tarées et c'est pour ça que notre amitié est aussi exceptionnelle.

### **À Maz et Enzo :**

Que ce soit lors de nos TP, voyages, la team CC pour l'un ou les aventures des champotes pour l'autre nous avons vécu des moments incroyables ces dernières années ! Merci d'être des personnes toujours calmes, positives, bienveillantes avec la joie de vivre sur qui je peux compter dans toutes les situations. Encore merci pour tout ce que vous m'avez apporté pendant toutes ces années.

### **À Mathias, Charlotte, Chloé, Khawla, Edouard, Louise, Nico, Lorette, Bob, Jérém :**

Merci d'avoir rendu ces années de fac aussi belles, et pour votre amitié exceptionnelle envers moi ! Les moments passés avec chacun de vous me montrent à quel point votre amitié compte pour moi. Pour ceux qui étaient à l'HD, merci d'avoir rendu ces années inoubliables par votre bonne humeur chaque jour de clinique et nos goûters d'exceptions.

### **Aux djeuns :**

Merci pour votre bonne humeur, votre soutien et votre folie tout au long de cette année. Vous m'avez régallé !

### **Aux natios, Loulou, Julie, Pierre, Hinsch, Margot, Rosa, Emy, Francis, Séréna, Clara, Charles, Antho, Herme :**

Avec les années vous êtes devenus de vrais amis, je suis heureuse d'avoir pu vous rencontrer ! Merci d'être toujours là et j'espère que notre amitié et nos soirées jusqu'au bout de la nuit dureront encore longtemps.

### **Aux aides-soignantes du service d'odontologie et à l'IML (institut médico-légal) de Toulouse :**

Merci pour votre accueil, toujours avec sympathie et bonne humeur.

À notre Président du jury,

**Monsieur le professeur DESTRUHAUT Florent**

- Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Directeur adjoint du département d'Odontologie de la Faculté de Santé de l'Université de Toulouse III Paul Sabatier
- Directeur adjoint de l'Unité de Recherche Universitaire EvolSan (Evolution et Santé Orale)"
- Habilitation à Diriger des recherches
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Spécialiste Qualifié « Médecine Bucco-Dentaire »
- Docteur de l'École des Hautes Études en Sciences Sociales en Anthropologie sociale et historique,
- Certificat d'Études Supérieures en Prothèse Maxillo-Faciale,
- Certificat d'Études Supérieures en Prothèse Conjointe,
- Diplôme Universitaire de Prothèse Complète Clinique de Paris V,
- Diplôme universitaire d'approches innovantes en recherche de TOULOUSE III
- Responsable du diplôme universitaire d'occlusodontologie et de réhabilitation de l'appareil manducateur
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier.

Je suis très sensible à l'honneur que vous me faites en acceptant  
la présidence de ce jury de thèse.

J'ai le plus grand respect pour l'ensemble de votre enseignement et de votre savoir. Je vous remercie pour votre bienveillance et votre bonne humeur tout au long du cursus

Veillez, à travers cette thèse, recevoir l'expression de ma profonde gratitude.

À notre jury de thèse,

**Madame la Docteur MARET-COMTESSE Delphine**

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Doctorat de l'Université de Toulouse,
- Diplôme Universitaire d'Imagerie 3D,
- Master 2 Recherche Epidémiologie Clinique,
- CES d'Odontologie Légale,
- Diplôme Universitaire de Recherche Clinique en Odontologie (DURCO),
- Enseignant-chercheur, Laboratoire Anthropologie Moléculaire et Imagerie de Synthèse (AMIS) CNRS,
- Habilitation à Diriger des Recherches (H.D.R.).
- Lauréate de l'Université Paul Sabatier.

Je vous suis très reconnaissante d'avoir accepté spontanément de siéger dans mon jury et de faire découvrir le monde de l'odontologie médico-légale au cours de notre cursus.

Veillez trouver dans cette thèse, mes plus sincères remerciements.

À notre jury de thèse,

**Monsieur le Docteur MINTY Matthieu**

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Diplôme d'État de Docteur en Chirurgie-Dentaire
- Master 1 de Biologie de la Santé en « Anthropologie » et « Physiopathologie des infections »
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier
- Diplôme Inter-Universitaire MBDS : Médecine Bucco-Dentaire du Sport
- Certificat d'étude supérieure d'Odontologie Conservatrice – Endodontie – Biomatériaux
- Master 2 Physiopathologie des infections
- AEU de biomatériaux
- Thèse universitaire de biologie

Je suis sensible à l'honneur que vous me faites d'avoir accepté de siéger dans ce jury,  
Je vous remercie pour les enseignements, la bienveillance, l'écoute et la bonne humeur  
dont vous avez fait preuve lors de vos enseignements à la fac ou en clinique à l'HD.

Veillez voir ici l'expression de mon admiration la plus sincère.

À notre jury de thèse,

**Madame la Docteur FOURNIER Géromine**

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Lauréate de l'Université Paul Sabatier,
- DU Odontologie légale et éthique,
- DU Méthode et pratique en identification oro-faciale.

Je vous suis extrêmement reconnaissante d'avoir accepté la direction de cette thèse.

Je tiens particulièrement à vous remercier pour votre disponibilité, votre écoute, votre bonne humeur et votre envie de transmettre vos connaissances qui m'ont permis de découvrir le domaine passionnant de l'odontologie légale. Domaine, dans lequel, j'espère pouvoir poursuivre.

Veillez recevoir l'expression de mes plus grands remerciements et de toute mon admiration.

# TABLE DES MATIÈRES

<i><u>INTRODUCTION GÉNÉRALE</u></i> .....	<b>12</b>
<i><u>I – LES COLORATIONS ROSES POST-MORTEM</u></i> .....	<b>14</b>
1- Objectif de l'étude .....	<b>14</b>
2- Matériels et méthodes .....	<b>14</b>
A- <u>Stratégie de recherche</u> .....	14
B- <u>Sélection des articles</u> .....	14
C- <u>Extraction des données</u> .....	14
3- Résultats .....	<b>28</b>
4- Discussion .....	<b>33</b>
A- <u>Phénomène physiopathologique</u> .....	33
B- <u>Incidence de l'environnement</u> .....	34
C- <u>Prévalence de la cause de décès</u> .....	35
D- <u>Incidence du temps</u> .....	37
E- <u>Prévalence de la localisation</u> .....	39
1. Différences inter-arcades .....	39
2. Différences intra-arcades .....	40
3. Différences intra-dentaires .....	42
F- <u>Incidence de l'âge</u> .....	43
G- <u>Prévalence du sexe</u> .....	44
5- Synthèse .....	<b>45</b>
<i><u>II – LES COLORATIONS DUES AUX HAUTES TEMPÉRATURES</u></i> .....	<b>46</b>
1- Objectif de l'étude .....	<b>46</b>
2- Matériels et méthodes .....	<b>46</b>
A- <u>Stratégie de recherche</u> .....	46
B- <u>Sélection des articles</u> .....	46
C- <u>Extraction des données</u> .....	47
3- Résultats .....	<b>58</b>
4- Discussion .....	<b>73</b>
A- <u>Odontologie légale et phénomène de carbonisation</u> .....	73
B- <u>Incidence du temps et de la température</u> .....	74

1. La température.....	74
2. Le temps .....	75
3. La température et le temps .....	76
C- <u>Évolution de la coloration</u> .....	77
1. Dent naturelle .....	77
a) Coloration des différentes structures dentaires.....	77
b) Phénomènes associés à la déshydratation.....	80
c) Systèmes d'évaluation .....	81
2. Matériaux de reconstitution directe.....	82
a) Amalgame.....	82
b) Résines : Composite et CVI.....	84
c) Oxyde de zinc eugénol .....	87
3. Matériaux de reconstitution indirecte.....	87
4. Bracket orthodontique (63) .....	88
5- Synthèse.....	89
<u>CONCLUSION GÉNÉRALE</u> .....	90
<u>LISTE DES ABRÉVIATIONS</u> .....	91
<u>TABLE DES ILLUSTRATIONS ET TABLEAUX</u> .....	92
<u>ANNEXES</u> .....	94
<u>BIBLIOGRAPHIE</u> .....	96

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

Dans le cadre de la médecine légale, le chirurgien-dentiste peut être sollicité pour aider à l'identification de victimes décédées. Il devient alors un auxiliaire de la justice.

L'odontologie médico-légale est une branche de la médecine légale qui s'intéresse à l'étude des dents et des maxillaires (1). L'odontologiste médico-légal est amené à réaliser un relevé dentaire *post-mortem* qui permettra de comparer les données avec un éventuel dossier *ante-mortem*. Lors de ce relevé le praticien consignera tous les éléments susceptibles d'aider à l'identification de l'individu. Il peut s'agir d'indices thérapeutiques (obturations, réhabilitation prothétiques...), anatomiques et pathologiques (caries...). Ces éléments pouvant également donner des hypothèses sur les circonstances du décès. (2)

Dans cette thèse nous nous sommes intéressés aux colorations dentaires apparaissant en *post-mortem* notamment les colorations roses et celles dues aux hautes températures comme lors d'incendies.

Les dents roses (PTP : *pink tooth phenomenon*) sont désignées comme des éléments sous-déclarés lors des autopsies (3). Elles se définissent comme une modification de couleur cadavérique dans laquelle les dents du défunt présentent un aspect rose, rouge ou brunâtre (4) (Figure 1). Elles ont été décrites pour la première fois par Bell en 1829 (5). Cependant, la signification exacte de son apparition est encore mal comprise variant d'un cas à l'autre. L'étiologie reste floue (4). Tout cela rend son interprétation complexe.



Figure 1 : Photographie d'un maxillaire présentant le phénomène des dents roses (6)

Dans un second temps, nous aborderons les colorations dues aux hautes températures. L'identification dentaire est d'autant plus importante en cas de carbonisation. En effet, des parties importantes du corps peuvent avoir été détruites par les flammes, ce qui rend l'identification visuelle très compliquée, voire impossible (7) (Figure 2).

Grâce à leur structure, les dents résistent aux hautes températures et peuvent souvent être la

seule preuve restante après une exposition prolongée (8). Elles peuvent donc apporter des informations, par leur coloration, sur les événements *peri-* et *post-mortem* et aider à l'identification de l'individu (9).



Figure 2 : Photographie de maxillaires carbonisés (Source : Dr Fournier)

L'objectif principal a été de mener une revue de la littérature concernant le phénomène des dents roses et les changements de coloration lors d'évènements à hautes températures.

# I – LES COLORATIONS ROSES *POST-MORTEM*

## 1- Objectif de l'étude

L'objectif principal de cette étude a été de mener une revue de la littérature concernant le phénomène des dents roses *post-mortem*.

## 2- Matériels et méthodes

### A- Stratégie de recherche

Une revue de la littérature a été réalisée grâce à une recherche de données sur *PubMed*, *Google Scholar* en fonction des critères PRISMA (Annexe 1) en reprenant et en complétant les recherches issues d'une précédente thèse menée en 2019 (4). Les recherches ont été menées en utilisant les mots clés : (*post-mortem* OR *postmortem*) AND (*pink tooth* OR *pink teeth*). La dernière recherche a été réalisée le 23/03/2023.

### B- Sélection des articles

Des critères d'inclusions et d'exclusions ont été sélectionnés :

Les critères d'inclusion étaient :

- Articles traitants du phénomène de coloration rose *post-mortem*
- Dents d'origine animale dans un cadre expérimental

Les critères d'exclusion étaient :

- Articles non disponibles en anglais ou en français

Dans la revue de la littérature issue de la thèse de 2019, 23 articles ont été inclus et 15 ont été exclus. Après de nouvelles recherches ainsi que la lecture de nouveaux textes intégraux, 5 articles supplémentaires ont pu être inclus, notamment la thèse menée en 2019 et 10 articles de plus ont été exclus. Tous les articles étaient en français ou en anglais. Ces 28 articles sélectionnés sont répertoriés par ordre de publication (Tableau 1). Les 25 articles exclus sont regroupés dans le (Tableau 2).

### C- Extraction des données

Les articles ont d'abord été classés en fonction de leur type : *in vivo*, *in vitro* ou revue de la littérature. Les articles classés *in vivo* sont ceux basés sur de l'observationnel. Les articles classés dans les expériences *in vitro* sont ceux où une analyse en laboratoire a été réalisée avec des outils complémentaires. L'extraction de données s'est faite de la même

manière pour les articles *in vivo et in vitro* selon les critères suivants (Tableau 3) :

- Année et auteurs
- Type d'article
- Dents concernées
- Sexe
- Âge au décès
- Cause du décès
- Date de découverte *post-mortem*
- Lieu de conservation du corps

Pour les articles classés dans les expériences *in vitro*, les paramètres analysés ont également été relevés (Tableau 4).

Année	Auteurs	Type d'article
1973	Beeley et Harvey	Étude <i>in vitro</i>
1977	Kirkham et al	Étude <i>in vitro</i>
1984	Clark et Law	Étude <i>in vitro</i>
1987	Brondum et Simonsen	Étude <i>in vivo</i>
1987	Van Wyk	Étude <i>in vitro</i>
1988	Van Wyk "Post mortem pink teeth : in vitro production"	Étude <i>in vitro</i>
1988	Van Wyk "Pink teeth of the dead : II. Minor variations"	Étude <i>in vitro</i>
1988	Ikeda et al	Étude <i>in vitro</i>
1989	Van Wyk	Étude <i>in vitro</i>
1994	Borrman et al	Revue de la littérature
1995	Dye et al	Étude <i>in vitro</i>
1996	De Almeida et al	Étude <i>in vitro</i>
1998	Ortmann et Duchesne	Étude <i>in vitro</i>
2002	Tavernier et al	Étude <i>in vivo</i>
2006	Campobasso et al	Étude <i>in vitro</i>
2008	Dumser et Turkey	Étude <i>in vivo</i>
2009	Soriano et al	Étude <i>in vivo</i>
2013	Rachna et al	Revue de la littérature
2015	Gowda et al	Étude <i>in vitro</i>
2016	Mittal et al	Étude <i>in vivo</i>
2018	Franco et al	Étude <i>in vivo</i>
2019	Franco et al	Revue de la littérature
2019	Hartomo et al	Revue de la littérature
2020	Sarah Vaillant	Revue de la littérature issue d'une thèse
2020	Brites et Franco	Étude <i>in vivo</i>
2021	Mittal	Étude <i>in vivo</i>
2021	Mittal	Revue de la littérature
2022	Minegishi et al	Étude <i>in vivo</i>

Tableau 1 : Liste des publications sélectionnées en précision la date de publication et le type d'étude menée.

Articles exclus	Raisons de l'exclusion
Jani et Johnson (2018)	Pas de lien avec le phénomène de dents roses <i>post-mortem</i>
Dittmer KE et al. (2017)	Traite des difformités squelettiques d'agneaux
Erratum de l'article de Gowda BC et al. (2015)	Doublet
Thompson KA et al. (2015)	Rapport de cas d'un mélanome oral d'un boa
Sakuma A et al. (2015)	Étude sur l'âge
Thapar R et al. (2013)	Rétracté sur <i>Pubmed</i>
Franco A et al. (2012)	Pas de lien avec le phénomène de dents roses <i>post-mortem</i>
White C et Dixon PM. (2010)	Étude sur la dentine secondaire chez les chevaux
Xu XM et al. (2006)	Non disponible en anglais ou français (chinois)
Sainio P et al. (1990)	Étude sur des dents de rats
Ikeda N et al. (1988)	Non disponible en anglais ou français
Kato Y (1986)	Non disponible en anglais ou français
Takano M et al. (2009)	Non disponible en anglais ou français
Athreya S et Raj R (2010)	Recherche de la communauté à laquelle appartenait une femme dont le cadavre est retrouvé
Srivastava A.K. et al. (2015)	Traite de l'identification avec preuves dentaires en général
Bugelli V et al (2020)	Article sur les otorragies <i>post-mortem</i>
MEL González et al. (2006)	Article non disponible en anglais ou en français
Stavrianos C et al. (2011)	Article non disponible
Manoilescu I et al. (2015)	Changement <i>post-mortem</i> des dents sous l'action de la décomposition cadavérique et des facteurs environnementaux
Mansilla J et al. (2002)	Taches sur dents archéologiques
Higgins D et J.J Austin (2013)	Analyse ADN des dents
Gavrillo A (2013)	Article non disponible en anglais ou en français (espagnol)
Sharma S et al. (2020)	Article non disponible
Fourie PJJ (1943)	Pas de lien avec le phénomène de dent rose <i>post-mortem</i>
Sappayatosok K (2009)	Étude sur les protéines pro-inflammatoires dans le carcinome épidermoïde oral

Tableau 2 : Exclusion des articles après lecture des titres, des résumés ou des textes intégraux.

La partie matériels et méthodes des études *in vitro* et des cas cliniques sont présentées dans le tableau ci-dessous (Tableau 3) selon les critères suivants : Année, auteurs, type d'article, dents concernées, sexe, âge du décès, cause du décès, date de découverte *post-mortem*, lieu de conservation du corps et état du corps. Pour les études *in vitro*, les paramètres analysés sont présentés dans le Tableau 4. Ces tableaux proviennent d'une revue de la littérature rédigée dans une thèse en 2019 (4) et complétés avec 5 articles supplémentaires pour la rédaction de ce travail.

Année	Auteurs	Type d'article	Dents concernées	Sexe ♀ / ♂	Âge au décès	Cause du décès	Date de découverte <i>post-mortem</i>	Lieu de conservation du corps	État du corps
1973	Beeley et Harvey (10)	Étude <i>in vitro</i>		♂	30	Absence d'information	Entre 30 et 40 jours	Trouvé en mer	
	Validation par Comité d'Éthique non précisée		Absence d'information	♂	40	Tué par balle	94 jours	Enterré sous des pierres dans un lieu humide	Absence d'information
				♀	31	Poison barbiturique	46 jours	Absence d'information	Absence d'information
				♂	21	Absence d'information	90 jours	Trouvé en mer	
				♂	25	Absence d'information	30 jours	Trouvé dans un estuaire fluvial	
1977	Kirkham et al. (11)	Étude <i>in vitro</i>	Dents antérieures > Dents postérieures	♀	11	Absence d'information	3 semaines	Trouvé dans un sac poubelle en plastique	Décomposition
	Pas d'information sur la validation par un Comité d'Éthique car nous n'avons pas eu accès au texte intégral		Incisives, canines, prémolaires > molaires	♂	39	Tué par balle (tête)	Absence d'information	Trouvé dans un emmason	Décomposition
			Absence d'information	♂	31	Absence d'information	4 jours	Trouvé à la surface d'un lac	Absence d'information
			Absence d'information	♂	23	Tué par balle (tête)	9 mois	Trouvé dans une tombe peu profonde	Décomposition
			Molaires (dents antérieures carbonisées)	♂	44	Incendie	24 heures	Dans une voiture	Absence d'information
			Toutes sauf une canine	♂	43	Absence d'information	(Décomposition avancée)	Absence d'information	Décomposition
			Absence d'information	♂	40	Overdose de barbituriques	4 mois	Absence d'information	Absence d'information
			Deux dents antérieures		4 ans 1/2	Absence d'information	3 mois	Surface du sol	Squelette

1984	Clark et Law (12)	Étude <i>in vitro</i>	Plusieurs dents antérieures	♂	23	Absence d'information	2 mois	Absence d'information	Absence d'information	Squelette
Validation par Comité d'Éthique non précisée			Dans deux des cas : dents antérieures / Sur un corps retrouvé sur le côté gauche, degré de rose des molaires identique	♂	39	Incertaine	Absence d'information	Région boisée ouverte, partiellement momifié, manifestement décomposé	Décomposition marquée	
				♂	30	Noyade	1 mois	Trouvé en mer	Absence d'information	
				♂	55	Chute d'un ferry	1 semaine	Trouvé en mer	Absence d'information	
1987	Brøndum et Simonsen (13)	Étude <i>in vivo</i>	Absence d'information	♂	54	Overdose de dichloralphenazone	18 jours	Absence d'information	Décomposition	
				3 ♂	20-30 ans x3	Inconnue	2 mois	Mer	Sévère putréfaction	
Validation par un Comité d'Éthique non précisée			Absence d'information	♂	29 ans	Pendaison	3 mois	Forêt	Putréfaction	
				♂	85 ans	Inconnue	2 mois	Mer	Putréfaction / présence d'adipocire	
				♂	32 ans	Noyade	Plusieurs mois	Mer	Sévère putréfaction	
				♂	43 ans	Noyade	22 jours	Mer	Présence sévère d'adipocire	
				♂	25 ans	Pendaison	8 jours	Milieu sec	Putréfaction modérée	
				♂	28 ans	Noyade	2 mois et demi	Mer	Sévère putréfaction	
				♂	24 ans	Noyade	41 jours	Mer	Sévère putréfaction	
				♂	47 ans	Noyade	8 mois	Mer	Putréfaction / présence d'adipocire	
				♂	46 ans	Noyade	2 mois	Mer	Sévère putréfaction	



1988	Ikeda et al. (15)	Étude <i>in vitro</i>		Chiens				7 à 10 jours	Trouvés en forêt dans laquelle avaient été trouvés des cadavres avec des dents roses	Décomposition
Pas d'information sur la validation par un Comité d'Éthique car nous n'avons pas eu accès au texte intégral										
1988	Van Wyk "Post mortem pink teeth: in vitro production" (16)	Étude <i>in vitro</i>	Absence d'information	98 dents extraites dont les chambres pulpaire ont été remplies de sang de 7 cadavres.	Absence d'information	Sang prélevé sur 7 cadavres dont la mort est non naturelle	Sang utilisé sur des cadavres à 8,11,15,38,35 x 2, 58 heures <i>post mortem</i>	Absence d'information	Absence d'information	Absence d'information
Validation par Comité d'Éthique non précisée										
1988	Van Wyk "Pink teeth of the dead: II. Minor variations" (17)	Étude <i>in vitro</i>	Absence d'information	45 colorations parmi 175 sections de dents étudiées	Absence d'information	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Accidents demotos</li> <li>- Meurtres</li> <li>- Accidents de train</li> <li>- Causes naturelles</li> <li>- Tué par balle</li> <li>- Cause inconnue</li> <li>- Noyade</li> <li>- Suicide</li> <li>- Explosions</li> </ul>	1 à 21 jours	Absence d'information	Absence d'information	Absence d'information
Pas d'information sur la validation par un Comité d'Éthique car nous n'avons pas eu accès au texte intégral										
1989	Van Wyk (18)	Étude <i>in vitro</i>	Absence d'information	21 cas	Absence d'information	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 9 noyades</li> <li>- 5 brûlés (dont 4 étranglés)</li> <li>- 3 avec couteaux</li> <li>- 4 trop décomposés pour établir la cause</li> </ul>	À partir de 5 jours et plus	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sous des décombres</li> <li>- Terrain dégagé</li> <li>- Tombes peu profondes (étranglés)</li> </ul>	Degrés variables de décompositions dont un à l'état de squelette	
Pas d'information sur la validation par un Comité d'Éthique car nous n'avons pas eu accès au texte intégral										
1995	Dye et al. (19)	Étude <i>in vitro</i>	Absence d'information	4 cas : ♂ ♂ ♂ ♀	30-40ans + 35ans + 35ans + 50ans	Absence d'information	Absence d'information	Absence d'information	Absence d'information	Provenant d'un lieu de sépulture, indique certainement une squelettisation
Validation par Comité d'Éthique non précisée										

1996	De Almeida et al. (20)	Étude <i>in vitro</i>	Absence d'information	8 ♂	Absence d'information	- 4 noyés - 2 par pendaison - 1 asphyxié - 1 tué par balle	Absence d'information	Absence d'information	Absence d'information	Absence d'information
Pas d'information sur la validation par un Comité d'Éthique car nous n'avons pas eu accès au texte intégral										
1998	Ortmann et DuChesne. (21)	Étude <i>in vitro</i>	Une partie des dents concernées	♀	39	Combinaison de : - Intoxication à la timipramine (antidépresseur) - Hypothermie - Pneumonie	Absence d'information	Absence d'information	Trouvée en forêt	Décomposition avancée, putréfiée
Validation par Comité d'Éthique non précisée										
2002	Tavernier et al. (22)	Étude <i>in vivo</i>	21 ; 32 ; 41 ; 42	♀	58 ans	Accident médicamenteux	Absence d'information	Absence d'information	Domicile	Putréfaction
Pas d'information sur la validation par un Comité d'Éthique car nous n'avons pas eu accès au texte intégral										
			32 ; 33	♂	71 ans	Appareil circulatoire, naturelle	Absence d'information	Absence d'information	Domicile	Putréfaction
			11 ; 12 ; 42 ; 43	♂	39 ans	Appareil circulatoire, naturelle	Absence d'information	Absence d'information	Domicile	Putréfaction
			11 ; 21	♂	60 ans	Inconnue, non traumatogène	Absence d'information	Absence d'information	Hôtel	Putréfaction
			15 ; 23 ; 24 ; 45 ; 44 ; 43 ; 42 ; 41 ; 31 ; 32 ; 33 ; 34 ; 35	♂	37 ans	Inconnue	Absence d'information	Absence d'information	Domicile	Putréfaction
			33 ; 43 ; 44	♀	53 ans	Strangulation, homicide	Absence d'information	Absence d'information	Extérieur	Putréfaction
			17 ; 14 ; 22 ; 31 ; 32 ; 33 ; 34 ; 35 ; 43 ; 44 ; 45	♂	62 ans	Inconnue	Absence d'information	Absence d'information	Domicile	Squelette
			21 ; 31 ; 32 ; 41 ; 42	♂	33 ans	Overdose	Absence d'information	Absence d'information	Domicile	Putréfaction
			11 ; 21 ; 31 ; 32 ; 33 ; 41 ; 42 ; 43 ; 44 ; 45	♀	Absence d'information	Absence d'information	Absence d'information	Absence d'information	Absence d'information	Putréfaction
			14 ; 15 ; 17 ; 24 ; 25 ; 47 ; 42 ; 43 ; 44	♂	25 ans	Chute, accident	Absence d'information	Absence d'information	Trou	Squelette

2006	Campobasso et al. (23)	Étude <i>in vitro</i>	Validation par Comité d'Éthique non précisée	Dents monoradiculées > Dents racines multiples 2 Incisives et canines 2 prémolaires 3 molaires	♀	25 ans	Noyade	7 mois	En mer : eau à 800mètres est de 4°C	Formation d'adipocires avec pré-squelettisation de la plupart des cas
				2 Incisives et canines 1 prémolaire 2 molaires	♂	29 ans				
				2 Incisives et canines 3 prémolaires 2 molaires	♀	22 ans				
				7 Incisives et canines 6 prémolaires 4 molaires	♂	15 ans				
				5 Incisives et canines 5 prémolaires 4 molaires	♀	33 ans				
				2 Incisives et canines 1 prémolaire 2 molaires	♀	23 ans				
				3 Incisives et canines 3 prémolaires 3 molaires	♀	21 ans				
				3 Incisives et canines 3 prémolaires 2 molaires	♀	21 ans				
				6 Incisives et canines 4 prémolaires 3 molaires	♀	22 ans				
				6 Incisives et canines 3 prémolaires 3 molaires	♂	16 ans				
				7 Incisives et canines 2 prémolaires 2 molaires	♂	22 ans				



Validation par Comité d'Éthique non précisée		Absence d'information	♂	45 ans	Hémorragie et choc	8 jours	Absence d'information	décomposés
2016	Mittal et al. (27) Étude <i>in vivo</i>	Toutes les dents	♂	25 ans	Noyade	2 semaines	Étang	Décomposition
Validation par Comité d'Éthique non précisée		Toutes les dents	♂	30 ans	Étranglement par ligatures	10 jours	Couché, journée pluvieuse	Décomposition
2018	Franco et al. (6) Étude <i>in vivo</i>	15,14,13,12,21, 22, 23, 42,43 (11,24, 44 traitées endodontiquement)	♂	Supérieur à 30 ans	Trauma cranio encéphalique par instrument contondant	Absence d'information	Eau	Décomposition avancée
Validation par Comité d'Éthique non précisée		14, 13, 11, 21, 22, 34, 33, 32, 31, 41, 42, 43, 44, 45, 46	♂	Supérieur à 20 ans	Indéterminée	Absence d'information	Eau	Décomposition avancée
		32	♂	23 ans	Arme à feu	Absence d'information	Campagne	Décomposition avancée
		13, 26, 37, 33, 32, 31, 42, 43, 44, 45, 46	♂	Plus de 20ans	Traumatisme cranio-encéphalique	Absence d'information	Campagne	Décomposition avancée
		33, 32, 31	♂	Plus de 20ans	Asphyxie	Absence d'information	Eau	Décomposition avancée
		35, 34, 33, 32, 31, 41, 42, 43, 44, 45, 48	♂	23 ans	Indéterminée	Absence d'information	Campagne	Décomposition avancée
		13, 12, 11, 21, 35, 34, 33, 32, 31, 41, 42	♂	31 ans	Indéterminée	Absence d'information	Campagne	Décomposition avancée
		54, 53, 52, 64, 74, 84	♀	6 ans	Traumatisme cranio-encéphalique	Absence d'information	Campagne	Décomposition avancée
2020	Brites et Franco. (28) Étude <i>in vivo</i>	Absence d'information	♂	26 ans	Pendaison	Absence d'information	Absence d'information	Absence d'information
Validation par un Comité d'Éthique								

2021	Mittal. (29)	Étude <i>in vivo</i>	17, 15, 12, 11, 21, 22, 31, 32, 33, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48	♂	< 20 ans : 1 20-39ans : 9 40-59ans : 20 69-79ans : 15 80-99ans : 6 Non définis : 17	Pendaison Pendaison : 3 Noyade : 18 Empoisonnement au CO : 4 Autres : 6	Environ 6 jours ≤ 1 semaine : 10 2 sem-1 mois : 27 2-6mois : 18 ≥ 7 mois : 13	Forêt Dedans : 36 Dehors : 11 Dans l'eau : 21	Putréfié, momification naissante Absence d'information
	2022	Minegishi et al. (30)	Étude <i>in vivo</i>	Absence d'information	68 cas : - 46 ♂ - 20 ♀ - 2 non identifiés				
		Validation par un Comité d'Éthique non précisée							
		Validation par un Comité d'Éthique							

Tableau 3 : Matériel et méthodes des études *in vitro* et des cas cliniques.

Année	Auteurs	Paramètres analysés
1973	Beeley et Harvey	Spectrophotométrie / Focalisation ISO électrique / Mesures du pH / Détection de monoxyde de carbone
1777	Kirkham et al.	Microscopie / Centrifugation / Spectrophotométrie / Électrophorèse
1984	Clark et Law	Chromatographie sur couche mince / Spectrophotométrie / Photographie
1987	Van Wyk	Microscopie optique
1988	Ikeda et al.	Microscopie électronique à balayage
1988	Van Wyk "Post mortem pink teeth: in vitro production"	Enregistrements photographiques / Spectrophotométrie / Microscopie / Tomographie
1988	Van Wyk "Pink teeth of the dead: II. Minor variations"	Microscopie optique
1989	Van Wyk	Microscopie / Microscopie UV
1995	Dye et al	Edax (energy dispersive X-ray analysis) / Microscopie optique / Microscopie UV
1996	De Almeida et al.	Microscopie optique
1998	Ortmann et DuChesne	Microscopie optique / Immunohistochimie / Spectrophotométrie / Chromatographie
2006	Campobasso et al.	Laser à argon / Microscopie optique/ Photographie
2015	Gowda et al	Microscopie optique

Tableau 4 : Paramètres analysés des études *in vitro*.

### 3- Résultats

Les résultats des études *in vitro* et des cas cliniques sont présentés dans le tableau ci-dessous (Tableau 5) selon les critères suivants : Référence, pigment responsable, localisation de la coloration, étiopathogénie/causes, rôle de la décomposition, dépendance du temps, lien avec le décès. Et les conclusions des revues de la littérature sont présentées dans le Tableau 6. Ces tableaux sont issus de la revue de la littérature réalisée dans la thèse rédigée en 2019 (4) et complétés avec les 5 articles que nous avons ajoutés pour notre revue.

Référence	Pigment responsable	Localisation de la coloration	Étiopathogénie / Causes	Rôle de la décomposition	Dépendance du temps	Lien avec le décès
Beeley et Harvey (1973)	L'hémoglobine (Hg) ou un dérivé de l'Hg, la cavité pulpaire apparaissant moins claire que dans le canal radiculaire, est responsable de la couleur rose					
	Possible rôle de la production de monoxyde de carbone dans la formation d'un complexe instable avec l'hg <i>post-mortem</i>				Après un stockage d'un an à -20°C, la couleur rose s'estompe progressivement	
Kirkham et al (1977)	Avec le temps et le dessèchement, l'hg prend une teinte marron, ce qui amène à une coloration grise/marron des dents progressivement	Les dents apparaissent roses avec émail recouvrant au niveau de la couronne mais ont une coloration plus rouge au niveau des racines	La pulpe dentaire subit une autolyse suite à laquelle l'hg pénètre dans les tubuli dentinaires.			
Clark et Law (1984)		Le type de dents concernées ne dépend pas de la position du cadavre. Émail non concerné par la pigmentation	Augmentation rapide de la pression veineuse dans la pulpe conduisant à l'extravasation des érythrocytes dans la pulpe et/ou des hémorragies de la pulpe, suivi d'autolyse de la pulpe avec diffusion d'hème en solution dans les tubuli dentinaires et décomposition d'hème en protoporphyrine			

Brondum et Simonsen (1987)				Phénomène souvent observé lorsque les cadavres résultent d'une putréfaction marquée et formation d'adipocire	Rôle important du temps post mortem	
Van Wyk (1987)	Le pigment responsable est un dérivé du sang		Lien avec l'humidité	Lien avec une mort soudaine non naturelle		
Ikeda et al (1988)	La dentine des dents qui présentent ce phénomène contient du fer (semble venir de dérivés du sang)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Présence de plus de tubuli dentinaires facilitant le passage du sang</li> <li>- Espace inter tubulaire dentinaire moins compact</li> </ul>				
Van Wyk (1988) "Post mortem pink teeth : in vitro production"		Émail ne se colorera pas car il s'agit d'une structure trop dense		Apparition au bout du 6ème jour		
Van Wyk (1988) "Pink teeth of the dead : II. Minor variations"					Pas de corrélation entre les résultats pulpaire et la cause de la mort	
Van Wyk (1989)	Pigment responsable : hémoglobine					
Dye et al (1995)					Mécanisme d'apparition différent entre les dents roses en archéologie et en médecine légale	
De Almeida et al (1996)					La coloration rose s'établit entre le 15ème et 20ème jour.	

Ortmann et Duchesne (1998)		Ici observé sur la dentine seule (pas sur l'émail).	Des conditions anatomiques sont requises : Structure poreuse (tubuli dentinaires) protégée du dessèchement par une structure dure et dense (dentine).			
Tavernier et al (2002)			Possibilité d'établir un lien entre la topographie du rosissement et la position qu'avait le cadavre dans les premiers temps de la mort.			- Rosissement dentaire retrouvé tant sur individus de mort violente que de mort naturelle - Pas de détermination possible de la cause de la mort
Campobasso et al (2006)	Tubuli dentinaires remplis de dérivés de l'Hb (aucun signe d'ion ferrique ou d'hémosidérine retrouvé)	- Dents antérieures à racines simples plus concernées que les molaires pluriradiculées - Mâchoire inférieure plus concernée que supérieure - Phénomène plus observé au niveau cervical	Phénomène plus observé chez les jeunes car les tubuli rétrécissent avec l'âge et sont moins pénétrants			
Dumser et Turkay (2008)					La première apparition de dents roses en eau salée peut être retardée jusqu'à 10 jours par rapport à l'eau douce  Le temps d'apparition est donc de 2,5 à 3,5 semaines en eau salée	
Soriano et al (2009)						Lien entre l'asphyxie et le phénomène de dents roses
Gowda et al (2015)		Décoloration plus intense au niveau cervicale / Décoloration présente dans la dentine mais pas au niveau amélaire				

Mittal et al (2016)				L'environnement humide joue un rôle important				Pas d'association à une cause de décès spécifique
Franco et al (2018)		Coloration présente sur dents temporaires car grande perméabilité dentine et émail / Coloration plus intense dans la région cervicale		Décomposition est le seul aspect commun entre les cas / Décomposition observée sur cadavres retrouvés dans l'eau mais aussi régions rurales chaudes				
Brites et Franco (2020)								Pas de lien avec cause du décès / Pas de lien avec congestion sanguine de la tête
Mittal (2021)								Lien avec hypostase du corps due à une inclinaison de la tête
Minegishi et al (2022)		Tendance à persister au niveau de la région cervicale		Pas de différence d'intensité en fonction du lieu de récupération / Fortement liée au processus de décomposition		Lien avec le temps <i>post-mortem</i> , intensité coloration rose : ( $\leq 1$ semaine) < ( $>7$ mois) < (2 semaines - 6 mois) / Tendance à diminuer avec le temps après le décès		Pas d'association avec la cause de décès

Tableau 5 : Résultats des études in vitro et des cas cliniques.

Borrman et al (1994) (31)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nécessité d'un temps de plusieurs jours à plusieurs semaines pour l'apparition du phénomène</li> <li>- Rôle important de l'humidité</li> <li>- La cause du décès non spécifique</li> <li>- Phénomène d'hémolyse entraîne la diffusion de l'hémoglobine</li> <li>- Pas de phénomène dents roses en milieu sec</li> </ul>
Rachna et al (2013) (32)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coloration radiculaire plus intense que coloration coronale</li> <li>- Variation de la distribution du phénomène au sein de la denture</li> <li>- Degré de pigmentation non constant</li> <li>- Phénomène se développe au plus tôt après une à deux semaines <i>post-mortem</i></li> <li>- Phénomène plus prononcé chez les jeunes</li> <li>- Phénomène plus fréquent chez les victimes d'asphyxie</li> <li>- Présence d'humidité est importante</li> </ul>
Franco et al (2019) (33)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Existence d'une prédilection du phénomène pour les personnes jeunes mais pas de prédilection pour le sexe</li> <li>- Phénomène plus courant dans un environnement humide</li> <li>- L'asphyxie est la principale cause de décès</li> <li>- Décomposition cadavérique joue un rôle important</li> </ul>
Hartomo et al (2019) (34)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aucune corrélation spécifique entre la coloration et la cause du décès</li> <li>- Coloration est généralement associée à une asphyxie</li> <li>- Conditions environnementales humides contribuent à accélérer l'apparition des dents roses</li> </ul>
Vaillant (2020) (4)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas un signe pathognomonique d'une étiopathologie</li> <li>- Victimes d'asphyxie dont les corps sont en décomposition</li> <li>- Corps exposés à un environnement humide</li> <li>- Apparition après environ une semaine <i>post-mortem</i></li> <li>- Si toutes les conditions sont identiques pour plusieurs victimes, tous ne présentent pas toujours le phénomène de dents roses</li> </ul>
Mittal (2021) (35)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Augmentation de la pression veineuse dans la pulpe suivie d'une autolyse avec diffusion de l'hémoglobine</li> <li>- Environnement humide semble nécessaire, bien que des cas sur des cadavres momifiés ou secs soulèvent des doutes</li> <li>- L'évolution de la décomposition dans la zone de la tête et les conditions atmosphériques peuvent influencer l'apparition du phénomène</li> <li>- Restaurations, interventions, pathologies, variations anatomiques, traumatismes peuvent donner une coloration différente ou empêcher la pigmentation</li> <li>- Apparition au moins une semaine <i>post-mortem</i>, avec un pic d'intensité à environ un mois</li> <li>- Dépend des facteurs qui affectent la vitesse de décomposition et perd rapidement sa couleur à l'air libre</li> <li>- L'augmentation de l'activité fibrinolytique dans la chambre pulpaire maintient le sang dans un état fluide</li> <li>- Pas de lien avec la cause de décès et multiples variables indépendantes qui affectent la formation de dents roses</li> </ul>

*Tableau 6 : Comparatif des conclusions des revues de la littérature.*

#### 4- Discussion

##### A- Phénomène physiopathologique

- Vascularisation

Le phénomène des dents roses nécessite des conditions préalables. Tout d'abord, une congestion sanguine ayant lieu lors de l'insuffisance pré-finale du ventricule droit entraîne au niveau de la pulpe une augmentation de la pression veineuse (23). Également, une extravasation des érythrocytes dans la pulpe est observée. Cette extravasation peut être associée à une hémorragie de la pulpe aboutissant à une autolyse de celle-ci et à une diffusion de l'hème dans les tubuli dentinaires (11).

Tout cela est permis par la rupture de la paroi des globules rouges entraînant la libération de l'hémoglobine (11). Pour rappel, les globules rouges ont un diamètre moyen de 7,5 microns et les tubuli dentinaires un diamètre de 3 microns. Ainsi la lyse des érythrocytes permet la diffusion des produits de l'érythrocyte, responsables du rosissement, dans les tubuli (26).

Cependant cette autolyse n'est pas suffisante pour produire ce phénomène de dents roses. Ce dernier nécessite aussi une augmentation de la perméabilité des capillaires ayant lieu peu après le décès (16). À cela, s'ajoute la fluidité du sang, critère nécessaire au phénomène. La fluidité est maintenue longtemps après le décès, lors de morts subites ou non-naturelles. Ce délai pourrait s'expliquer par un échec de la coagulation en lien avec l'augmentation de l'activité fibrinolytique (19,35).

- Composants impliqués

Dans la littérature les composants et les dérivés impliqués dans le phénomène des dents roses sont : l'hémoglobine, les porphyrines, l'hémosidérine, la bile (10,26) et le fer (15).

Tous les auteurs s'accordent pour dire que le composant principal est l'hémoglobine (10,11) avec la présence de produits de dégradations/dérivés de celle-ci (20,23). Un manque de consensus persiste dans la littérature concernant les autres produits. Van Wyk a remis en cause la présence des protoporphyrines, de l'hémosidérine, du fer et des pigments biliaires (18), appuyé plus tard par Campobasso en accord avec le fait qu'il n'y a pas d'ions ferriques ni d'hémosidérine (23).

- Stabilité de la coloration

La stabilité de la coloration est dépendante des particularités anatomiques de la dentine comme l'existence de structures poreuses ; les tubuli dentinaires (21). Une étude qui a été menée sur des dents roses archéologiques a démontré que le phénomène ne suivait pas le même mécanisme. La coloration pourrait être causée par le processus de décomposition causé par des champignons (19). Ces dents roses archéologiques datant d'environ l'an 1000, présentaient au niveau de leurs zones colorées une structure dentinaire anormale : absence de tubuli dentinaires et une dentine plus opaque (19).

**→ Nous retiendrons donc l'importance de l'hémoglobine venant de l'hémolyse dans le phénomène de coloration rose des dents.**

### B- Incidence de l'environnement

Il a été constaté que les dents roses peuvent se manifester de manière plus évidente sur des corps décédés dans des environnements humides (6). Cette humidité accélère le processus de décomposition et maintient la solubilité des tissus dentaires rendant possible la diffusion des produits sanguins, de la chambre pulpaire vers les tubuli dentinaires (11,28). L'humidité, et donc la décomposition avancée de la zone de la tête, sont des facteurs essentiels au développement des dents roses. Celles-ci n'apparaîtraient donc pas en milieu sec (31). Cependant, la découverte de dents roses sur des cadavres momifiés ou secs soulève des doutes sur cette hypothèse (13,35).

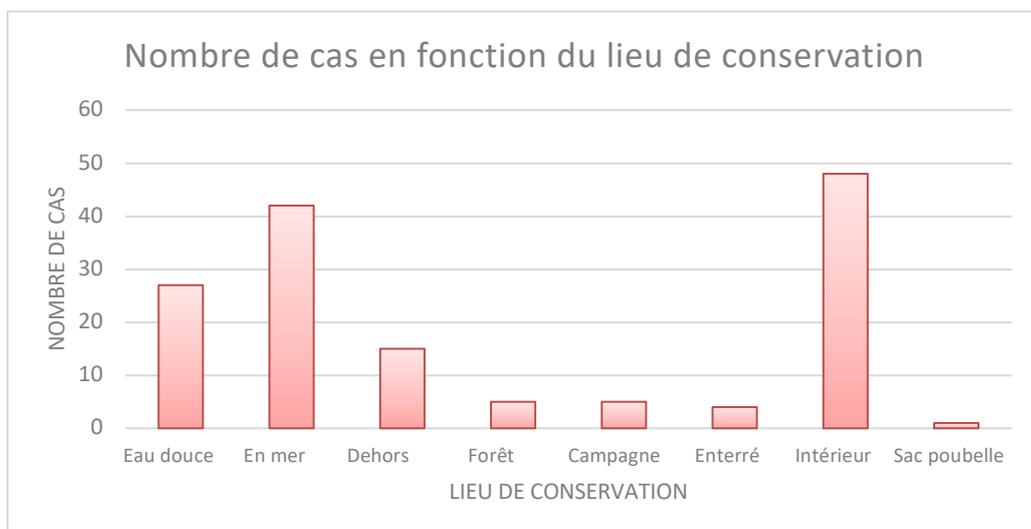


Figure 3 : Présence de dents roses selon le lieu de conservation du corps sur 147 cas.

Parmi les 147 cas, pour lesquels, le lieu de récupération du corps avait été donné (Figure 3), environ deux tiers étaient en extérieur dont 69 dans l'eau. Ces résultats semblent renforcer le lien de l'humidité dans le processus. Takahashi et William ont suggéré que le taux d'hémolyse était à son maximum lorsque la température était inférieure à 10°C (36). De plus, de nombreux corps présentaient une formation d'adipocire (13,23). Ce principe s'appelle la saponification, c'est un processus permettant de transformer les tissus gras en adipocire (37). Cette formation est favorisée dans des milieux humides et sans oxygène (37,38). Il est donc cohérent d'avoir davantage de cas qui présentent à la fois des dents roses et une formation d'adipocire.

La coloration rose des dents évolue vers une teinte plus brune après exposition prolongée à la lumière du jour (11,12). Aussi, une atmosphère riche en dioxyde de carbone permet une conservation de la coloration jusqu'à six mois (11,12). Cependant, si une dent rose se dissocie des maxillaires en *post-mortem* et qu'elle n'est pas correctement conservée, sa couleur va disparaître à l'air libre (35). De même, un stockage à -20°C pendant un an entrainera un éclaircissement du rose (10).

**→ Nous retiendrons surtout l'importance de l'humidité dans le développement du phénomène.**

### C- Prévalence de la cause de décès

Dans la littérature, les PTP ont souvent été corrélées à l'asphyxie. Mais, il a été montré que le phénomène d'apparition des dents roses est non spécifique de la cause de décès (6,31,35). Les PTP peuvent apparaître aussi sur des décès par accident, traumatisme, incendie, arme à feu ou encore overdose (Figure 4). Cependant, elles paraissent plus fréquentes chez les victimes d'asphyxie (32,33). Effectivement, nous avons pu remarquer sur notre graphique (Figure 4) que : pour ceux dont la cause de décès a été précisée, plus de la moitié des cas (103/169) sont décédés par asphyxie que ça soit par noyade (23), asphyxie mécanique (25) ou au monoxyde de carbone (30). En général, ce sont des victimes de morts violentes ou non-naturelles. Ces types de décès inhibent la coagulation et augmentent l'activité fibrinolytique permettant au sang de rester fluide et donc de diffuser vers la dentine (23).

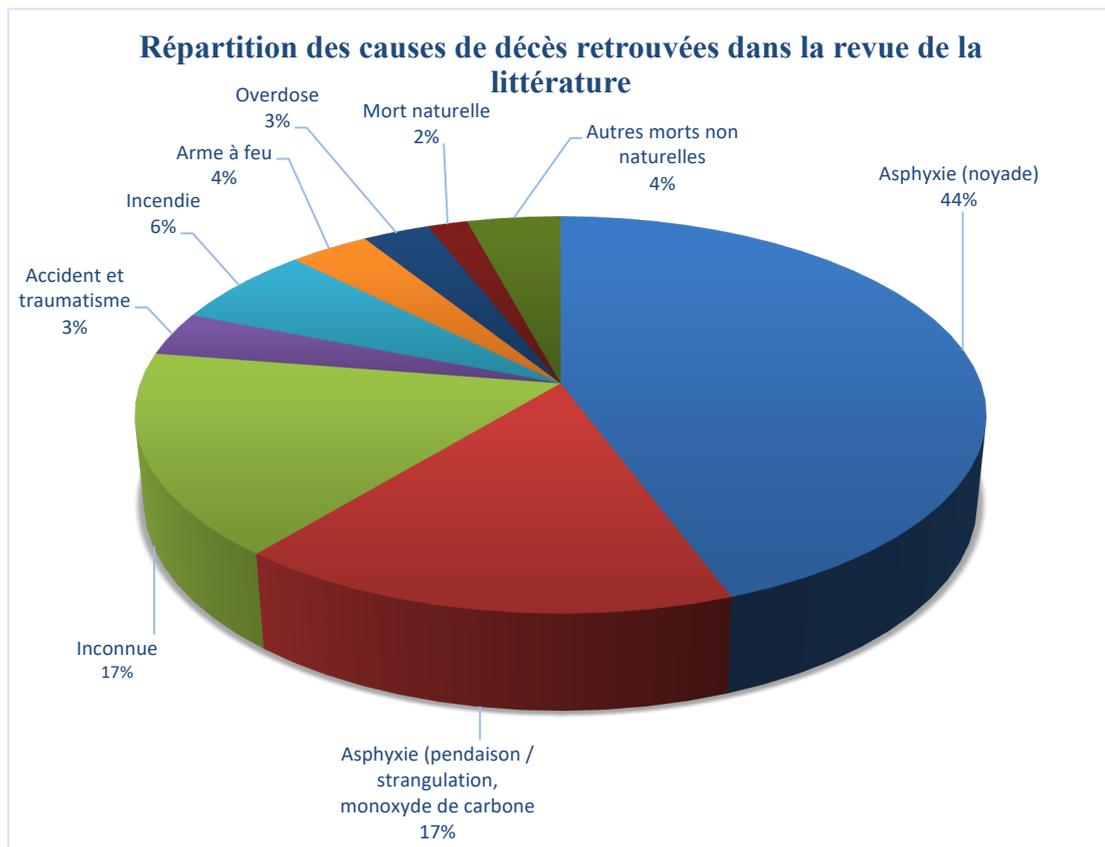


Figure 4 : Répartition des causes de décès pour 169 cas.

Dans 2% des cas, elles sont apparues sur des victimes de mort naturelle. Cette faible proportion peut être expliquée par le fait que seules les victimes ayant besoin d'une identification font intervenir un odontologiste légal et un décès naturel n'a pas forcément besoin d'autopsie (4). Dans la littérature, aucune information n'a été trouvée concernant les conséquences de ce phénomène sur des décès naturels. Lors d'une demande d'identification au sein du CHU de Toulouse, ce phénomène des dents roses a été observé sur une personne âgée probablement de 60 ans et décédée de manière naturelle (Figure 5). Toutefois, aucune conclusion à ce sujet ne peut être affirmée.



Figure 5 : Photographie de dents roses sur un cas de mort naturelle (Source : Dr Fournier)

La position de la tête a souvent été mentionnée comme un facteur favorisant l'apparition de PTP par la stagnation du sang dans le segment céphalique. Cette accumulation de sang peut être causée soit par une asphyxie mécanique (pendaison ou strangulation) (25,28)

soit par une position *post-mortem* tête en bas (noyade) (23). Cela permet au sang de s'écouler vers les régions hypostatiques (13,14). La coloration de certaines dents par rapport à d'autres a suggéré une influence de la position de la tête (17). Néanmoins, une coloration rose des dents contro-latérales de l'inclinaison de la tête met en doute le rôle d'un phénomène hypostatique dans l'apparition de PTP (12).

**→ Nous retiendrons qu'il n'y existe aucune corrélation spécifique entre les PTP et la cause du décès (34), faisant de cette coloration rose un signe thanatologique non spécifique de la cause de décès (28).**

#### D- Incidence du temps

L'apparition de PTP est en général concomitante à l'apogée de l'hémolyse ayant lieu vers le 6<sup>ème</sup> jour *post-mortem* et avec un pic de coloration au 18<sup>ème</sup> jour (18). Le pigment de l'hémoglobine, une fois libéré peut diffuser dans la dentine. Plus la dentine est exposée longtemps au pigment en suspension, plus la coloration sera importante. Cela peut se poursuivre jusqu'à ce que toute la dentine pénétrable soit colorée (16).

Mais, certains facteurs environnementaux et climatiques peuvent faire varier ce phénomène. Par exemple, dans l'eau douce les dents roses apparaissent en 10 jours. Ce phénomène est retardé en eau salée (2,5 à 3,5 semaines) (24). Un éclaircissement de la couleur au bout d'un an dans des conditions de pression en oxygène normales est également observé, démontrant que les PTP sont un phénomène temporaire (10). Mais d'autres auteurs (15,21), soulignent tout de même une certaine stabilité des PTP due aux substances sanguines présentes dans les tubuli dentinaires et qui pourraient être protégées du dessèchement et de la dégradation (21). Kirkham et al soulignent qu'avec le temps et le dessèchement de la dent, l'hémoglobine devient marron et a tendance à amener la dent à se griser (11). Ceci est en accord avec Clark et Law qui ont stocké des dents dans un environnement sec, à température ambiante et sous un éclairage normal (deux lampes à iode au quartz de 1000 watts, à une distance de 4 pieds et un angle de 90° l'une par rapport à l'autre), la coloration des dents est passée du rouge au brun (12).

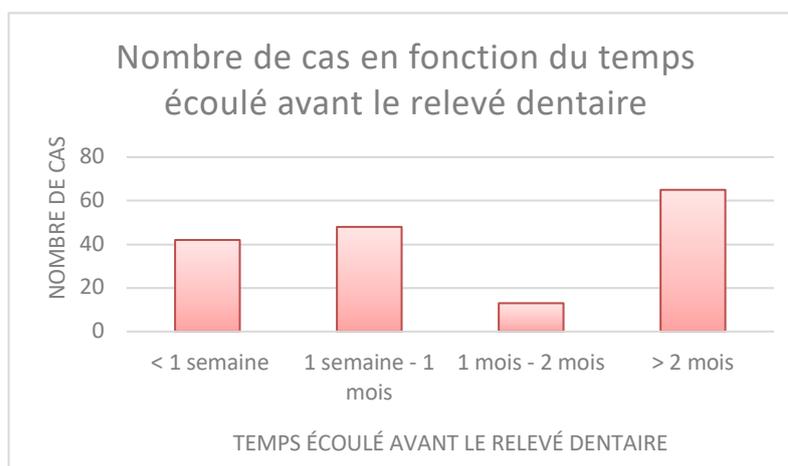


Figure 6 : Relevé des dents roses en fonction du temps post-mortem avant le relevé dentaire pour 168 cas

Dans cette étude nous avons relevé une date de détection du rosissement allant de 24h à 9 mois avec un plus grand nombre de détections sur la période de temps supérieure à 2 mois (Figure 6). Il est difficile de tirer des conclusions de ces résultats car les données relevées concernent la détection et non pas l'apparition qui est notamment influencée par les conditions environnementales (Figure 7). En effet, les cas relevés n'ayant pas été soumis aux mêmes conditions, il est difficile de comparer leur date d'apparition.



Figure 7 : Photographie du CHU de Toulouse d'un cas de suicide retrouvé dans une forêt 1 mois et demi après sa disparition (Source : Dr Fournier)

Ce phénomène de coloration dépend aussi fortement des facteurs affectant la vitesse de décomposition du corps (35) notamment le temps et les conditions environnementales. La taphonomie médico-légale est l'ensemble des processus biologiques et biochimiques impliqués dans la transformation du cadavre (37,39) un corps ne se décomposera donc pas de la même manière en fonction du climat et des conditions environnementales. La diagénèse se définit comme un ensemble de processus physiques, chimiques et biologiques pouvant altérer les propriétés chimiques et structurales originales d'une structure inorganique et permettent de tendre vers sa préservation ou sa destruction (40). Et effectivement la formation d'adipocire, notamment en milieu humide, fait partie des structures pouvant préserver le corps (39).

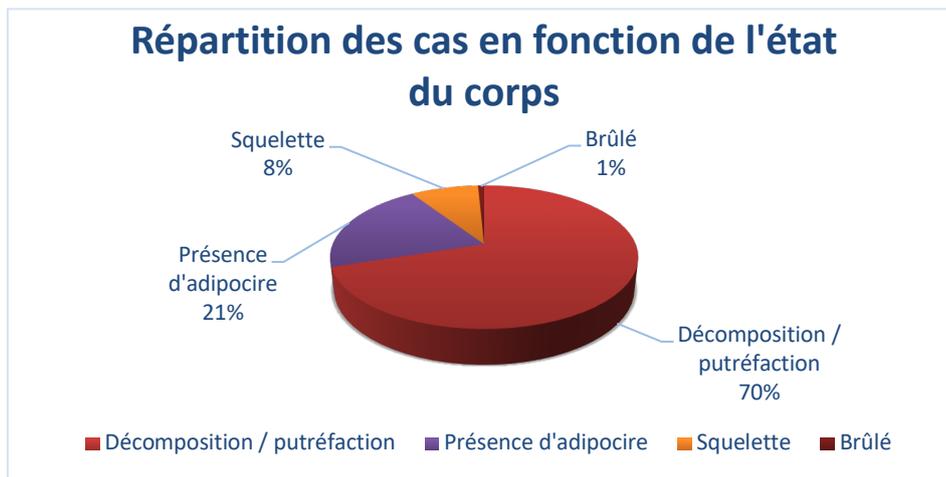


Figure 8 : Répartition de 125 cas en fonction des différents états du corps.

Sur 125 cas dont l'état du corps était précisé (Figure 8) environ les trois quarts (70%, n=91) étaient au stade de putréfaction avancée. Le dernier quart regroupant essentiellement deux états : formations d'adipocire (21%, n=27) et squelettisation (8%, n=11). Le dénominateur commun de ces cas est un processus de décomposition avancée même s'il y a une grande variabilité dans les dates de détection. Les auteurs s'accordent pour dire que la décomposition est un facteur important dans l'apparition de dents roses (13,22). Cependant Tavernier dans son étude a remarqué que toutes les victimes putréfiées n'avaient pas les dents roses, pour lui la putréfaction est donc en faveur du phénomène mais pas spécifique (22).

→ Nous relèverons que le délai d'apparition se produit à environ 1 - 2 semaines *post-mortem* (31,32) ce qui correspond au temps de l'hémolyse, celle-ci, concomitante de la décomposition (4). Toutes ces informations renforcent les propos sur l'importance du temps, de l'environnement et donc de la décomposition (33) dans le processus d'apparition des dents roses *post-mortem* ainsi que son caractère à la fois temporaire mais aussi évolutif (4). Cependant la stabilité de la coloration dans le temps reste encore floue.

## E- Prévalence de la localisation

### 1. Différences inter-arcades

Il apparait de manière évidente que le nombre de dents roses mandibulaires est bien plus élevé que celui au maxillaire. Sur un total de 377 dents, 247 étaient mandibulaires et 130 étaient maxillaires (Figure 9). Cela avait déjà été remarqué par Campobasso et al, dans leur étude, avec 118 dents mandibulaires roses contre 54 dents maxillaires roses (23).

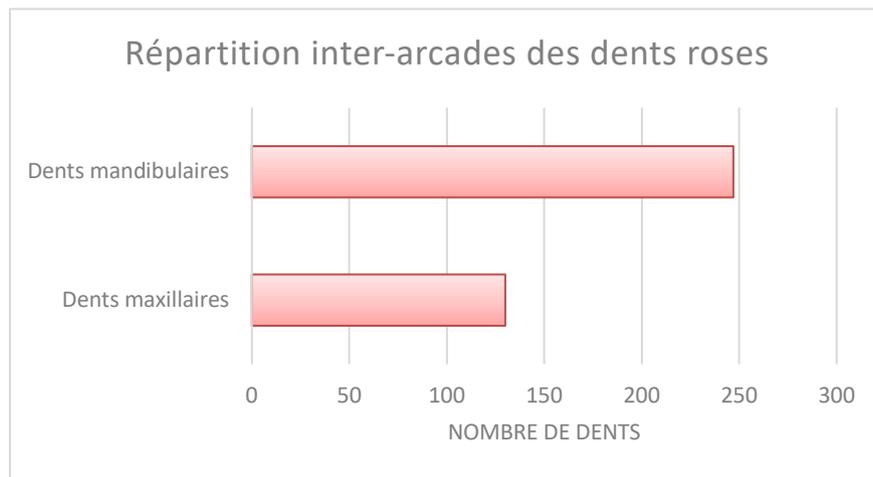


Figure 9 : Répartition inter-arcade de 377 dents roses.

Aucune explication dans la littérature a été trouvée pour expliquer cette différence de répartition. Cela pourrait être dû à des facteurs anatomiques ou positionnels mais aussi à des informations absentes dans certains articles. Nous avons recensé le nombre de dents roses mais nous ne savons pas toujours quelles dents ont été étudiées à l'origine et les dents mandibulaires étaient peut être plus nombreuses initialement (4).

→ Néanmoins, nous ne pouvons pas interpréter ces résultats sur cette base hypothétique malgré une constatation de la répartition inter-arcade en faveur des dents mandibulaires.

## 2. Différences intra-arcades

La distribution des dents présentant un rosissement peut varier au sein de la denture (32) comme nous le montre le graphique ci-dessous (Figure 10). Parmi les 311 dents roses examinées où la localisation intra-arcade était précisée, 161 (52%) sont des dents antérieures (incisives ou canines), 90 (29%) des prémolaires et 60 (19%) des molaires.

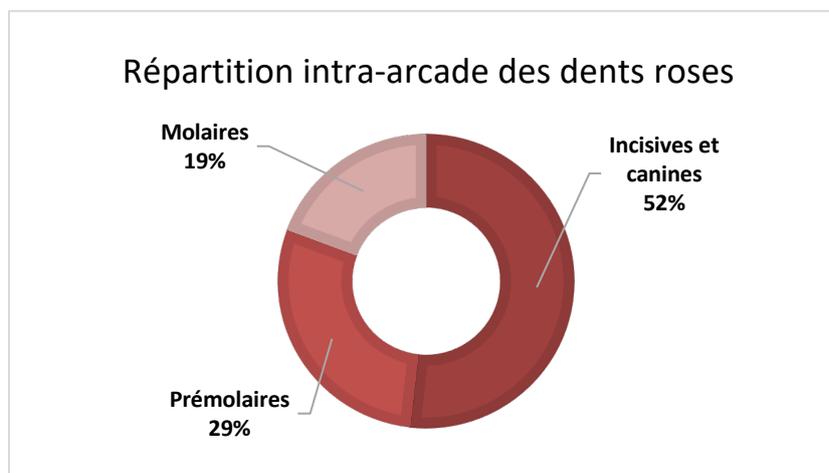


Figure 10 : Répartition intra-arcade de 311 dents roses.

Toutes les dents ne sont pas nécessairement concernées par le phénomène. Cela peut varier d'une seule dent à la globalité des dents et l'étendue du rosissement varie d'une dent à l'autre (16,21). La pigmentation est plus importante sur les dents antérieures monoradiculées que sur les pluriradiculées (11,23,30,33). Effectivement, les dents antérieures sont quantitativement (Figure 10) et qualitativement plus roses. Et il y a une raison anatomique à cette différence d'intensité du rose : l'émail vestibulaire des dents antérieures est moins épais que sur les dents postérieures (41) rendant la dentine colorée plus visible par transparence.

Une possible corrélation avait été émise entre la topographie des dents roses et la position du corps en *post-mortem*, avec un rosissement lié à la lividité *post-mortem* (14,22). Cependant Clark et Law par leur étude, sur un cas en décubitus gauche présentant des molaires avec le même degré de coloration des deux côtés soulève des interrogations sur cette hypothèse (12).

Sur une arcade, la présence de dents sans coloration au milieu de dents présentant une coloration rose pourrait être due à des restaurations artificielles, des interventions dentaires, des pathologies, des variations anatomiques, des traumatismes récents ou anciennement guéris donnant une coloration différente ou empêchant la pigmentation de la dent (35). La coloration dépend donc de la vitalité *ante-mortem* ainsi que de la vascularité pulpaire (11,12) (Figure 11).



Figure 11 : Photographie des dents 42 et 43 non dévitalisées et 44 dévitalisée (6)

Néanmoins, d'autres facteurs *ante-mortem* peuvent altérer ou empêcher le processus de coloration tels que la diminution du volume pulpaire (4,28) et la diminution du diamètre des tubuli dentinaires (4,14). Celles-ci peuvent être dues premièrement à l'âge. En vieillissant le volume pulpaire diminue par apposition de dentine secondaire (42,43). Le diamètre des tubuli dentinaires diminue par apposition de nouvelles couches concentriques (11,44) rendant la dentine plus dense et par conséquent les tubuli plus rares.

Aussi, elles peuvent résulter d'une apposition de dentine tertiaire en réaction à une agression (carie, acide, choc thermique etc). Cela aura pour conséquence l'oblitération partielle ou totale des tubuli dentinaires (45). Il n'y aurait pas de coloration sur la dentine

secondaire ou tertiaire en conséquence à des tubuli patents ou à une occlusion tubulaire (16). Ikeda a réalisé une comparaison de la dentine issue de dents roses et de dents non colorées ayant été soumises à des conditions identiques. Il en a conclu que les dentines étaient différentes, les dents roses présentaient plus de tubuli que les dents sans pigmentation et un espace inter-tubulaire moins compact (15).

**→ Notre étude met donc en évidence que les dents antérieures sont plus concernées par le phénomène de rosissement que les dents postérieures. Cependant, l'âge de l'individu et son état dentaire peuvent influencer la topographie des PTP.**

### 3. Différences intra-dentaires

Au sein même de la dent, le phénomène des PTP est variable. La coloration est plus prononcée et plus intense au niveau de la région du collet et s'estompe vers les deux extrémités (coronale et apicale) (21,23,25,26,29,30) (Figure 12).



*Figure 12 : Dent mandibulaire d'un cas du CHU de Toulouse (source : Dr Fournier)*

Les auteurs s'accordent pour dire que la coloration est plus intense au niveau de la racine que dans la région coronaire (10,11,16,32). Effectivement, la coloration des dents change, due à des densités et des translucidités différentes (46). Le ciment, moins épais et moins calcifié que l'émail, laisse transparaître la coloration plus facilement que l'émail (4).

De plus, l'émail et le ciment ne sont pas concernés par cette pigmentation. Wyk et Gowda et al. ont réalisé des coupes mettant en évidence du rouge-brun dans la dentine mais pas dans l'émail ni le ciment (14,26). L'émail est trop dense pour permettre la diffusion des pigments dans sa structure (14,16) tandis que dans le ciment, les pigments n'atteignent pas la jonction cémento-dentinaire en général (14). La dentine sus-jacente à la pulpe camérale présente le rose le plus intense puisqu'il s'agit de la partie qui recueille le plus de sang. La dentine périphérique est relativement épargnée par la pigmentation car plus la dentine est éloignée de la source, plus il est compliqué pour le pigment de l'atteindre à travers les tubuli (14).

**→ Nous retiendrons que la coloration concerne la région cervicale de manière prépondérante mais que son étendue peut varier, généralement en s'estompant vers les extrémités.**

## F- Incidence de l'âge

Sur un total de 142 cas dont l'âge était précisé, nous pouvons constater dans le graphique ci-dessous que la tranche d'âge la plus représentée est celle des 20-29 ans avec 35 cas, suivie de près par celle des 30-39 ans avec 30 cas (Figure 13). Dans son échantillon Campobasso donne un âge moyen de 26,6 ans avec un âge minimum de 13 ans et maximum de 60 ans (23). Brøndum et Simonsen, eux, estiment une moyenne à 39 ans dans le leur avec un âge minimum de 24 ans et maximum de 85 ans (13). De plus, Campobasso a seulement 3 cas sur 26 qui présentaient un âge supérieur à 40 ans alors que Brøndum et Simonsen ont 8 cas sur 18 avec un âge supérieur à 40 ans (13,23).

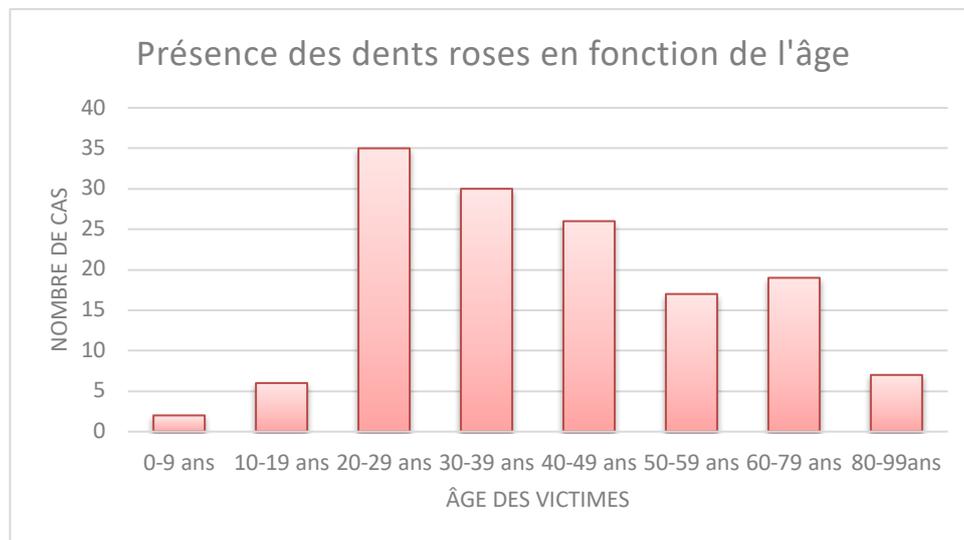


Figure 13 : Présence des dents roses en fonction de l'âge pour 142 cas

Ces résultats sont cohérents et en accord avec la littérature. Les victimes les plus relatées avec des PTP sont des adultes âgés entre 20 et 49 ans (6). La faible représentation des moins de 20 ans peut s'expliquer par leur rare implication dans des enquêtes de morts violentes ou faisant l'objet d'autopsies (47). Alors que pour des raisons physiologiques les enfants ou jeunes adultes présentent une prédilection au phénomène (33), plus fréquent (28,30) et plus prononcé (32).

Effectivement, les jeunes présentent un volume pulpaire plus important ainsi que des tubuli dentinaires plus larges et plus nombreux par rapport à des dents plus âgées (4,11,48). Dans leur étude, Franco et al. ont recensé le cas d'une petite fille de 6 ans avec des dents déciduales entièrement roses témoignant donc en faveur d'une perméabilité accrue de la dentine et de l'émail (6) (Figure 14), permettant une coloration plus étendue.



Figure 14 : PTP chez un enfant de 6 ans. (6)

→ Par un rosissement plus prononcé et plus étendu chez les jeunes, l'âge a, par conséquent, un impact quantitatif et qualitatif sur le phénomène.

### G- Prévalence du sexe

Sur 167 cas, dont le sexe a été renseigné, nous remarquons que 126 cas (75%) sont des hommes et seulement 41 des cas (25%) sont des femmes (Figure 15).

Il n'y a pas de prédilection du phénomène d'apparition de PTP pour le sexe car la structure de la dentine ne change pas selon le sexe (33). Néanmoins d'un point de vue démographique, les études peuvent donner l'aperçu d'un biais masculin (35). C'est peut-être expliqué par le fait que les hommes adultes sont plus fréquemment impliqués et affectés dans des morts violentes, nécessitant une autopsie (6,47,49).

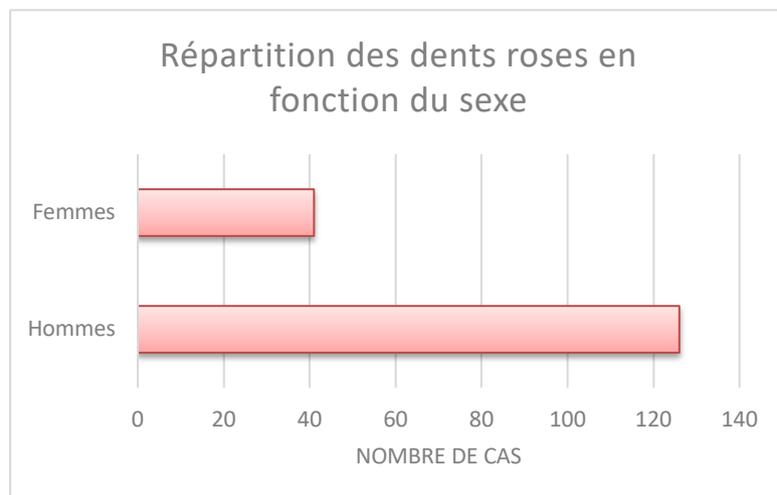


Figure 15 : Répartition des dents roses en fonction du sexe pour 167 cas

→ Malgré la présence d'un biais masculin, il n'y a pas de prédilection du phénomène en fonction du sexe.

## 5- Synthèse

À travers cette discussion, nous avons pu nous rendre compte de la complexité de ce phénomène d'apparition de dents roses *post-mortem* et des multiples variables indépendantes qui affectent sa formation. Cette pigmentation apparaît donc au moins une semaine après le décès avec un pic à environ un mois (35) et est dépendante d'un certain nombre de facteurs étiologiques. Effectivement ce processus est très dépendant de la décomposition, celle-ci directement influencée par les conditions environnementales. Cependant même avec des conditions identiques, toutes les victimes ne présenteront pas des PTP (23). Son apparition étant non-dépendante de la cause de décès, nous remarquons tout de même que ce phénomène se produit plus fréquemment chez des victimes d'asphyxie (25,32,34). De plus, leur non spécificité et leur stabilité dans le temps laisse sous-entendre que le phénomène n'est pas si rare sur des cadavres en décomposition (21) mais reste tout de même sous-déclaré (3).

## II – LES COLORATIONS DUES AUX HAUTES TEMPERATURES

### 1- Objectif de l'étude

L'objectif principal de cette étude a été de mener une revue de la littérature concernant les colorations des dents dues aux hautes températures.

### 2- Matériels et méthodes

#### A- Stratégie de recherche

Une revue de la littérature a été réalisée grâce à une recherche de données sur *PubMed* et *Google Scholar* en fonction des critères PRISMA (Annexe 1). Ces recherches ont été menées en utilisant les mots clés : (high temperatures OR fire) AND (coloration) AND (tooth OR teeth). Notre recherche s'est focalisée sur les articles parus entre 2008 et aujourd'hui pour des raisons de modernité des techniques. La dernière recherche a été réalisée le 23/03/2023.

#### B- Sélection des articles

Des critères d'inclusions et d'exclusions ont été sélectionnés :

Les critères d'inclusion étaient :

- Articles traitant des colorations dues aux températures
- Dents d'origine animale dans le cadre expérimental

Les critères d'exclusion étaient :

- Articles non disponibles en anglais ou en français

Dans cette revue de la littérature les articles ont d'abord été sélectionnés par leurs titres et leurs résumés. Après lecture des textes intégraux nous avons donc inclus au final 21 articles et 29 ont été exclus. Tous les articles sont en français ou en anglais. Ces 21 articles sont répertoriés par ordre de publication (Tableau 7). Les 29 articles qui ont été exclus sont regroupés dans le (Tableau 8).

## C- Extraction des données

Les articles ont d'abord été classés en fonction de leur type : *in vivo*, *in vitro* ou revue de la littérature (Tableau 7). L'extraction de données s'est faite de la même manière pour les articles *in vivo* et *in vitro* selon les critères suivants (Tableau 9) :

- Année et auteurs
- Dents étudiées
- Modifications pré-expérimentales
- Matériaux présents
- Modifications thermiques
- Températures
- Temps d'exposition
- Paramètres analysés
- Biais

Pour cette revue de la littérature nous n'avons eu que des articles avec des expériences *in vitro* et une seule revue de la littérature. Cela est dû au fait que sur le sujet de l'exposition aux hautes températures il y a beaucoup d'analyses de l'évolution de la structure et non de la couleur. Les articles traitant surtout de la structure et mentionnant rapidement un changement de couleur ont été exclus.

Année	Auteurs	Type d'article
2008	Beach et al	Étude <i>in vitro</i>
2008	Fereira et al	Étude <i>in vitro</i>
2009	Moreno et al	Étude <i>in vitro</i>
2010	Karkhanis et al	Étude <i>in vitro</i>
2010	Patidar et al	Étude <i>in vitro</i>
2011	Woisetschläger et al	Étude <i>in vitro</i>
2014	Gibelli et al	Étude <i>in vitro</i>
2014	Bagdey et al.	Étude <i>in vitro</i>
2015	Reesu et al	Revue de la littérature
2015	Rubio et al	Étude <i>in vitro</i>
2015	Pol et al	Étude <i>in vitro</i>
2016	Mejía et al	Étude <i>in vitro</i>
2016	Vandrangi et al	Étude <i>in vitro</i>
2016	Shekhawat et Chauhan	Étude <i>in vitro</i>
2016	Biancalana et al	Étude <i>in vitro</i>
2017	Biancalana et al	Étude <i>in vitro</i>
2019	Kiran et al	Étude <i>in vitro</i>
2020	González-Colmenares et al	Étude <i>in vitro</i>
2020	Rahmat et al	Étude <i>in vitro</i>
2022	Sam et al	Étude <i>in vitro</i>
2023	Peer et Sarig	Étude <i>in vitro</i>

Tableau 7 : Articles sélectionnés

Articles exclus	Raisons de l'exclusion
Garriga J et al. (2016)	Étude sur l'analyse d'ADN
Tomsia M et al. (2022)	Identification par analyse ADN du fibrocartilage des disques intervertébraux
Prakash A et al. (2014)	Effet des hautes températures sur la structure de la dent
Bonavilla J et al. (2008)	Réaction traitements endodontiques aux hautes températures
Ghods S, Jafarian Z (2018)	Revue sur la zircone translucide
Ozkanoglu S et G Akin EG (2020)	Impact des boissons sur la couleur et la micro-dureté de deux composites.
Sam N et al. (2022)	Effet des hautes températures sur la structure de la dent
Yashoda V et al. (2021)	Effet des hautes températures sur la structure de la dent
Manzoli TM et al. (2022)	Blanchiment sur dents colorées
Qi F et al. (2021)	Effet de l'accélération photo-thermique sur l'efficacité du blanchiment
De Moor RJ et al. (2015)	Blanchiment des dents au laser
Kalman L (2020)	Application pour déterminer la teinte d'une dent
Fan KC et al. (2022)	Effets de la température de frittage sur les propriétés optiques de la céramique
Grela M et al. (2021)	Analyse ADN de dents exposées à hautes températures
Maciejewska A et al. (2015)	Analyse ADN
Juneja M et al. (2016)	Empreinte dentaire de dents exposées à de l'acide ou à des températures élevées
Emery MV et al. (2022)	Génomomes mitochondriaux d'os et de dents thermiquement modifiés
Berketa J et al. (2011)	Effet des hautes températures sur les implants
Galdames IS et al. (2011)	Détermination du sexe
Schmidt CW (2008)	Identification en général sur les dents brûlées
Ubelaker DH (2009)	Étude sur les os brûlés
Nakamura K et al. (2016)	Effet de la dégradation à basse température des céramiques
Dozic A et al. (2010)	Couleur des facettes en porcelaine
Volpato CAM et al. (2018)	Fluorescence des dents naturelles et des matériaux d'obturations
Young ST et al. (2013)	Estimation intervalle <i>post-mortem</i> à l'aide de l'ARN et des changements morphologiques de la pulpe dentaire
Pirollo R et al. (2014)	Effet de boisson sur la stabilité de la couleur de dents blanchies
Pitts JP et al. (2018)	Étude sur des fourmis
Yuan K et al. (2014)	Effet des pigments tricolores à base de zircone
Zumbroich TJ (2009)	Étude sur les ressources ethnobotaniques utilisées dans le noircissement des dents

Tableau 8 : Exclusion des articles après lecture des titres, des résumés ou des textes intégraux.

La partie matériels et méthodes des études *in vitro* est présentée dans le tableau ci-dessous (Tableau 9) selon les critères suivants : Référence, dents étudiées, modifications pré-expérimentales, matériaux présents, modification thermique, températures, temps, paramètres analysés et biais.

Référence	Dents étudiées	Modifications pré-expérimentales	Matériaux présents	Modifications thermiques	Températures (°C)	Temps	Paramètres analysés	Biais
2008 – Beach et al (50)	32 prémolaires et molaires - 4 dents par température - 2 dents pour chaque temps d'exposition	- Extraites lors de procédures dentaires de routine. - Nettoyage et pesée des dents. - Conservation en solution saline.	Aucun	- Four à moufle. - Dents dans creusets individuels.	204 260 316 371 427 482 538 593	2 groupes : - 30min - 1h	Thermique / macroscopie (nuancier de Munsell) / stéréoscopie / poids / MEB	Que des molaires et prémolaires, absence tissus durs et mous environnants. <u>Non précisés</u> : âges et sexe, état des dents, validation pas un Comité d'Éthique, reproductibilité inter- et intra- observateur, temps de conservation.
2008 – Ferreira et al (9)	30 dents mono- et pluriradiculées - < 18ans : 15 dents - > 60ans : 15 dents	- Dents saines extraites pour raisons orthodontiques, prothétiques et/ou parodontales. - Rinçage, nettoyage, désinfection. - Conservation en solution tampon de phosphate de sodium à 4°C.	Aucun	- Chaleur directe : Brûleur à gaz calibré : dents sur filet en métal sur trépied. - Chaleur progressive : Four à moufle : dents dans creusets.	1150	- 2min à 1150°C. - T°C de base = 18°C et augmentation de 18,8°C/min jusqu'à 1150°C (environ 1h).	Thermique / macroscopie/ microscopie/ photographie	Pas tranche d'âge entre 18 et 60 ans, absence tissus durs et mous environnants, 1 seule température, temps d'exposition bref, que des dents saines. <u>Non précisés</u> : sexes, validation par Comité d'Éthique, reproductibilité inter- et intra- observateur, temps de conservation.
2009 – Moreno et al (51)	200 prémolaires et 3 <sup>e</sup> molaires : - 50 non restaurées - 50 restaurées avec amalgame (avec un fond de cavité en CVI) - 50 restaurées avec composite (avec un fond de cavité en CVI) - 50 restaurées avec un matériau d'obturation temporaire modifié au ZnO	- Dents extraites pour des raisons orthodontiques ou parodontales avec aucune cavité, restauration, endodontie ou pathologie. - Lavage puis désinfection à la chloramine T à 5% (1 semaine). - Conservation dans chlorure de sodium à 0,9% (solution changée toutes les 2 semaines).	- Amalgame (fond de cavité CVI) - Composite (fond de cavité CVI) - Matériaux d'obturation temporaire modifié au ZnO	- Four avec chambre à étouffement. - Dents dans porte-empreintes individuels sur matériaux de revêtement dentaire.	200 400 600 800 1000 1200	Augmentation de 10°C/min jusqu'à température souhaitée.	Thermique / macroscopie / photographie	Que des dents saines, que des prémolaires et 3 <sup>e</sup> molaires, absence tissus durs et mous environnants, temps d'exposition trop bref (arrêt four quand température atteinte), que des cavités identiques, biais de reproductibilité inter-observateur (un observateur). <u>Non précisés</u> : âges et sexe,

	Validation par un Comité d'Éthique.	- Préparation de cavité de classe I (3x3x2mm).							température de base, reproductibilité intra-observateur, temps de conservation.
2010 – Karkhanis et Franklin (52)	90 dents temporaires : - 44 molaires - 44 antérieures - 1 molaire contrôle - 1 antérieure contrôle  Validation par un Comité d'Éthique.	- Molaires cariées et dents antérieures avec résorption radiculaire. - Nettoyage. - Conservation dans du formol pendant 15 jours.	Aucun	- Four Gallenkamp (Fabriqué par Weiss-Gallenkamp (Royaume-Uni)) - Dents dans des creusets en porcelaine.	100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100	30min	Thermique / macroscopie (nuancier de Munsell) / stéréomicroscopie / microscopie électronique à balayage	Que des dents pathologiques, absence tissus durs et mous environnants.  <u>Non précisés</u> : âges et sexe, reproductibilité inter- et intra-observateur, « rustine » on en a déduit composite ou CVI	
2010 – Patidar et al (53)	72 dents : - 12 non restaurées - 12 restaurées avec Zn3(PO4)2 - 12 restaurées avec un amalgame - 12 restaurées avec un CVI - 12 avec couronne Ni-Cr - 12 avec couronne céramo-métallique  2 mandibules entières - 6 restaurations - 4 restaurations	- Dents saines (pas de carie, abrasion, érosion, hypoplasie, fracture, restauration) - Préparations de cavités de classe I pour les groupes 2,3 et 4 (Zn3(PO4)2, amalgame, CVI)	- Zn3(PO4)2 - Amalgame - CVI - Ni-Cr - Céramo-métal	Plaques de 18 dents simulant le logement alvéolaire grâce à un matériau de revêtement.	400 1100	400°C : - 5min - 15min - 30 min  1100°C : - 15min	Thermique / macroscopique	2 températures seulement, absence tissus mous environnants, temps d'exposition trop court, que des dents saines.  <u>Non précisés</u> : source de chaleur, âges et sexe, validation par un Comité d'Éthique, milieu et de conservation, reproductibilité inter- et intra-observateur.	
2011 – Woisetschläger et al (7)	122 molaires : - 12 pour chaque matériau (IRM, KatakFil®, TetricFlow®, TetricEvo Ceram®, Dyract eXtra®, 3M	- Nettoyage et désinfection. - 2 cavités sur chaque dent de 2-3mm ou 4-5mm sauf céramique 1 cavité de 2, 3, 4 ou 5 mm.	- Temporaires : IRM, KetacFil® - Permanents : Céramique, amalgame,	- Four. - Dents dans des blocs de béton troués. → 1 bloc de 9 pour chaque	200 400 600 800 1000 1100	0°C à 1100°C en 3h28	Tomodensitométrie / radiographie / thermique / macroscopie	Absence tissus durs et mous environnants, que des molaires, pas toutes les tailles de matériaux, temps d'exposition différents.	

<p>Vitrebond®, Optibond®, Xeno III®</p> <p>- Sauf : Céramique 24 dents Amalgame 2 dents</p> <p>6 groupes : 1 groupe par température 1 groupe = 9 matériaux différents sauf l'amalgame qui sera à part (artéfacts)</p>	<p>température sauf les 2 amalgames qui seront chacun dans des blocs individuels : un à 600°C et l'autre à 1110°C)</p>	<p>composites (x3)</p> <p>- Liner et adhésifs (x3)</p>	<p>50 100 150 200</p>	<p>- 21°C à 50°C en 30 min - 21°C à 100°C en 1h - 21°C à 150°C en 1h30min - 21°C à 200°C en 2 h</p>	<p>Thermique / macroscopie / transparence / statistique</p>	<p><u>Non précisés</u> : âges et sexe, état des dents, reproductibilité inter- et intra-observateur, validation par un Comité d'Éthique, milieu et temps de conservation, type de four.</p>
<p>2014 – Gibelli et al (54)</p>	<p>105 dents monoradiculées : - 48 incisives - 29 canines - 28 prémolaires</p> <p>26 dans chaque groupe sauf le groupe à 200°C = 27</p>	<p>- Dents saines (Pas de carie ou signe pathologique). - Nettoyage et numérotation.</p>	<p>- Four industriel VEGA® 100. - Dents placées sur un support résistant à la chaleur.</p>	<p>Aucun</p>	<p>Absence tissus durs et mous environnants, que des monoradiculées, temps exposition trop bref (arrêt four quand température atteinte), que des dents saines.</p>	<p><u>Non précisés</u> : âges et sexe, milieu et temps de conservation, validation par Comité d'Éthique, reproductibilité inter- et intra-observateur.</p>
<p>2014 – Bagdey et al (55)</p>	<p>80 dents</p> <p>- Groupe 1 : 20 dents non restaurées - Groupe 2 : 20 restaurées par amalgame - Groupe 3 : 20 dents restaurées par CVI - Groupe 4 : 20 dents restaurées par oxyde de zinc eugénol</p>	<p>- Dents saines extraites pour raison orthodontique ou parodontale - Désinfection (hypochlorite de sodium pendant 2h) - Conservation dans chlorure de sodium à 0,9% pendant 1 mois</p>	<p>- Chaleur directe dans un four - Chaque échantillon placé dans un plateau fait sur mesure en matériau de revêtement dentaire</p>	<p>200 400 600 800</p>	<p>Thermique / macroscopie / stéréomicroscopie</p>	<p>Absence tissus durs et mous environnants, temps exposition trop bref (arrêt four quand température atteinte), que des dents saines.</p> <p><u>Non précisés</u> : Type de dents, âges et sexe, type de four, validation par un Comité d'Éthique, reproductibilité inter- et intra-observateur.</p>

2015 – Rubio et al (2)	80 dents : 10 pour chaque température Extraites chez 48 femmes et 32 hommes âgés de 19 à 87 ans Validation par un Comité d'Éthique.	- Dents saines extraites pour raison clinique valable et sans carie, endodontie, reconstruction, cassure ou coloration anormale - Nettoyage. - Conservation en solution saline.	Aucun	- Four à moufle. - Dents dans creusets séparés.	0 100 200 400 600 800 1000 1200	60mins	Thermique / macroscopie / spectrophotométrie / statistique	Absence tissus durs et mous environnants, que des dents saines.  <u>Non précisés</u> : Temps de conservation, reproductibilité inter- et intra-observateur.
2015 – Pol et al (56)	375 dents - 75 exemptes de toute pathologie - 75 avec des couronnes céramo-céramiques - 75 avec un amalgame - 75 avec un composite - 75 avec un CVI	- Dents saines (pas d'érosion, hypoplasie, fracture, restauration antérieure) - Désinfection à l'hypochlorite (1h). - Conservation dans chlorure de sodium à 0,9% pendant 1 mois. - Préparation de cavités de classe I pour les groupes 3, 4 et 5 (amalgame, composite, CVI) : sur les prémolaires (5 x 3 x 3 mm) et les molaires (3 x 2 x 2 mm).	- Céramique - Composite - Amalgame - CVI	- Four à combustion. - Dents liées à un plateau fait sur mesure grâce à des matériaux en phosphates.	200 400 600 800 1000	30°C/min jusqu'à température souhaitée puis 15min.	Thermique / macroscopie / stéréomicroscopie	Absence tissus durs et mous environnants, temps court, que des dents saines.  <u>Non précisés</u> : âges et sexe, température de base, validation par un Comité d'Éthique, reproductibilité inter- et intra-observateur.
2016 - Mejía et al (57)	60 prémolaires : 10 pour chaque température. Validation par un Comité d'Éthique.	- Dents saines (extractions orthodontiques : pas de carie, fracture ou traitement dentaire antérieur). - Nettoyage et fixation au chloramine T à 5%. - Conservation en solution saline.	Aucun	- Four en terre. - 1 plateau par groupe de dents.	0 200 400 600 800 1000	T°C de base = 28°C Augmentation de 10°C/min jusqu'à la température souhaitée.	Thermique / macroscopie / tomographie à faisceau conique / statistique	Absence tissus durs et mous environnants, temps d'exposition trop bref (arrêt four quand température atteinte), que des dents saines, fixateur, temps d'exposition différents.  <u>Non précisés</u> : âges et sexe, temps de conservation, reproductibilité inter- et intra- observateur.

2016 – Vandurangi et al (58)	40 molaires : - 10 contrôles (sans obturation) - 10 composites - 10 CVI - 10 amalgames	- Nettoyage et désinfection à l'hypochlorite de sodium pendant 2h. - Préparation cavités de classe I sur 30 molaires.	Amalgame CVI Composite	- Four à bruler. - Support de montage : matériaux de revêtement à liant phosphate. - Dents montées de façon à simuler un logement alvéolaire.	200 400 600 800 1000	15 min	Thermique / macroscopie / stéréomicroscopie / photographie / photomicrographie	Absence tissus durs et mous environnants, que des molaires, temps exposition faible. <u>Non précisés</u> : âges et sexe, état des dents, milieu et temps de conservation, reproductibilité inter- et intra-observateur, validation par Comité d'Éthique.
2016 – Shekhawata et al (59)	60 dents - A : < 30 ans - B : entre 30 et 40 ans - C : > 40 ans Chaque groupe divisé en 5 sous-groupes de 4 dents (1 incisive, 1 canine, 1 prémolaire et 1 molaire).	- Dents fraîchement extraites, non restaurées. - Nettoyage, retrait tartre et coloration. - Conservation dans formol.	Aucun	- Four électrique à moufle.	200 400 600 800 1000	T°C de base = 18°C Augmentation de 25°C/min jusqu'à température souhaitée puis 15min	Thermique / macroscopie / radiographie / microscopie / photographie	Absence tissus durs et mous environnants, que des molaires saines, temps exposition à température faible, temps d'exposition différents. <u>Non précisés</u> : validation par Comité d'Éthique, sexes, temps de conservation, reproductibilité intra-observateur.
2016 – Biancalana et al (60)	62 incisives bovines Séparées en deux groupes, en fonction du matériau de restauration utilisé puis 10 à chaque température.	- Dents saines - Cavité classe I (6x6x2mm)	- Composite - CVI	- Four	100 200 300	15min	Thermique / spectrophotométrie / statistique	Absence tissus durs et mous environnants, dents bovines, que des dents saines, pas toutes les tailles de matériaux. <u>Non précisés</u> : âges et sexe, validation par Comité d'Éthique, reproductibilité intra et inter-observateur, milieu et temps de conservation.

2017 – Biancalan a et al (61)	60 incisives bovines Séparées au hasard en deux groupes, en fonction du matériau de restauration utilisé puis 10 à chaque température.	- Dents saines. - Cavité de classe I (6x6x2mm).	- Composite - CVI	Réfrigérateur, congélateur, ultra freezer	2,5 -20 -80	7 jours 30 jours	Froid / spectrophotométrie / statistique	Absence tissus durs et mous environnants, dents bovines, que des dents saines, pas toutes les tailles de matériaux. <u>Non précisés</u> : âges et sexe, validation par Comité d'Éthique, reproductibilité intra et inter-observateur, milieu et temps de conservation.
2019 – Kiran et al (62)	132 prémolaires et molaires - 12 non préparées - 24 préparées pour restauration par couronne (12 par céramique) - 96 préparées avec des cavités de classe I (2mm de largeur, 2mm de profondeur). (8 matériaux et 12 dents pour chaque matériau). Validation par un comité d'Éthique.	- Dents saines (aucune pathologie) - Conservées dans solution de thymol à 0,1% puis stérilisées par rayonnement gamma et désinfection mécanique. - Pas de glaçage des couronnes.	5 composites différents 3 CVI différents 2 céramiques différentes	- Four chambre à moufle en carbure de silicium. - Dents : dans creusets en porcelaine émaillé avec couvercle. - Disques témoins des matériaux : dans plateau fabriqué avec matériaux thermostables	200 500 900 1200	10°C/min jusqu'à température puis 30min.	Macroscopie / Thermique / photographie / UV / statistique	Absence tissus durs et mous environnants, que des prémolaires et molaires, que des dents saines. <u>Non précisés</u> : âges et sexe, temps de conservation, reproductibilités intra et inter-observateur.
2020 – González- Colmenar es et al (63)	60 prémolaires - 30 dents expérimentales (avec support cimenté) - 30 dents contrôles (sans support cimenté) Chaque groupe de 30 est divisé en 6 groupes de 5 dents.	- Dents saines (extractions orthodontiques chez des 14- 25ans sans carie, pathologie pulpaire, malformation congénitale, restauration, traitement endodontique, fracture ou d'altération de l'émail) - Nettoyage, désinfection à eau distillée + hypochlorite à 2% (10min)	Bracket orthodontique	- Four à moufle - Dents dans creusets avec pâte réfractaire auxiliaire	200 400 600 800 1000 1200	T°C de base = 34°C Augmentation de 10°C/min jusqu'à température souhaitée	Thermique / macroscopie / stéréomicroscopie / statistique	Absence tissus durs et mous environnants, que des prémolaires, tranche d'âge trop réduite, temps d'exposition trop bref (arrêt four quand température atteinte), biais de reproductibilité inter- observateur (adhésion réalisée par 1 observateur)

2020 – Rahmat et al (64)	<p>Validation par un comité d'Éthique.</p> <p>- 4 mandibules de porc divisées en 2 donc 8 segments = 48 prémolaires et molaires (dont 5 dents témoins)</p> <p>Validation par un comité d'Éthique.</p>	<p>- Conservation dans sérum physiologique à 37°C (changée toutes les 2 semaines)</p> <p>- Préparation collage bracket</p> <p>- Porcs adultes (environ 2ans).</p> <p>- Prémolaires et molaires entièrement développées, saines et intactes.</p> <p>- Muscles et graisses retirés.</p>	Aucun	<p>- Four électrique.</p> <p>- Mandibules dans des creusets.</p>	<p>300</p> <p>600</p> <p>800</p> <p>1000</p>	<p>- 300°C / 15min</p> <p>- 600°C / 15min</p> <p>- 800°C / 15min</p> <p>- 1000°C / 15min</p> <p>- 300°C / 30min</p> <p>- 600°C / 30min</p> <p>- 1000°C / 30min</p>	<p>Thermique / macroscopie / photographie / spectrophotométrie / radiocristallographie / statistique</p>	<p>Absence tissus mous environnants, que des PM et M mandibulaires, origine animale, temps d'exposition court, que des dents saines.</p> <p><u>Non précisés</u> : milieu et temps de conservation, sexe, reproductibilité inter- et intra-observateur</p>
2022 – Sam et al (65)	<p>36 prémolaires mandibulaires : 4 groupes de 9 dents.</p> <p>Groupe 1 : analyse visuelle</p> <p>Groupe 2 : analyse stéréomicroscopique + photomicrographique</p> <p>Groupe 3 : analyse photomicrographique des sections</p> <p>Groupe 4 : analyse gravimétrique + analyse microscopique et photomicrographique des sections décalcifiées.</p> <p>Validation par un comité d'Éthique.</p>	<p>- Dents extraites pour des raisons orthodontiques chez les 15-25ans.</p> <p>- Groupe 1 et 2 : pas de préparation particulière</p> <p>- Groupe 3 : sections fines de 2mm.</p> <p>- Groupe 4 : décalcification, section de 3 µm et coloration</p>	Aucun	Four à brûler.	<p>100</p> <p>200</p> <p>300</p> <p>400</p> <p>500</p> <p>600</p> <p>700</p> <p>800</p> <p>900</p>	<p>Thermique / stéréomicroscopie / macroscopie / poids / photographie / photomicrographie / microscopie</p>	<p>Absence tissus durs et mous environnants, que des PM mandibulaires, tranche d'âge que de 15 à 25 ans.</p> <p><u>Non précisés</u> : état des dents, milieu et temps de conservation, temps d'exposition, sexe, reproductibilité inter- et intra-observateur.</p>	

2023 – Peer et Sarig (66)	58 molaires maxillaires séparées au hasard en deux groupes.  Validation par un comité d'Éthique.	Dents extraites pour des raisons orthodontiques et sans restauration.	Aucun	- Four Cole- Parmer StableTemp Box.  - Dents sur la plaque avec suffisamment d'espace entre elles.	400 700	60min à la température souhaitée.	Thermique / spectrophotométr ie / statistique	Absence tissus durs et mous environnants, que des molaires maxillaires, seulement 2 températures, que des dents saines.  <u>Non précisés</u> : milieu et temps de conservation, âges et sexe, reproductibilité inter- et intra-observateur.
---------------------------------	---	---	-------	--	------------	---	---	---

Tableau 9 : Matériel, méthodes et paramètres analysés des études *in vitro*.

### 3- Résultats

Les résultats des études *in vitro* sont présentés dans les tableaux ci-dessous (Tableau 10, 11 et 12) selon les critères suivants : Référence, augmentation température progressive ou directe, températures, autres informations pour les tissus dentaires seuls. Selon la référence, la température, autres informations pour les matériaux d'obturation. Selon la référence, a\* (rouge – vert), b\* (bleu – jaune), la luminosité, le changement de couleur, autres informations pour les études spectrophotométriques. Et les conclusions de revue de la littérature sont présentées dans le Tableau 13.

Références	Exposition progressive ou directe	Températures (°C)						Autres facteurs	Informations supplémentaires
		0-200	300-400	500-600	700-800	900-1000	1100-1200		
Beach et al (2008)	Directe	-204 : NP -260 : o Email brun très pâle o JEC émail translucide o Dentine brune rougeâtre foncée	-316 : NP -371 et 427 : o Email brun grisâtre très sombre avec aspect brillant/effet brillant o Dentine radiculaire brun très pâle -482 : o Couleur couronne identique à 427 o Pas de brillance	-538 : o Couronne grise avec taches brunes grisâtre et grises o Racine brune olive avec taches gris clair et gris -593 : o Couronne gris clair o Passage du brun olive au gris clair et au blanc				30min	- Incinération plus longue => pas plus de changement de couleur sont similaires, mais pas identiques, à ceux rapportés pour les os. - une période d'incinération plus longue ne provoque pas nécessairement plus de changements de couleur
		-204 : o Email pas changement o Dentine léger changement couleur o Racine jaune pâle à jaune -260 : o Email plus foncé	-316 : NP -371 : o Email brun grisâtre très sombre avec aspect brillant/effet brillant o Dentine radiculaire brun très pâle -427 : o Email plus foncé	-538 : o Couronne grise avec taches brunes grisâtre et grises o Racine brune olive avec taches gris clair et gris -593 : o Couronne gris				60min	

Ferreira et al (2008)			<ul style="list-style-type: none"> <li>o Couleur couronne identique à 371°C</li> <li>o Racine brune olive</li> </ul> <p>-482:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Couronne gris clair</li> <li>o Pas de brillance</li> </ul>	clair o Passage du brun olive au gris clair et au blanc				<p><u>1150</u>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Surface externe : Couleur noire au niveau 1/3 cervical racine et apex</li> <li>o Surface interne : Dépôt noir collet et 1/3 apical racine</li> </ul> <p><u>1150</u>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Surface externe : Taches noires bord incisif et apex</li> <li>o Surface interne : Dépôt noir chambre et apex</li> </ul> <p><u>1150</u>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Surface externe : Email gris</li> <li>o Surface interne : Email blanc et taches grises au niveau ciment (JEC) dentine et ciment blanc crayeux</li> </ul> <p><u>1150</u>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Surface externe : Cément blanc crayeux</li> <li>o Surface interne : Dentine et ciment blanc crayeux, émail gris clair</li> </ul>	<p>&lt;18ans</p> <p>&gt;60ans</p> <p>&lt;18ans</p> <p>&gt;60ans</p>	<p>- Même comportement sous l'action du feu direct ainsi que sous l'augmentation contrôlée de la température jusqu'à 1150°C.</p>
	Directe									
	Progressive									
Moreno et al. (2009)	Progressive	<p>- 200 :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Marron clair</li> </ul>	<p>- 400 :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Marron foncé</li> </ul>	<p>- 600 :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Marron avec pigments noirs</li> </ul>	<p>- 800 :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Gris avec pigments noirs</li> </ul>	<p>- 1000 :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Gris</li> </ul>	<p>- 1200 :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Gris avec veines blanches</li> </ul>	Couronne	<p>- Changement de couleur lié au niveau de</p>	

Karkhanis et al. (2010)	Directe	- <u>200</u> : NP	- <u>400</u> : Brun foncé	- <u>600</u> : Identique à 400°C	- <u>800</u> : Blanc bleuté	- <u>1000</u> : Blanc crayeux	- <u>1200</u> : Identique à 1000°C	Racine	carbonisation et d'incinération des dents. - Dents temporaires même schema de changement de couleur que les dents permanentes.	
		- <u>100</u> : o Jaune pâle, brun très pâle - <u>200</u> : o Jaune pâle/gris o Taches cervicales : brun très foncé	- <u>300</u> : o Gris clair o Taches : Gris très foncé - <u>400</u> : o Marron très pâle o Dentine : gris très foncé o Taches : Marron très foncé	- <u>500</u> : o Email : gris clair o Dentine : gris bleuté foncé o Taches : gris foncé - <u>600</u> : o Email : gris clair o Dentine : gris bleuté foncé o Taches cervicales : gris foncé	- <u>700</u> : o Email : gris bleuté clair o Dentine : gris bleuté foncé - <u>800</u> : o Email : gris bleuté o Dentine : gris bleuté très foncé - <u>1000</u> : o Email : gris bleuté clair o Dentine : identique à 900°C	- <u>900</u> : o Email : blanc neutre o Dentine : gris bleuté clair o Taches : gris bleuté très foncé	- <u>1100</u> : o Décoloration rose de la couronne o Email et dentine : gris bleuté clair o Prédentine : gris verdâtre clair	Couronne		
Patidar et al. (2010)	Directe	- <u>100</u> : o Brun jaunâtre - <u>200</u> : o Noir brillant	- <u>300</u> : o Noir brillant - <u>400</u> : o Cément brun jaunâtre clair	- <u>500</u> : o Cément brun grisâtre/brun grisâtre clair - <u>600</u> : o Cément noir bleuté	- <u>700</u> : o Cément : gris bleuté clair - <u>800</u> : o Cément gris bleuté très foncé	- <u>900</u> : o Cément identique à 700°C - <u>1000</u> : o Cément surface externe : noir bleuté o Cément surface interne : gris bleuté clair	- <u>1100</u> : o Cément : gris bleuté clair	Racine	Dents	- Résultats dents / mandibules similaires
		- <u>400</u> : o 5 min : petite coloration brunâtre o 15 min : Brun noirâtre o 30 min : Gris anthracite noir	- <u>400</u> : o 5 min : NP o 15 min : Carbonisation,	- <u>1100</u> : o 15min : Blanc grisâtre cendré	Mandibules entières	- <u>1100</u> : o 15min : Aspect gris cendré				

Woisetschlager et al. (2011)	Progressive	- Avant combustion: o Brunâtre clair - 200 : o Brun	surface noire o 30 min : NP	- 400 : o Brun foncé à noir	- 600 : o Gris	- 800 : o Identique à 600°C	- 1000 : o Blanc	- 1100 : o Blanc / rose		
Gibelli et al. (2014)	Progressive	- 50 : Rien - 100 : o Couronne opaque - 150 : o Brune - 200 : o Racine brune et couronne blanche								- Augmentation température → diminution transparence racine
Bagdev et al. (2014)	Progressive	- 200 : o Blanc jaunâtre à brun clair - 200 : o Blanc jaunâtre à brun clair	- 400 : o Restée brun clair	- 500 : o NP (brisée)	- 800 : o NP				Couronne	
Pol et al. (2015)	Progressive	- 200 : o Jaune à brun clair - 200 : o Pas de changement	- 400 : o Gris à brun - 400 : o Noir brillant	- 500 : o Email et dentine gris - 500 : o Marron	- 800 : o Brun grisâtre - 800 : o Blanc crayeux	- 1000 : o Identique à 800°C - 1000 : o Blanc rosé			Couronne Racine	
Meija et al. (2016)	Progressive	- 200 : o Perte brillance (opacité email)	- 400 : o Email : brun opaque	- 500 : o Email : blanc crayeux o Dentine : grisâtre	- 800 : o Email : grisâtre o Dentine : transparente	- 1000 : o Couronnes blanches				Dent peut rester intacte jusqu'à 200°C, brûler à 400°C (changement de couleur), se carboniser à 600°C, être incinérée entre 800°C et 1000°C et exploser à 1200°C

Vandurangi et al. (2016)	Directe	- <u>200</u> : o Blanc / jaunâtre à brun clair	- <u>400</u> : o Brun clair	- <u>600</u> : o Brun foncé à noir	- <u>800</u> : o Blanc crayeux	- <u>1000</u> : o Blanc grisâtre			
Shekhawat et Chauhan (2016)	Progressive	- <u>200</u> : o Couronne restée blanche et lisse	- <u>400</u> : o Couronne : noir brunâtre o Racine : noir	- <u>600</u> : o Couronne et racine : noir à grisâtre	- <u>800</u> : o Couronne et racine : blanc	- <u>1000</u> : o Dentine exposée : passe du bleu au gris vers région pulpaire et blanc dans la périphérie o Racine : blanc crayeux	En fonction de l'âge		Pas de différence dans l'aspect radiologique, morphologique et histologique des dents selon l'âge
Kiran et al. (2019)	Progressive	- <u>200</u> : o Légèrement brunâtre	- <u>500</u> : o Plus en plus foncée avec fissures noires	- <u>500</u> : o Filtre orange : fluorescence bleue diminue, apparaît brunâtre o Filtre jaune : rose	- <u>900</u> : o Charbon / gris noir	- <u>1200</u> : o Charbon / gris noir o Racine : blanc crayeux	Lumière blanche		Changements de couleur reflètent les différences de composition des matériaux, car les différents matériaux se décomposent à différentes températures.
Rahmat et al. (2020)	Directe	- <u>300</u> : o Blanc jaunâtre neutre à blanc opaque	- <u>600</u> : o Couronnes : gris clair	- <u>800</u> : o Prémolaires : gris métallique o Molaires : noir	- <u>1000</u> : o Blanc	- <u>900</u> : o Filtre orange : quasi pas de fluorescence o Filtre jaune : fluorescence rouge éliminée sinon pareil	15 min		Mandibules entières
Saim et al. (2022)	Progressive	- <u>100</u> : o Apparence de bandes	- <u>300</u> : o Bande orange brunâtre - <u>400</u> : o Bronze métallisé noirâtre	- <u>500</u> : o Gris noir luisant avec zones noirâtres - <u>600</u> : o Gris	- <u>700</u> : o Surface externe : bleu grisâtre o Surface interne : Email = grisâtre Dentine = noir	- <u>900</u> : o Blanc crayeux	Couronne		



Références	Exposition progressive ou directe	Températures (°C)						Matériaux et autres facteurs	
		0-200	300-400	500-600	700-800	900-1000	1100-1200		
Moreno et al. (2009)	Progressive	- <u>200</u> : perte éclat	- <u>400</u> : Identique à 200°C	- <u>600</u> : Noir opaque	- <u>800</u> : Identique à 600°C	- <u>1000</u> : Pigments roses dans émail et dentine autour de l'amalgame	- <u>1200</u> : Identique à 1000°C	Amalgame avec en fond de cavité du CVI	
		- <u>200</u> : Brun brillant avec veines	- <u>400</u> : Identique à 200°C	- <u>600</u> : Noir grisâtre	- <u>800</u> : Blanc crayeux	- <u>1000</u> : Identique à 800°C	- <u>1200</u> : Identique à 800°C et 1000°C		Composite avec en fond de cavité du CVI
		- <u>200</u> : NP	- <u>400</u> : Brun	- <u>600</u> : Gris foncé	- <u>800</u> : Blanc crayeux	- <u>1000</u> : Identique à 800°C	- <u>1200</u> : NP		
Patidar et al. (2010)	Directe		- <u>400</u> : o 5 min : pas de changement o 15 min : Coloration noirâtre o 30 min : Carbonisation				- <u>1100</u> : o 15min : aspect cendré grisâtre	Zn3(PO4)2	
			- <u>400</u> : o 5 min : NP o 15 min : NP o 30 min : NP				- <u>1100</u> : o 15min : Coloration grisâtre à blanchâtre		Amalgame
			- <u>400</u> : o 5 min : Perte brillance et coloration grise noirâtre o 15 min : gris anthracite o 30 min : NP				- <u>1100</u> : o 15min : NP		
	- <u>400</u> : o 5 min : Peu de perte de glaçage o 15 min : Perte glaçage o 30 min : Noircie brillante et luisante						- <u>1100</u> : o 15min : NP	Couronne en Ni-Cr	





Gonzalez-Colmenares et al. (2020)	Progressive	-200 : o Non significatif	-500 : o Commence à brunir	-900 : o Aspect verre dépoli	-1200 : o Diminution luminosité	LB	Couronne VitaBloc®	
		-200 : o Fluorescence égale	-500 : o Pas de changements significatifs	-900 : o Pas de changement	-1200 : o Pas de changement significatif par rapport à 900°C	LV		
		-200 : o Coloration brune	-500 : o Blanc crayeux	-900 : o Perte brillance	-1200 : o Aspect verre brillant	LB		Couronne Enamic®
		-200 : o Fluorescence augmente	-500 : o Perte fluorescence	-900 : o /	-1200 : o /	LV		
		-400 : o Halo brun uniforme s'estompant vers les bords de la couronne o Zone jaune brune noire autour du bracket	-600 : o Bracket détaché → empreinte rectangulaire noire non uniforme o Bracket : plus foncé avec des zones opaques o Résine résiduelle à la base du bracket : noir	-800 : o Lieu bracket : gris bleuté avec halo blanc entourant la zone o Résine résiduelle à la base du bracket : blanc crayeux	-1000 : o Tiers cervical : rose o Bracket : brun opaque o Résine résiduelle : blanc crayeux	-1200 : o Dent : rose o Bracket : Surface grise rugueuse et opaque avec zones blanches au centre	Bracket orthodontique	

Tableau 11 : Résultats des études in vitro sur les matériaux d'obturation ou bracket

Référence	a* : échelle rouge (positif) – vert (négatif)	b* : échelle jaune (positif) – bleu (négatif)	L* (luminosité)	E (changement de couleur)	Wi (indice blancheur)	Yi (indice jaunissement)
Rubio et al. (2015)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Forte diminution de 0 à 100°C : passage du positif vers négatif (vers le vert)</li> <li>- Rouge neutre (positif) : 200°C, 400°C, 1200°C</li> <li>- Coté vert (négatif) : 100°C, 600°C, 800°C, 1000</li> <li>- Vert le plus saturé = 100°C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diminution : Jaune plus saturé à jaune neutre de 100°C à 600°C puis évolution vers bleu à 800°C, 1000°C et 1200°C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diminution de 100°C à 400°C</li> <li>- 600°C similaire témoin</li> <li>- Diminution à 800°C,</li> <li>- 1000 et 1200°C = valeurs les plus hautes (similaires)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas de différence jusqu'à 400°C</li> <li>- Augmentation de 600°C à 1200°C</li> <li>- Plus élevé = 1000°C et 1200°C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diminution jusqu'à 800°C</li> <li>- 800°C : valeur la plus basse</li> </ul>
	<p>Autres informations et conclusions</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>200-400°C</u> : plus foncé et moins jaunâtre</li> <li>o Diminution a* et b* et diminution très légère Yi</li> <li>- <u>600°C</u> : plus claires et plus blanches</li> <li>o b* et Yi similaires à 200°C mais diminution a* (passage coté vert) et augmentation Wi</li> <li>- <u>800°C</u> : plus claire que témoin, 100°C, 200°C, 400°C et légèrement plus foncée que 600°C</li> <li>o Diminution a* (dans le vert (négatif)) et b* (passage vers bleu (négatif)) et Yi le plus bas</li> <li>- <u>1000-1200°C</u> : plus claires et plus blanches que tous les autres groupes</li> <li>o b* et Yi négatifs tandis que a* négatif à 1000°C et positif à 1200°C</li> <li>- 100°C : Déterminée par valeur a* / 600°C : Déterminée par valeurs b* et Yi</li> <li>- L* : la plus utile pour déterminer température sauf 100°C et 600°C</li> </ul>					
Rahmat et al. (2020)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>300°C</u> :</li> <li>o Valeur 30min : 2 fois supérieure à celle de 15min et témoin</li> <li>- <u>600°C</u> :</li> <li>o Diminution pour 15 et 30min (Valeurs proches de 0) par rapport à 300°C et témoin</li> <li>- <u>800°C</u> :</li> <li>o Légère augmentation entre 800°C et 1000°C</li> <li>- <u>1000°C</u> :</li> <li>o Valeur 30min = 2 fois supérieure à celle de 15min</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>300°C</u> :</li> <li>o Valeur 15min = 1,5 fois supérieure à celle du témoin / Valeur 30min = 2 fois supérieure à celle du témoin</li> <li>o Évolution vers du jaune plus saturé par rapport au témoin</li> <li>- <u>600°C</u> :</li> <li>o Forte diminution des valeurs pour 15 et 30min</li> <li>o Jaune 15min moins saturé qu'à 300°C et témoin</li> <li>o Valeur 30min proche de 0 (neutre)</li> <li>- <u>800°C</u> :</li> <li>o Diminution et est devenue plus neutre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diminution entre témoin et 800°C</li> <li>- Augmente à 1000°C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Pas de différence significative entre les températures</li> <li>o Tendence à la diminution entre témoin et 300°C puis stable jusqu'à 800°C et forte augmentation à 15min à 1000°C et plus modérée à 30min</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>300°C</u> :</li> <li>o 30min : valeur la plus élevée</li> <li>- <u>600°C</u> :</li> <li>o 30min : valeur la plus basse</li> <li>o Forte diminution pour 15 et 30min</li> <li>- <u>800°C</u> :</li> <li>o Augmentation</li> <li>- <u>1000°C</u> :</li> <li>o Augmentation entre 800°C et 1000°C</li> </ul>

		<p>- <u>1000°C</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Forte augmentation : valeur 15min = 3 fois supérieure à celle de 800°C</li> <li>o Saturation inférieure à celle du témoin</li> </ul>						
Peer et Sarig (2023)	Autres informations et conclusions :	<p>- Indice jaunissement :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Maximum à 300°C quel que soit le temps</li> <li>o 600°C significativement plus élevé à 15min qu'à 30min = seule différence significative basée uniquement sur la durée</li> <li>o 30min600°C = valeur la plus basse</li> </ul> <p>- Luminosité :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Pas affectée par température</li> <li>o Diminution jusqu'à 600°C</li> </ul>	<p><u>Email</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o 400°C : Augmentation (complètement côté positif rouge)</li> </ul> <p><u>Dentine</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Témoin et 700°C similaires</li> <li>o 400°C &gt; Témoin et 700°C</li> <li>o 400°C : valeur la plus haute (ratio rouge le plus élevé)</li> <li>o Témoin : valeur la plus basse (ratio vert le plus élevé)</li> <li>o 400°C : que du côté positif rouge</li> <li>o 700°C : valeurs positives (rouge) et négatives (vert)</li> <li>o Différent entre : témoin et 400°C / 400°C et 700°C</li> </ul> <p><u>Email – dentine</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Valeurs différentes</li> </ul>	<p><u>Email</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o 400°C : Diminution du côté négatif bleu</li> </ul> <p><u>Dentine</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Témoin : valeur la plus élevée (ratio jaune plus élevé)</li> <li>o 700°C : valeur la plus basse (ratio bleu plus élevé)</li> <li>o 400°C et 700°C : restées côté positif (jaune) mais 700°C plus proche des valeurs négatives (bleu)</li> <li>o Différent entre : témoin et 400°C / témoin et 700°C / 400°C et 700°C</li> </ul> <p><u>Email – dentine</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Valeurs différentes</li> </ul>	<p><u>Email</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o 400°C : Diminution vers côté noir</li> </ul> <p><u>Dentine</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Témoin et 700°C &gt; 400°C</li> <li>o Différent entre : témoin et 400°C / 400°C et 700°C</li> </ul> <p><u>Email – dentine</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Changement de couleur de la dentine et similaire à celui de l'émail à 400°C</li> </ul>	<p><u>Email</u> :</p> <p>Différence de couleur entre témoin et 400°C = hautement perceptible</p> <p><u>Dentine</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Différence de couleur entre témoin, 400°C et 700°C = toutes hautement perceptibles</li> </ul> <p><u>Email – dentine</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Différence de couleur faiblement perceptible (<math>\Delta E=2,4</math>), à la limite de n'être perçue que par des observateurs expérimentés (<math>1 &lt; \Delta E &lt; 2</math>)</li> </ul>		

	<p>Autres informations et conclusions :</p> <p>Email : 400°C → plus foncé : a* vers rouge, b* vers bleu et L* vers noir</p> <p>Dentine (a*, b*) : 700°C → proche zone neutre du spectre (0,0)</p> <p>Email – dentine :</p> <p>- a* et b* de l'émail sont différents de ceux de la dentine mais sur le diagramme de dispersion : valeurs de couleur de l'émail sont complètement dans les valeurs de couleurs de la dentine.</p> <p>- Changement couleur dentine suit celui de l'émail.</p> <p>- Dents naturelles et dents brûlées à 700°C sont plus claires que celles brûlées à 400°C.</p> <p>- Changements de couleurs très distincts les uns des autres donc facilement perceptibles visuellement, quel que soit le niveau d'expérience de l'observateur.</p>			
<p>Biancalana et al (2016)</p>	<p>Composite</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Augmentation significative à 300°C par rapport à 100 et 200°C tout en restant du côté positif (rouge)</li> <li>CVI <ul style="list-style-type: none"> <li>o Diminution à 300°C en passant du côté négatif par rapport à 100 et 200°C qui sont du côté positif (jaune)</li> <li>o Changement le plus important à 100°C et légère augmentation à 200°C</li> </ul> </li> </ul>	<p>Composite</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Augmentation significative à 300°C tout en restant du côté positif (rouge)</li> <li>CVI <ul style="list-style-type: none"> <li>o Diminution à 300°C en passant du côté négatif par rapport à 100 et 200°C qui sont du côté positif (jaune)</li> <li>o Changement le plus important à 100°C et légère augmentation à 200°C</li> </ul> </li> </ul>	<p>Composite</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Pas de différence significative</li> <li>o Valeurs du côté positif mais rapprochement à 300°C du 0 (neutre)</li> <li>CVI <ul style="list-style-type: none"> <li>o Diminution avec l'augmentation de la température tout en restant du côté négatif</li> </ul> </li> </ul>	<p>Composite</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Augmentation à 300°C (significativement différent de 100°C et 200°C)</li> <li>CVI <ul style="list-style-type: none"> <li>o Augmentation avec l'augmentation de la température (différence significative entre les 3 températures)</li> </ul> </li> </ul>
<p>Biancalana et al. (2017)</p>	<p>- 7 jours :</p> <p>Composite</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Δa diminue avec la diminution de la température tout en restant dans la zone positive (rouge)</li> <li>o Pas de différence significative sauf pour -80°C</li> <li>CVI <ul style="list-style-type: none"> <li>o Δa augmente avec la diminution de la température tout en restant</li> </ul> </li> </ul>	<p>- 7 jours :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Δb plus élevé à 2,5°C pour les 2 matériaux avec des résultats similaires à -20°C mais significativement différents de -80°C</li> <li>o Même comportement pour les 2 matériaux qui se rapprochent avec la diminution de la température du neutre (0) mais avec des valeurs positives pour le composite et négatives pour le CVI</li> </ul>	<p>- 7 jours :</p> <p>Composite</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Pas de différence significative CVI</li> <li>o Pas de différence significative</li> <li>- 30 jours : <p>Composite</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Légère augmentation à 80°C par rapport à 2,5°C</li> </ul> </li></ul>	<p>- 7 jours :</p> <p>Composite</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Pas de différence significative dans le changement de couleur</li> <li>CVI <ul style="list-style-type: none"> <li>o Pas de différence significative dans le changement de couleur</li> </ul> </li> <li>- 30 jours : </li></ul>

<p>dans la zone négative (vert) pour les 3 températures</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Pas de différence significative sauf pour 2,5°C</li> <li>- <u>30 jours</u> :</li> <li>Composite</li> <li>o Valeurs les plus hautes : 2,5°C et -20°C, significativement différentes de -80°C mais toujours dans le positif (rouge)</li> <li>CVI</li> <li>o Pas de différence significative, tout en restant du côté positif</li> <li>- <u>7-30 jours</u> :</li> <li>o Pour les 2 matériaux : plus grand changement se sont produits après 30 jours, à toutes les températures</li> <li>- <u>7-30 jours</u> :</li> <li>o Avec une différence significative par rapport à 7 jours.</li> </ul>	<p>Composite</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Diminution avec diminution de la température tout en restant du côté positif (jaune) pour les 3 températures.</li> <li>CVI</li> <li>o Augmentation avec diminution de la température tout en restant du côté négatif (bleu) pour les 3 températures:</li> <li>- <u>30 jours</u> :</li> <li>o <math>\Delta b</math> composite &gt; <math>\Delta b</math> CVI</li> <li>Composite</li> <li>o Pas de différence significative</li> <li>CVI</li> <li>o Pas de différence significative</li> <li>- <u>7-30 jours</u> :</li> <li>o Pour les 2 matériaux : plus grand changement après 30 jours, à toutes les températures, différence significative par rapport à 7 jours.</li> </ul>	<p>et -20°C</p> <p>CVI</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Pas de différence significative</li> <li>- <u>7-30 jours</u> :</li> <li>Composite</li> <li>o Variation de la luminosité plus élevée à 30 jours qu'à 7 jours aux 3 températures</li> <li>CVI</li> <li>o Pas de différence significative</li> </ul>	<p>Composite</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Pas différence significative dans le changement de couleur.</li> <li>CVI</li> <li>o Pas différence significative dans le changement de couleur</li> <li>- <u>7-30 jours</u> :</li> <li>Composite</li> <li>o Changement de couleur à 30 jours supérieur à 7 jours aux 3 températures</li> <li>CVI</li> <li>o Pas de différence significative</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Composite : changement de couleur plus important après une longue exposition au froid par rapport au CVI</li> <li>- Pas changement de couleur à basse température pendant 7 jours</li> <li>- Estimation d'une possible exposition au froid par coordonnées L * impossible pour composite à 7 jours et pour CVI à 7 et 30 jours</li> <li>- Plus la température diminue, plus la stabilité du composite dans la saturation rouge est grande (à 7 jours comme à 30 jours)</li> <li>- Stabilité de la coordonnée a* surtout à 2,5°C (refroidi mais pas congelé)</li> <li>- Humidité du froid impacte plus le changement de couleur à 30 jours qu'à 7 jours</li> <li>- Saturation jaune du composite diminue avec la diminution de la température à 7 jours</li> <li>- Après 30 jours, augmentation de la saturation du jaune du composite était plus intense qu'à 7 jours</li> <li>- CVI 7 jours : diminution saturation jaune (aspect plus opaque)</li> <li>- Composite et CVI : saturation jaune 30 jours supérieure à 7 jours → stabilité coordonnée b* à basse température</li> <li>- Limite de l'étude : pas d'analyse statistique du CVI entre chaque températures et pareil pour le composite</li> </ul>			

Tableau 12 : Résultats des études in vitro utilisant la spectrophotométrie (ligne grisée car traitant des températures froides)

2015 – Reesu et al (67)					
	Email	Dentine	Amalgame	Porcelaine	Résines
260°C – 500°C					Nuances grises à noires (5 à 30min)
300°C	Teinte brune-grisâtre (dénaturation des liaisons collagéniques qui affecte l'absorption du spectre visible) / Valable pour dents temporaires aussi				
400°C					Blanches à brunes
500°C		Grise-noire foncée			
600°C					Aucune trace du matériau
800°C	Tissus presque blancs		Résiste jusqu'à 800°C		
900°C	Tissus blancs porcelaine				Blanchissement (90min)
1000°C				Résiste à des températures supérieures à 1000°C	

Tableau 13 : Conclusions des revues de la littérature

## 4- Discussion

### A- Odontologie légale et phénomène de carbonisation

L'odontologie légale s'avère utile pour redonner une identité notamment lors de dommages provoqués par la chaleur (68) et encore plus lors de décès multiples (62) surtout lors d'incendies. Il existe diverses sources d'incendies : accident de véhicule, crémation accidentelle, homicide, suicide etc. Le feu peut aussi être utilisé pour masquer des preuves médico-légales (2,69). Les corps des victimes, partiellement ou totalement carbonisés, reflètent la phase terminale d'un processus très dynamique induit par des températures élevées (70–72). Cette chaleur détruit ou modifie les caractéristiques reconnaissables de l'apparence originale par la mutilation des tissus mous rendant ainsi plus complexe la recherche de la cause de décès et de l'identité de la victime (59,73).

Les dents humaines sont la substance la plus dure du corps humain du fait de leur calcification (9,65). Elles résistent aux conditions environnementales détruisant les tissus mous et résistent à des températures supérieures à 1000°C (9,65). Elles sont encore plus résistantes que les os (74). Les changements de couleur des dents étaient similaires, mais pas identiques, à ceux des os du fait que l'émail présente un contenu organique plus faible que les os (50).

La denture est souvent comparée aux empreintes digitales car chaque individu a une combinaison unique de dents manquantes, saines, d'usures, de restaurations qui ont elles-mêmes une forme et une taille uniques pour chaque personne (8,9,53,75). Grâce à cette résistance spécifique, l'utilisation des dents, est un *gold standard* dans l'identification et peut être utilisée même dans les cas où il ne reste qu'une seule dent (76). Les données *ante-mortem* ainsi que les restes de ces restaurations dans l'incendie seront alors d'une grande aide lors de la recherche de l'identité d'une victime (8,77).

Les altérations causées par les flammes peuvent apporter des informations complémentaires concernant la température, la durée d'exposition, la direction, la nature de la source (78,79). L'analyse des variations de couleurs à différentes températures peut contribuer à ces recherches.

**→ Nous retiendrons donc que l'odontologie légale est un outil important dans l'identification de victimes notamment sur des corps carbonisés grâce à la résistance des dents aux conditions environnementales.**

## B- Incidence du temps et de la température

### 1. La température

Il paraît important de rappeler qu'un incendie domestique arrive rarement à 649°C (8) alors qu'une crémation atteint des températures comprises entre 950°C et 1000°C (58), la combustion de l'essence entre 800° - 1100°C (78), un incendie d'avion peut atteindre jusqu'entre 1000°C et 3000°C ; tandis qu'un incendie chimique peut dépasser plusieurs milliers de degrés (80). La température atteinte lors d'incendies dépend aussi du site, de la durée de la combustion, la nature du carburant, la substance pour éteindre le feu ainsi que l'atmosphère de combustion, celle-ci pouvant avoir un impact considérable sur la dent et ses restaurations (78).

De plus, les dents et ses restaurations sont protégées des agressions thermiques par l'os alvéolaire et les tissus mous du visage (musculature péri-orale, langue, lèvres) retardant l'élévation de la température intra-buccale (52,54,78). Lors d'une exposition au feu les tissus mous se déshydratent, se rétractent et deviennent durs finissant par exposer les dents antérieures (52), celles-ci subissent donc plus de dommages que les dents postérieures encore protégées par la musculature buccale et la langue (2,52). Patidar et al. ont eu des résultats similaires de changement de couleur sur des dents et des mandibules entières considérant donc leur méthode fiable avec une bonne simulation expérimentale de la cavité buccale (53).

L'étude de l'effet des hautes températures sur les dents et les restaurations permettrait de définir la température de l'incendie, l'utilisation d'un possible accélérateur et si la victime est décédée à cause de l'incendie ou si elle l'était avant (55). Ainsi, la connaissance de la température atteinte pourrait être cruciale et pertinente sur le plan médico-légal (66). Effectivement de nombreuses études mettent en valeur que la couleur est le changement le plus évident de l'augmentation de la température (52,81).

La dent peut donc rester intacte jusqu'à 200°C, brûler à 400°C avec un changement de couleur, se carboniser à 600°C, être incinérée entre 800°C et 1000°C et enfin exploser à 1200°C (51,78,82). Les dents temporaires ont des réactions à la chaleur identiques à celle des dents permanentes mais à des températures plus basses (52). Le changement de couleur des dents est donc directement lié au niveau de carbonisation et d'incinération (78) qui est lui-même corrélé à la température d'exposition (66).

Lors de l'augmentation de la température il se produit :

- Une augmentation de la biréfringence (division de la lumière en deux faisceaux

orthogonaux ayant des vitesses de propagation différentes) positive de l'émail accentuant l'opacité et modifiant donc la couleur (83),

- Une augmentation du taux de décomposition des matériaux de restaurations (53),
- Une diminution de la transparence des racines (54).

Patidar et al. ont comparé une exposition de mandibules entières à 400°C et à 1100°C pendant la même durée (15min), à 400°C elle est apparue carbonisée avec une teinte foncée tandis qu'à 1100°C elle est devenue gris cendrée avec un rétrécissement global et des fractures (53). La variable la plus importante est donc la température : des dents brûlées pendant une période plus longue mais à des températures plus basses n'ont pas le même comportement que des dents brûlées à des températures élevées même si la déshydratation lors d'une période d'exposition plus longue augmente (50).

**→ Nous relèverons que lors de l'augmentation de la température les dents passent d'abord par la carbonisation à des températures plus basses, puis par l'incinération à hautes températures. Les dents bénéficient cependant d'une protection thermique grâce aux tissus durs et mous les entourant.**

## 2. Le temps

Des études antérieures montrent qu'une période plus longue d'incinération ne provoque pas forcément plus d'altérations observables sur les dents (50). Notamment les changements de couleurs sont similaires à l'examen visuel même si la durée d'exposition était différente (7,53,56,78). Dans leur étude Beach et al. n'ont observé aucun changement significatif au cours des 30 dernières minutes : les changements ayant été observés pendant la première demi-heure ont également été observés après une heure d'incinération (50). Les changements se produisant à 60 minutes ne différaient pas de ceux produits après une exposition de 15 minutes (53,56).

Il a aussi été remarqué que lors d'une augmentation graduelle de la température, cela a provoqué une calcination complète des tissus dentaires et aucune des couleurs du système n'était utile comme élément de différenciation (9). Tandis que pour les dents ayant subi l'action directe du feu, une différenciation entre des dents de sujets jeunes et des dents de sujets âgées était possible par l'étude du degré de saturation de la couleur noire (9). Lorsqu'elles sont chauffées de manière progressive, l'humidité s'évapore et les altérations sont minimales (78,84). Tandis que si la chaleur est intense et rapide, elle peut induire l'évaporation des composants organiques à l'intérieur de la dent (78,84).

En outre, une étude sur les changements de couleur sur des restaurations à des températures froides montre que l'humidité de l'environnement peut avoir provoqué un changement de couleur plus intense lors d'une exposition prolongée (30 jours) que lors d'une exposition plus courte (7 jours) (61).

**→ Nous retiendrons que passé une certaine durée, celle-ci n'a plus vraiment d'influence sur le changement de couleur des dents.**

### 3. La température et le temps

Lors d'un incendie de longue durée avec des températures dépassant les 700°C, les moyens d'identification primaires et secondaires sont détruits (74,81). L'analyse dentaire est donc une méthode de choix pour d'identification. Les dommages observables des dents exposées à des températures et durées variables peuvent être répertoriés en plusieurs catégories (53) :

- Intactes : aucun dommage
- Brulées : superficiellement desséchées et colorées
- Carbonisées : réduites en carbone par combustion incomplète
- Incinérées : réduites en cendre

Les dents noircies et carbonisées consécutives aux premiers stades d'exposition à la chaleur sont moins fragiles que des dents apparaissant blanc porcelaine suite à une exposition prolongée à température élevée (67). La couleur est donc aussi un indicateur de la fragilité de la dent (81,85). Les dents sont très résistantes à la chaleur si elles y sont soumises progressivement, pouvant même résister à des températures allant jusqu'à 1200°C, néanmoins rapidement chauffées elles peuvent se désintégrer (86).

Les dents soumises à des températures plus faibles et/ou à des périodes de chaleur plus courtes ont tendance à prendre une couleur noire ou brune foncée puis une teinte bleu-gris et enfin blanc crayeux austère lorsque la température et/ou sa durée augmentent (58,87). C'est ce que l'on nomme la calcination (58). L'intensité de température ainsi que le temps de combustion sont inversement proportionnels à la vitesse des changements de couleur (88).

**→ Le temps et la température sont des facteurs qui influent sur le changement de couleur même si ce ne sont pas les seuls. Le changement de couleur peut donc aider à renseigner sur la température approximative atteinte et sur la fragilité de la dent.**

## C- Évolution de la coloration

### 1. Dent naturelle

#### a) Coloration des différentes structures dentaires

- Émail

Lors d'une exposition à des températures élevées, les dents avaient des changements de couleur similaires aux os qui apparaissent d'abord noir et/ou brun puis devenant bleu-gris pour terminer par une teinte blanche (88). Les dents suivent aussi ce schéma de teinte : décoloration superficielle puis apparaissent d'une couleur noirâtre et pour terminer blanches, correspondant à la formation de cendres (78). Les dents temporaires présentent le même schéma que les dents permanentes (52). Ces changements de couleur sont décrits de différentes manières dans la littérature mais les auteurs s'accordent tout de même sur l'évolution globale (7,51,52,58,59,64,65) (Figure 16):

- À 100°C : la dent apparaîtra « normale », « jaune pâle » ou « brun très pâle » ;
- À 200°C : « brun clair », « brun », « jaune pâle/gris avec des tâches de brun très foncé », « blanc/jaunâtre à brun clair », « blanc » ou « blanc légèrement grisâtre » ;
- À 400°C : « brun foncé à noir », « marron très pâle avec des tâches de marron très foncé », « marron foncé », « brun clair », « bronze métallisé », « noir brunâtre » ;
- À 600°C : « gris clair avec des taches de gris très foncé », « brun foncé à noir », « gris », « marron avec des pigments noirs », « gris à noir grisâtre » ;
- À 800°C : « gris bleuté », « gris », « gris à noir », « gris avec des pigments noirs », « blanc bleuté », « blanc crayeux » ;
- À 1000°C : « blanc », « gris bleuté clair », « gris », « blanc grisâtre »
- À 1100-1200°C : « blanc/rose », « blanc crayeux », « gris bleuté clair », « coloration rosée », « gris avec veines blanches »

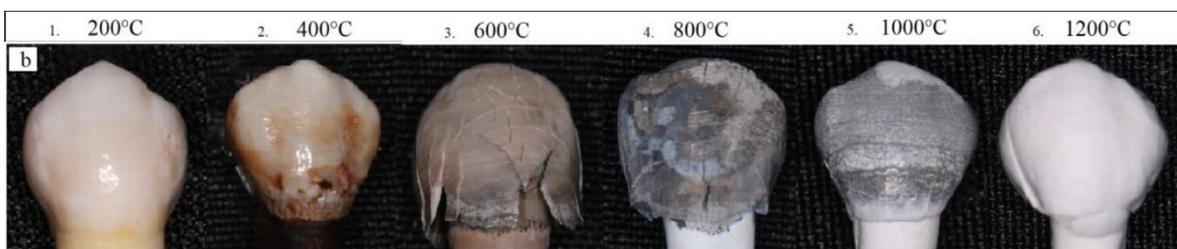


Figure 16 : Photographie de l'évolution de la couleur de l'émail suite à une exposition aux hautes températures (63)

Ces résultats sont aussi en accord avec des études antérieures à notre revue (82,89). La perte de la brillance de l'émail dans les premiers stades de chauffage est décrite comme

une « carbonisation invisible » (90). De plus, l'augmentation de la biréfringence à la suite de l'augmentation de la température entraîne une opacité amplifiée, participant donc aussi à ces modifications (83).

Effectivement peu de changements sont visibles lors d'une exposition à 100°C ; entre 200°C et 400°C les changements sont assez similaires, les dents deviennent plus foncées et moins jaunâtres avec l'augmentation de la température ; à 600°C plus claires et plus blanches ; à 800°C plus claires que le témoin et celles exposées à 100°C 200°C ou 400°C, néanmoins, légèrement plus foncée qu'à 600°C et les dents exposées à 1000°C ou 1200°C apparaissent plus claires et plus blanches que toutes les autres car elles présentent des signes d'incinération avec une couleur blanche crayeuse (2).

- Dentine

Cependant l'émail étant très friable après une exposition à des températures élevées, ses petits fragments peuvent présenter jusqu'à trois couleurs, compliquant ainsi l'évaluation de la couleur par rapport à un élément entier de dentine (50). L'assombrissement peut être amplifié lorsque l'émail est encore lié à la dentine, l'émail étant un peu transparent, la coloration par la chaleur de la dentine sous-jacente peut donc transparaître (2). Effectivement, la dentine suit le changement de couleur de l'émail (66) : couleur jaune typique de la dentine non altérée puis noire passant à un brun/olive suivie du gris et terminant par une couleur blanche (50). À 400°C elle apparaît gris très foncé ; de 500°C à 700°C gris bleuté foncé (52); à 800°C gris bleuté très foncé avec du bleu vers la région pulpaire et du blanc vers la périphérie ; de 900°C à 1100°C gris bleuté clair avec un passage du bleu au gris vers la région pulpaire (52,59). Il existe une différence significative entre les couleurs observées à différentes températures, permettant donc à la dentine d'être utilisée de manière fiable pour l'estimation de la température de combustion notamment lorsque l'émail est absent (66).

- Racine (cément et dentine)

L'évolution de la couleur au niveau de la racine est beaucoup plus statique qu'au niveau de la couronne et ne présente en général qu'une couleur, et ne dépassera pas plus de deux couleurs (50). La transparence de la racine diminue avec l'augmentation de la température (54). Le changement de couleur des racines a aussi été décrit de plusieurs manières (50,51,55,56,59,65) (Figure 17) :

- À 200°C : « normal », « blanc jaunâtre à brun clair » ou « jaune pâle à jaune »
- À 400°C : « brun foncé », « gris acier ou noir », « noir brillant », « brun olive », « noir »  
ou « noir anthracite »
- À 600°C : « brun foncé », « noir », « marron », « gris foncé » ou « noir à grisâtre »
- À 800°C : « blanc bleuté », « blanc opaque », « blanc crayeux » ou « surface externe  
blanc jaunâtre et interne bleuâtre »
- À 1000°C : « blanc crayeux » ou « blanc rosé »
- À 1200°C : « blanc crayeux »



Figure 17 : Photographie de l'évolution de la coloration de la racine après exposition à des hautes températures (56)

Effectivement, ces modifications suivent les changements généraux associés à la combustion avec premièrement un assombrissement global pendant la carbonisation (commençant à environ 400°C) et un éclaircissement global pendant la calcination (commençant à environ 700°C) (91). La couleur de la racine se rapproche d'une palette de gris neutre au fur et à mesure de la calcination (66).

Il existe une relation entre la couleur de la racine et l'âge, elle a tendance à s'assombrir avec le vieillissement à cause de l'apposition de cément au cours de la vie (92) mais lors d'une exposition directe au feu les dents suivent le même schéma de coloration qu'elles soient jeunes ou âgées (9).

**→ Nous retiendrons que les dents (dentine, émail et racine) suivent un schéma de coloration avec l'augmentation de la température en commençant par s'assombrir jusqu'à atteindre le noir puis à s'éclaircir jusqu'au blanc crayeux. Ces changements sont associés à la carbonisation suivie de l'incinération. La dentine suit le même schéma que l'émail.**

## b) Phénomènes associés à la déshydratation

La principale caractéristique macroscopique d'une dent brûlée est le changement progressif de couleur à sa surface majoritairement dû à la perte du contenu organique (81,93) concomitante à la perte progressive d'eau (94). De plus, l'énergie thermique dénature les liaisons d'hydrogène, affectant l'absorption du spectre de la lumière visible (94). Ces changements de couleur sont aussi entraînés par des changements ultra-structuraux comme la formation de vide intra- et inter-cristallins ainsi que le changement de morphologie et de phase des cristaux d'émail (52).

Dans les premiers stades de chauffage a lieu une déshydratation avec une rupture des liaisons hydroxyles et les dents finissent par perdre toutes leurs molécules d'eau (95). La combustion de la matière organique commence à partir de 500°C, notamment au sein la dentine qui est riche en collagène (96). La dentine a un contenu inorganique élevé et contient 12% d'eau (57). À des températures supérieures à 1100°C, les cristaux d'hydroxyapatite de l'émail fondent et fusionnent les uns avec les autres entraînant des changements de l'aspect extérieur, tels que la modification la couleur et de la cristallinité (97).

Si nous considérons qu'il a été démontré que la déshydratation a un effet significatif sur la clarté des dents (98), celle-ci n'a une influence que jusqu'à environ 500°C (87). Rahmat et al. ont constaté que la luminosité diminue entre la température ambiante et 600°C, ce qui est cohérent avec le fait que la dent perd ses composants hydriques suite à la déshydratation dans cette gamme de température (64). Effectivement, l'aspect carbonisé d'une dent décrit sa carbonisation soudaine et rapide ainsi que sa transformation en carbone solide comme tout biomatériau soumis à des températures élevées (85). Ensuite, au stade de calcination, une grande partie des protéines et de l'eau ont brûlé et se sont évaporées, après cela il ne reste plus que les composants inorganiques (58).

Sur les dents temporaires, les changements de couleur sont les mêmes mais à des températures plus basses, ceci est dû au fait que les dents temporaires présentent une hypo minéralisation de l'émail et la dentine, un émail plus poreux et un contenu organique plus élevé que sur dents permanentes (99,100). Cette différence peut aussi s'expliquer par le fait que les dents temporaires présentent un taux d'humidité plus élevé et une quantité plus faible d'éléments inorganiques par rapport aux dents permanentes (9).

**→ Nous relèverons que la déshydratation et la perte du contenu organique influencent fortement le changement de couleur. Au moment de la calcination il ne reste plus que le contenu inorganique.**

c) Systemes d'évaluation

L'utilisation de la couleur dentaire en odontologie légale est limitée en raison de la difficulté pour obtenir une mesure objective (9). De nombreux facteurs influencent la couleur de la dent comme la translucidité, l'opacité, les conditions d'éclairage, la diffusion de la lumière et la brillance (101).

Dans la littérature, la comparaison macroscopique des changements de couleur induits par les hautes températures montre des variabilités dans leur description. En effet, de nombreuses études sont basées sur une observation macroscopique notamment à l'aide du système du nuancier de Munsell (50,52,89). Des auteurs ont affirmé que cette méthode permettait une interprétation standardisée et reproductible (102). Cependant elle n'est pas très fiable car son observation dépend des variations et des perceptions entre les observateurs (64). Cette interprétation est subjective car l'aptitude d'un individu à décrire la couleur est inconstante d'une fois à l'autre (103). Divers facteurs peuvent influencer l'interprétation de l'observateur : la position de l'objet, l'éclairage, la fatigue et l'état émotionnel (104). Il est donc cohérent de trouver dans les études des descriptions différentes (50,52). De plus, les auteurs ont remarqué que les couleurs des dents ne correspondaient pas forcément aux teintes du tableau de Munsell (2,52) (Annexe 2).

De nombreuses études utilisent la spectrophotométrie, elle offre des mesures objectives, quantifiables, répétables, rapides (105), très précises (2) et permet de minimiser les erreurs d'interprétations (106). Cette technique utilise les paramètres de couleur CIELAB ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) et la luminance (2,107,108).

La valeur  $L^*$  est une mesure de la luminosité d'un objet sur une échelle allant de 0 (noir) à 100 (blanc). La valeur de chromaticité  $a^*$  est une mesure du rouge ( $a^*$  positif) ou du vert ( $a^*$  négatif). La valeur de chromaticité  $b^*$  est une mesure du jaune ( $b^*$  positif) ou du bleu ( $b^*$  négatif).

Les coordonnées  $a^*$  et  $b^*$  s'approchent de zéro pour les couleurs neutres (blanc, gris) et augmentent en magnitude pour les couleurs plus saturées ou intenses.

La blancheur et le jaunissement des dents ont été évalués en calculant les indices de blancheur (WI) et de jaunissement (YI) tels que proposés par l'ASTM (109).

Rubio et al. dans leur étude ont conclu que la luminosité était la variable la plus utile pour estimer la température atteinte lors d'un incendie (2). À l'opposé, Rahmat et al. ont montré que la luminosité n'est pas affectée par la température (64). La luminosité des dents brûlées à 700°C est similaire à celle des dents non brûlées. Cependant, celles chauffées à 700°C présentent une teinte de fond différente, permettant d'observer, entre dents brûlées à 700°C et non brûlées, deux couleurs distinctes et ce même pour un observateur inexpérimenté (66).

Les auteurs (2,64,66) s'accordent sur le fait que :

- La luminosité diminue puis augmente lorsque la température augmente, la dent est plus sombre à basse température qu'à haute température.
- La valeur  $b^*$  du spectre jaune - bleu diminue avec l'augmentation de la température, la dent devient moins jaune en se rapprochant du côté bleu du spectre.

Néanmoins, pour la valeur  $a^*$  du spectre rouge – vert, certains auteurs ont constaté que celle-ci augmentait à des températures basses comme 400°C puis diminuait à des températures plus élevées comme 700°C (64,66). Contredisant Rubio et al. qui avaient observé une diminution à température suivie d'une augmentation à hautes températures (2). La dent devient plus rouge pendant la carbonisation avant de revenir, pendant la calcination, vers une valeur  $a^*$  proche de sa position initiale. Cette différence entre les études de la valeur  $a^*$  pourrait être due au type de dents utilisées (66) : Rubio et al se sont servi de dents humaines non spécifiées (2), Rahmat et al ont utilisé des mandibules de porc (64) et Peer et Sarig ne se sont servis que de molaires permanentes maxillaires (66).

**La spectrophotométrie est la technique la plus précise et reproductible en ce qui concerne l'analyse de la couleur. La technique du nuancier de Munsell est, quant à elle, subjective et des facteurs peuvent influencer l'interprétation de l'observateur. Elle manque effectivement de reproductibilité due aux biais inter et intra-observateurs.**

## 2. Matériaux de reconstitution directe

### a) Amalgame

Les observations macroscopiques permettent l'identification de l'amalgame jusqu'à 1000°C (78,82,110). Cependant des auteurs ont stipulé que les amalgames résistent jusqu'à 800°C (111). Les changements de couleur au niveau de l'amalgame sont décrits de différentes manières (51,53,55,56) (Figure 18) :

- À 200°C : « perte éclat », « brun clair à noir »
- À 400°C : comme à 200°C, « brun clair à noir » ou « noir opaque »

- À 600°C – 800°C : « noir opaque »
- À 1000°C : comme à 800°C ou « pigments roses dans la dentine et l'émail autour de l'amalgame »
- À 1100°C – 1200°C : « grisâtre à blanchâtre », « pigments roses autour de l'amalgame »



Figure 18 : Photographie de l'évolution de la couleur d'un amalgame soumis à des températures élevées (56)

À des températures comprises entre 200°C et 400°C, il perd son éclat (51,56) à cause de l'évaporation du mercure (82) et devient noir opaque à partir de 600°C (51,56). À des températures plus élevées, il y a la présence d'un éclat métallique sur les racines, venant sûrement de dépôts de mercure (90). Il a été décrit que des pigments roses apparaissent sur les couronnes et les racines entre 1000°C et 1100°C (78,82). Cette pigmentation a aussi été constatée par Moreno et al. dans l'émail autour de l'amalgame mais à des températures comprises entre 600°C et 1200°C. De plus, il est possible de remarquer ces pigments dans la dentine cavitaire à 600°C et dans le ciment à 800°C (51). Ce phénomène serait dû aux oxydes de cuivre qui sont volatiles à 450°C (112,113).

Moreno et al. constatent la formation d'un fil d'or qui circonscrit la surface occlusale et les cuspides à des températures entre 800°C et 1200°C (51). Des auteurs ont supposé que celui-ci était en rapport avec des vapeurs d'oxyde de mercure dans des tons jaunâtres et rougeâtres ou à des oxydes de cuivre ou d'argent à 962°C (112,113). Cependant, Bagdey et al. n'ont trouvé aucune trace de pigment rose causé par des oxydes de cuivre ou d'un fil doré créé par des vapeurs d'oxyde mercurique (55). Cette divergence pourrait être due à la différence de composition de l'amalgame (pourcentages variables de mercure, d'argent et de cuivre présents dans les amalgames disponibles) (53).

**→ Nous retiendrons que l'amalgame s'assombrit avec l'augmentation de la température et peut laisser des pigments roses dans la dentine et l'émail autour de l'amalgame ainsi que la formation d'un fil d'or autour de la surface occlusale et des cuspides lors de l'exposition à des températures très élevées.**

## b) Résines : Composite et CVI

- Le composite

Les obturations en composite ont pu être identifiées jusqu'à 800°C (78,82). Lors de l'exposition aux hautes températures l'évolution de la pigmentation est décrite de différentes manières (51,56,58,62) (Figure 19) :

- À 200°C : « brun brillant avec des veines », « blanc cassé à blanc » ou avec « une coloration brune »
- À 400°C : comme à 200°C ou avec de « fines tâches noires »
- À 500°C - 600°C : « noir grisâtre », « plus terne et plus sombre » ou « noir »
- À 800°C : comme à 600°C ou « blanc crayeux »
- À 900°C à 1200°C : comme à 800°C ou « blanc crayeux ou blanc givré, translucide et vitreux »

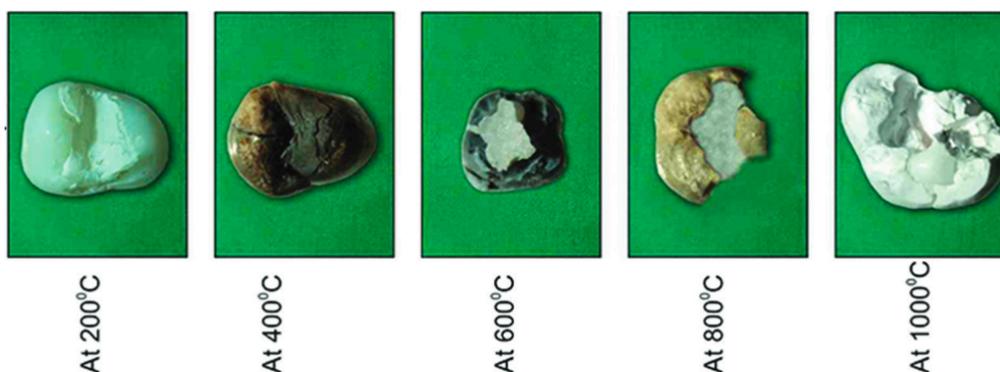


Figure 19 : Photographie de l'évolution de la coloration d'un composite exposé à des températures élevées (56)

La luminosité ne change pas après exposition à différentes températures. Cela ne permet donc pas de savoir s'il a été soumis à la chaleur et à quelle température (60). L'augmentation la plus intense de la saturation en rouge est à 300°C. La saturation en jaune, elle, augmente avec la chaleur, le jaune était plus intense à 300°C (60), pouvant être due à la dégradation de la camphroquinone (composé organique, solide jaune, dérivé du camphre utilisé comme photo-initiateur dans le durcissement des composites dentaires et produite par l'oxydation du camphre avec du dioxyde de sélénium) (114). À 500°C le composite entame sa décomposition due à la volatilisation des composants organiques (115) et à 600°C sa couleur gris noir vient probablement de la combustion de la matrice acrylique (82). Les hautes températures provoquent des modifications intrinsèques au sein du composite (116,117), la couleur peut être modifiée par de nombreuses conditions comme la lumière visible, le rayonnement UV, l'humidité et les changements de températures (114,118). Effectivement, les additifs chimiques des composites, en particulier les filtres ultraviolets et les initiateurs, ont la capacité de dégrader les

composants de la couleur. Les altérations chimiques résultant de la dégradation thermique, comme la rupture des chaînes polymères et l'oxydation de composants, libèrent des sous-produits entraînant une instabilité de la couleur (119).

Lors d'une étude réalisée sur le changement de couleur avec une exposition à des températures froides, il a été remarqué que le composite présentait un changement significatif surtout après une longue exposition (61). Effectivement l'action du froid peut entraîner une dégradation de l'interface matrice - particules de charge, modifiant la manière dont la lumière est dispersée par les particules et provoquer des changements de couleur (120). Un changement de couleur plus important après une longue période illustre que cette dégradation continue à se produire au fil du temps (61). De plus, le monomère TEGDMA du composite a une plus grande sensibilité à la sorption de l'eau, ce qui amplifie la solubilité du polymère formé et par conséquent l'instabilité de la couleur (121) notamment lorsque le matériau est refroidi sans congeler.

- Le CVI (ciment verre ionomère)

L'observation de l'évolution de la coloration du CVI soumis à la chaleur a été présentée de plusieurs manières (53,56,58,62) (Figure 20) :

- À 200°C : « blanc crayeux » ou « blanc marbré à blanc crayeux »
- À 400°C : « Perte de brillance avec une coloration grise noirâtre anthracite », « brun clair » ou « brun foncé »
- À 500°C - 600°C : « gris noirâtre », « noir » ou « marron foncé »
- À 800°C : comme à 600°C
- 900°C à 1200°C : comme à 600°C et 800°C ou « blanc crayeux »

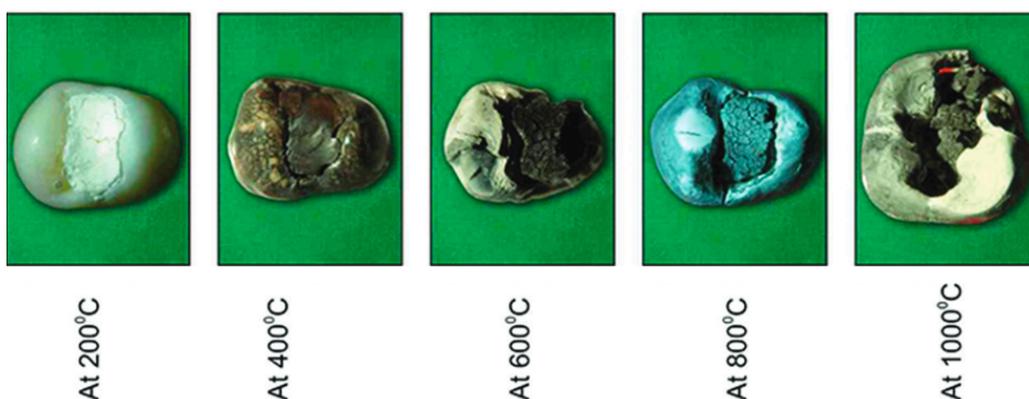


Figure 20 : Photographie de l'évolution de la coloration d'un CVI à haute température (56)

Son assombrissement augmente et sa luminosité diminue, avec l'augmentation de la température. Il devient plus opaque, à cause de l'évaporation de l'eau due à la

déshydratation (60). Effectivement, à 200°C le CVI perd sa teneur en eau (62). Le CVI se détériore plus facilement que le composite et par conséquent il est plus sensible aux variations de couleurs (122). La saturation du rouge est stable à 100°C et 200°C mais augmente fortement entre 200°C et 300°C. La saturation jaune est plus importante lorsque qu'il est exposé à 100°C tandis qu'à 300°C les résultats négatifs de celle-ci montrent un « blanchiment » (60).

Biancalana et al ont étudié l'impact du froid sur la coloration de la dent et des matériaux d'obturation. Le CVI étant plus hydrophile que le composite (61), il présente donc une sorption élevée de l'eau. Cela a pu provoquer une décoloration vers la tonalité blanche et opaque, surtout aux températures qui refroidissent le matériau sans atteindre le point de congélation (114,123). En effet, la congélation de la matrice d'hydrogel à des températures très basses entraîne une sorption plus faible et par conséquent une stabilité de la couleur plus importante. Son opacification se traduit par une diminution de la saturation en jaune (61).

- Composite et CVI (62)

Les matériaux ne sont pas différenciables jusqu'à 200°C alors qu'ils le sont facilement à partir de 300°C. De plus, l'analyse de la saturation en rouge seule ne permet pas de les distinguer (60).

Lorsqu'ils sont éclairés par une lumière violette avec un filtre orange les matériaux présentent des modèles d'émission variés permettant à l'examineur de facilement les distinguer par rapport à la dent (124). Le contenu organique se dégrade à des températures plus basses amenant à un brunissement du matériau. Les propriétés de fluorescence sont surtout dues aux charges inorganiques, c'est donc leur taille, leur teneur et leur forme qui impacte la coloration et la translucidité. Les charges inorganiques des restaurations, dont les pigments d'oxyde inorganiques, sont les plus stables aux températures élevées, néanmoins à 900°C ils ont tendance à fondre ensemble pour former une masse vitrifiée opaque. À 200°C leur fluorescence persiste tandis qu'à 500°C il y a une perte de la fluorescence due à la volatilisation de la résine. Cependant ceux présentant des charges inorganiques fluorescentes sont restés fluorescents à des températures élevées comme 900°C mais à 1200°C ces charges ont fusionné, formant une masse vitrifiée.

**→ L'exposition à des températures élevées entraîne des changements de couleur que ce soit au niveau du composite ou du CVI. Ces variations de couleur reflètent les différences dans leur composition entraînant des décompositions à des températures différentes (62).**

### c) Oxyde de zinc eugénol

Ce produit d'obturation temporaire montre une coloration allant du brun clair au gris foncé / noir charbon à basses températures (200°C – 600°C), avant de devenir plus éblouissant et de prendre un aspect gris cendré ou blanc crayeux à hautes températures (800°C – 1100°C) (51,53,55) (Figure 21). Les dents utilisées sont restaurées après extraction, donc le temps entre l'obturation et l'incinération n'a pas pu être pris en considération ; en temps réel il peut y avoir un décalage plus ou moins long (55), pouvant influencer la coloration.

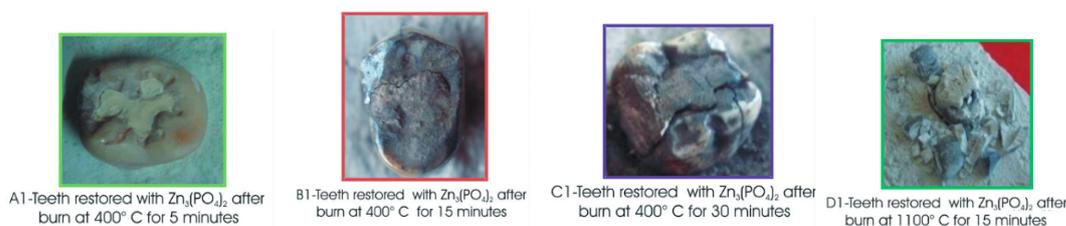


Figure 21 : Photographie de l'évolution de la coloration après exposition à haute température (53)

→ Nous relèverons que l'oxyde de zinc eugénol prend une teinte allant du brun clair au noir charbon à basses températures puis gris cendré ou blanc crayeux à des températures élevées.

### 3. Matériaux de reconstitution indirecte

Les couronnes métalliques en nickel-chrome et celles céramo-métalliques ont commencé par perdre leur glaçage à 400°C et une légère coloration noire est apparue (53).

La céramique a montré la plus grande résistance à la chaleur et pouvait encore être identifiée après une exposition à hautes températures, ce qui est très utile pour la dentisterie restauratrice (elle reste intacte même à des conditions extrêmes) et médico-légale (56). Pol et al. ont remarqué, à partir de 400°C, de fines taches noires sur les couronnes céramiques puis de 600°C à 1000°C elle devient de plus en plus sombre et terne avec l'augmentation de la température (56) (Figure 22). À 1200°C, la partie céramique toujours présente dans les couronnes est devenue une masse vitrifiée en fusion (62). Tandis que les couronnes composées de céramique et de composite, après s'être assombries deviennent blanches crayeuses à des températures élevées (62). Une couronne en porcelaine peut résister à des températures supérieures à 1000°C (111).

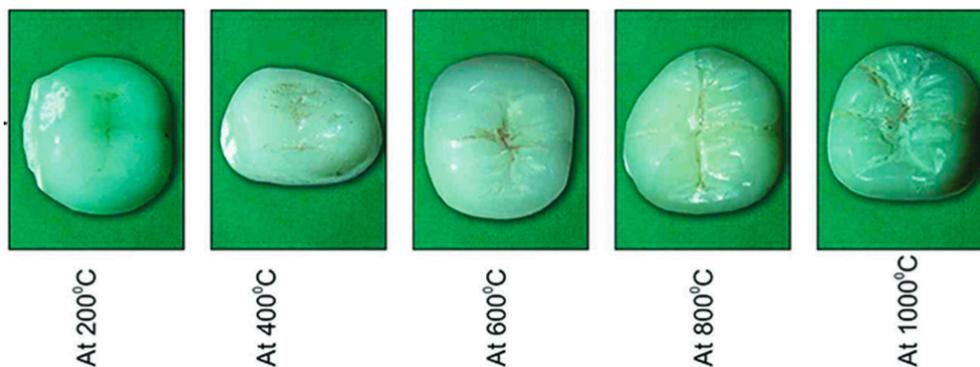


Figure 22 : Photographie de l'évolution de la coloration d'une couronne en céramique soumise à des températures élevées (56)

→ Les couronnes métalliques et céramo-métalliques perdent leur glaçage et s'assombrissent tandis que les couronnes à base de céramique s'assombrissent légèrement avec l'augmentation de la température.

#### 4. Bracket orthodontique (63)

De nos jours, l'orthodontie est de plus en plus utilisée. González-Colmenares et al. se sont intéressés à l'effet des hautes températures sur des dents porteuses de brackets orthodontiques (Figure 23). À 200°C, seulement une légère coloration blanche sur les crêtes apparaît, comme sur des dents naturelles. À 400°C, la dent présentait un halo brun uniforme qui s'estompait vers les bords et la zone autour du bracket présentait une couleur jaune brune et noire pouvant venir de l'incinération du matériau d'adhésion ainsi que de la résine résiduelle présente sur la dent. À 600°C, le bracket s'est détaché et a laissé une empreinte rectangulaire noire non uniforme. La résine adhérente au système a pris une couleur noire due à la combustion et à la carbonisation de la matrice organique. Le bracket apparaît plus foncé avec des zones opaques. À 800°C, l'emplacement du bracket est devenu gris bleuté, causé par la déminéralisation réalisée avant le collage. Les acides utilisés entraînent une porosité de l'émail menant à l'exposition des fibres de collagène non soutenues causée par l'élargissement des tubuli dentinaires (125). Ceci permet aux produits de combustion de la résine de pigmenter l'émail (51,82). De plus, un halo blanc entourait la zone et la résine résiduelle à la base du bracket a pris une couleur blanche crayeuse. À 1000°C, le tiers cervical de la dent commence à se colorer en rose, le bracket est brun opaque et à 1200°C la dent est rose possiblement à cause des produits de combustion du support et le bracket apparaît gris opaque avec des zones blanches au centre.

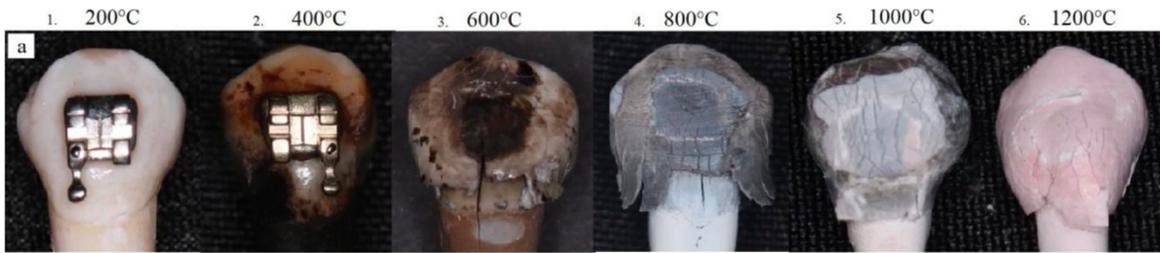


Figure 23 : Photographie de l'évolution de la coloration d'une dent avec bracket soumise à des températures élevées (63)

→ Les dents porteuses de bracket à basses températures apparaissent avec un halo brun et la résine résiduelle se colore en noir puis à hautes températures, après être passée par le gris-bleuté, la dent apparaît rose et la résine résiduelle devient blanche crayeuse. Le bracket s'assombrit et s'opacifie et lorsqu'il se détache il laisse un tatouage rectangulaire sombre sur la surface de la dent.

## 5- Synthèse

L'analyse de la couleur à des températures élevées pourrait être utile dans le domaine médico-légal pour acquérir des informations permettant la reconstruction des faits entourant le décès (9). En effet, les dents résistent à la majorité des catastrophes naturelles, contribuant à une identification positive d'un corps carbonisé méconnaissable (53). Les restes carbonisés de dents peuvent donc nous éclairer sur l'identification mais aussi sur les circonstances entourant l'incendie (2,52). En fournissant notamment des indications sur la température, la durée d'exposition ainsi que sur la nature et la direction de la chaleur (78,79).

Cependant, l'utilisation en odontologie médico-légale reste limitée à cause de la complexité à obtenir une mesure objective (9). En effet, de nombreux facteurs peuvent influencer la réaction des dents et des matériaux : la température atteinte, le type de feu, le temps d'exposition, la vitesse d'augmentation de la température, exposition directe ou indirecte aux flammes mais aussi la disponibilité en oxygène, la présence de matériaux interposés entre les dents et le feu ainsi que les substances pour éteindre le feu (51,76,78,82).

En pratique médico-légale, pour savoir si des matériaux de restaurations sont présents, il serait possible d'utiliser des colorants, des révélateurs de plaque dentaire ainsi que la fluorescence quantitative induite par la lumière ultra violette (67).

## CONCLUSION GÉNÉRALE

Après avoir découvert et participé à l'optionnel d'odontologie légale, ce sujet m'a permis d'approfondir mes connaissances dans ce domaine et de participer à des identifications à l'Institut Médico-Légal de Toulouse. C'était une expérience très enrichissante et j'espère pouvoir poursuivre dans cette voie en m'inscrivant au Diplôme Universitaire d'odontologie légale afin de continuer à en apprendre un peu plus sur ce sujet passionnant.

Pour conclure, les colorations dentaires *post-mortem* peuvent renseigner les experts médico-légaux sur des informations concernant l'environnement et les circonstances entourant la mort de la victime.

L'apparition de colorations roses (PTP), n'est pas spécifique de la cause de décès même s'il a été rapporté une dominance d'apparition chez les victimes d'asphyxie. Elles sont fortement dépendantes de la décomposition et donc des conditions environnementales associées. Mais l'inconstance de son apparition, même sur des victimes ayant subi des conditions identiques soulève encore des interrogations sur son étiologie. Il serait donc utile, afin de comprendre les circonstances de son apparition, de réunir plus de cas dont des cas de morts naturelles qui sont rarement répertoriées à l'heure actuelle.

Les colorations dues aux hautes températures permettent de déterminer notamment la température atteinte lors d'un incendie, ce qui peut être utile lors d'une enquête médico-légale. Cependant les expériences menées ne miment pas les conditions réelles d'un incendie, qui est influencée par de nombreux facteurs. Il serait donc intéressant dans les expériences futures d'essayer de se rapprocher au mieux de la réalité en minimisant les biais.

Le Président du Jury  
Pr DESTRUHAUT Florent



La Directrice de thèse  
Dr FOURNIER Géromine



## LISTE DES ABRÉVIATIONS

PTP : Pink tooth phenomenon

CVI : Ciment verre ionomère

MEB : Microscopie électronique à balayage

LB : Lumière blanche

LV : Lumière violette

NP : Non précisé

PRISMA : Preferred Reporting items for Systematic Reviews and Meta-analyses

TEGDMA : Triethylene glycol dimethacrylate

## TABLE DES ILLUSTRATIONS ET TABLEAUX

Figure 1 : Photographie d'un maxillaire présentant le phénomène des dents roses (6) .....	12
Figure 2 : Photographie de maxillaires carbonisés (Source : Dr Fournier).....	13
Figure 3 : Présence de dents roses selon le lieu de conservation du corps sur 147 cas.....	34
Figure 4 : Répartition des causes de décès pour 169 cas.....	36
Figure 5 : Photographie de dents roses sur un cas de mort naturelle (Source : Dr Fournier) .....	36
Figure 6 : Relevé des dents roses en fonction du temps <i>post-mortem</i> avant le relevé dentaire pour 168 cas.....	38
Figure 7 : Photographie du CHU de Toulouse d'un cas de suicide retrouvé dans une forêt 1 mois et demi après sa disparition (Source : Dr Fournier) .....	38
Figure 8 : Répartition de 125 cas en fonction des différents états du corps.....	39
Figure 9 : Répartition inter-arcade de 377 dents roses.....	40
Figure 10 : Répartition intra-arcade de 311 dents roses.....	40
Figure 11 : Photographie des dents 42 et 43 non dévitalisées et 44 dévitalisée (6).....	41
Figure 12 : Dent mandibulaire d'un cas du CHU de Toulouse (source : Dr Fournier) .....	42
Figure 13 : Présence des dents roses en fonction de l'âge pour 142 cas .....	43
Figure 14 : PTP chez un enfant de 6 ans. (6) .....	44
Figure 15 : Répartition des dents roses en fonction du sexe pour 167 cas.....	44
Figure 16 : Photographie de l'évolution de la couleur de l'émail suite à une exposition aux hautes températures (63).....	77
Figure 17 : Photographie de l'évolution de la coloration de la racine après exposition à des hautes températures (56).....	79
Figure 18 : Photographie de l'évolution de la couleur d'un amalgame soumis à des températures élevées (56) .....	83
Figure 19 : Photographie de l'évolution de la coloration d'un composite exposé à des températures élevées (56) .....	84
Figure 20 : Photographie de l'évolution de la coloration d'un CVI à haute température (56).....	85
Figure 21 : Photographie de l'évolution de la coloration après exposition à haute température (53) .	87
Figure 22 : Photographie de l'évolution de la coloration d'une couronne en céramique soumise à des températures élevées (56).....	88
Figure 23 : Photographie de l'évolution de la coloration d'une dent avec bracket soumise à des températures élevées (63).....	89
Figure 24 : Tableau des critères PRISMA. ....	94
Figure 25 : Tableau du nuancier du Munsell.....	95
Figure 26 : La famille des jaunes orangés 10YR dans le teintier de Munsell.....	95

Tableau 1 : Liste des publications sélectionnées en précision la date de publication et le type d'étude menée. ....	16
Tableau 2 : Exclusion des articles après lecture des titres, des résumés ou des textes intégraux. ....	17
Tableau 3 : Matériel et méthodes des études in vitro et des cas cliniques. ....	26
Tableau 4 : Paramètres analysés des études in vitro. ....	27
Tableau 5 : Résultats des études in vitro et des cas cliniques. ....	31
Tableau 6 : Comparatif des conclusions des revues de la littérature.....	32
Tableau 7 : Articles sélectionnés.....	48
Tableau 8 : Exclusion des articles après lecture des titres, des résumés ou des textes intégraux. ....	49
Tableau 9 : Matériel, méthodes et paramètres analysés des études in vitro. ....	57
Tableau 10 : Résultats des études in vitro sur les tissus seuls.....	63
Tableau 11 : Résultats des études in vitro sur les matériaux d'obturation ou bracket.....	67
Tableau 12 : Résultats des études in vitro utilisant la spectrophotométrie (ligne grisée car traitant des températures froides) .....	71
Tableau 13 : Conclusions des revues de la littérature .....	72

# ANNEXES

## ANNEXE 1



### PRISMA 2020 Checklist

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
<b>TITLE</b>			
Title	1	Identify the report as a systematic review.	
<b>ABSTRACT</b>			
Abstract	2	See the PRISMA 2020 for Abstracts checklist.	
<b>INTRODUCTION</b>			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of existing knowledge.	
Objectives	4	Provide an explicit statement of the objective(s) or question(s) the review addresses.	
<b>METHODS</b>			
Eligibility criteria	5	Specify the inclusion and exclusion criteria for the review and how studies were grouped for the syntheses.	
Information sources	6	Specify all databases, registers, websites, organisations, reference lists and other sources searched or consulted to identify studies. Specify the date when each source was last searched or consulted.	
Search strategy	7	Present the full search strategies for all databases, registers and websites, including any filters and limits used.	
Selection process	8	Specify the methods used to decide whether a study met the inclusion criteria of the review, including how many reviewers screened each record and each report retrieved, whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	
Data collection process	9	Specify the methods used to collect data from reports, including how many reviewers collected data from each report, whether they worked independently, any processes for obtaining or confirming data from study investigators, and if applicable, details of automation tools used in the process.	
Data items	10a	List and define all outcomes for which data were sought. Specify whether all results that were compatible with each outcome domain in each study were sought (e.g. for all measures, time points, analyses), and if not, the methods used to decide which results to collect.	
	10b	List and define all other variables for which data were sought (e.g. participant and intervention characteristics, funding sources). Describe any assumptions made about any missing or unclear information.	
Study risk of bias assessment	11	Specify the methods used to assess risk of bias in the included studies, including details of the tool(s) used, how many reviewers assessed each study and whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	
Effect measures	12	Specify for each outcome the effect measure(s) (e.g. risk ratio, mean difference) used in the synthesis or presentation of results.	
Synthesis methods	13a	Describe the processes used to decide which studies were eligible for each synthesis (e.g. tabulating the study intervention characteristics and comparing against the planned groups for each synthesis (item #5)).	
	13b	Describe any methods required to prepare the data for presentation or synthesis, such as handling of missing summary statistics, or data conversions.	
	13c	Describe any methods used to tabulate or visually display results of individual studies and syntheses.	
	13d	Describe any methods used to synthesize results and provide a rationale for the choice(s). If meta-analysis was performed, describe the model(s), method(s) to identify the presence and extent of statistical heterogeneity, and software package(s) used.	
	13e	Describe any methods used to explore possible causes of heterogeneity among study results (e.g. subgroup analysis, meta-regression).	
Reporting bias assessment	14	Describe any methods used to assess risk of bias due to missing results in a synthesis (arising from reporting biases).	
Certainty assessment	15	Describe any methods used to assess certainty (or confidence) in the body of evidence for an outcome.	



### PRISMA 2020 Checklist

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
<b>RESULTS</b>			
Study selection	16a	Describe the results of the search and selection process, from the number of records identified in the search to the number of studies included in the review, ideally using a flow diagram.	
	16b	Cite studies that might appear to meet the inclusion criteria, but which were excluded, and explain why they were excluded.	
Study characteristics	17	Cite each included study and present its characteristics.	
Risk of bias in studies	18	Present assessments of risk of bias for each included study.	
Results of individual studies	19	For all outcomes, present, for each study: (a) summary statistics for each group (where appropriate) and (b) an effect estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval), ideally using structured tables or plots.	
Results of syntheses	20a	For each synthesis, briefly summarise the characteristics and risk of bias among contributing studies.	
	20b	Present results of all statistical syntheses conducted. If meta-analysis was done, present for each the summary estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval) and measures of statistical heterogeneity. If comparing groups, describe the direction of the effect.	
	20c	Present results of all investigations of possible causes of heterogeneity among study results.	
	20d	Present results of all sensitivity analyses conducted to assess the robustness of the synthesized results.	
Reporting biases	21	Present assessments of risk of bias due to missing results (arising from reporting biases) for each synthesis assessed.	
Certainty of evidence	22	Present assessments of certainty (or confidence) in the body of evidence for each outcome assessed.	
<b>DISCUSSION</b>			
Discussion	23a	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence.	
	23b	Discuss any limitations of the evidence included in the review.	
	23c	Discuss any limitations of the review processes used.	
	23d	Discuss implications of the results for practice, policy, and future research.	
<b>OTHER INFORMATION</b>			
Registration and protocol	24a	Provide registration information for the review, including register name and registration number, or state that the review was not registered.	
	24b	Indicate where the review protocol can be accessed, or state that a protocol was not prepared.	
	24c	Describe and explain any amendments to information provided at registration or in the protocol.	
Support	25	Describe sources of financial or non-financial support for the review, and the role of the funders or sponsors in the review.	
Competing interests	26	Declare any competing interests of review authors.	
Availability of data, code and other materials	27	Report which of the following are publicly available and where they can be found: template data collection forms; data extracted from included studies; data used for all analyses; analytic code; any other materials used in the review.	

Figure 24 : Tableau des critères PRISMA.

## ANNEXE 2

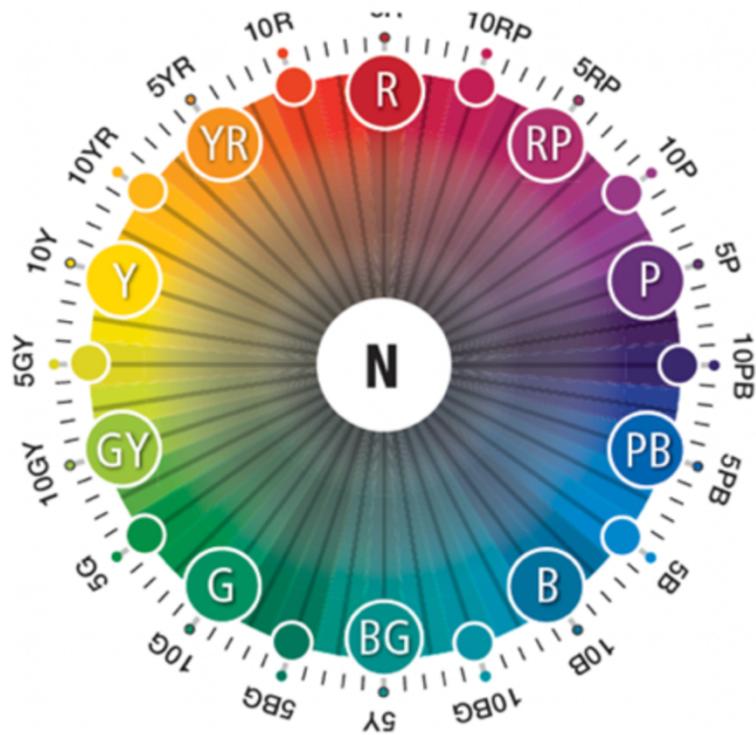


Figure 25 : Tableau du nuancier du Munsell

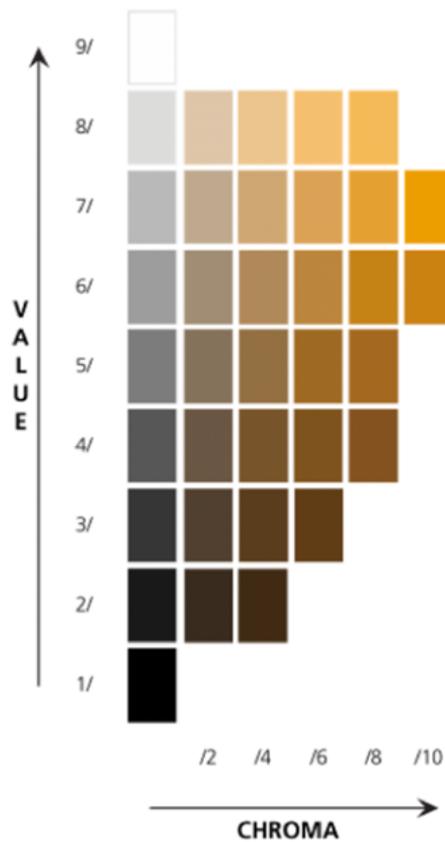


Figure 26 : La famille des jaunes orangés 10YR dans le teintier de Munsell.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Adams C, Carabott R, Evans S. *Forensic Odontology: An Essential Guide*. John Wiley & Sons; 2014. 340 p.
2. Rubio L, Sioli JM, Suarez J, Gaitan MJ, Martin-de-las-Heras S. Spectrophotometric analysis of color changes in teeth incinerated at increasing temperatures. *Forensic Sci Int*. juill 2015;252:193.e1-193.e6.
3. Whitaker DK, Thomas VC, Thomas RI. Post-mortem pigmentation of teeth. *Br Dent J*. 3 févr 1976;140(3):100-2.
4. Vaillant S. Dent rose post-mortem v/s ante-mortem: revues systématiques de la littérature. :82.
5. Bell T. *The Anatomy, Physiology, and Diseases of the Teeth*. Carey & Lea; 1831. 414 p.
6. Franco A, Mendes SDSC, Picoli FF, Rodrigues LG, Silva RF. Forensic thanatology and the pink tooth phenomenon: From the lack of relation with the cause of death to a potential evidence of cadaveric decomposition in dental autopsies — Case series. *Forensic Sci Int*. oct 2018;291:e8-12.
7. Woisetschläger M, Lussi A, Persson A, Jackowski C. Fire victim identification by post-mortem dental CT: Radiologic evaluation of restorative materials after exposure to high temperatures. *Eur J Radiol*. nov 2011;80(2):432-40.
8. Bush MA, Bush PJ, Miller RG. Detection and Classification of Composite Resins in Incinerated Teeth for Forensic Purposes. *J Forensic Sci*. mai 2006;51(3):636-42.
9. Ferreira JL, Ferreira AE de, Ortega AI. Methods for the analysis of hard dental tissues exposed to high temperatures. *Forensic Sci Int*. juill 2008;178(2-3):119-24.
10. Beeley JA, Harvey W. Pink Teeth Appearing as a Post-Mortem Phenomenon. *J Forensic Sci Soc*. oct 1973;13(4):297-305.
11. Kirkham WR, Andrews EE, Snow CC, Grape PM, Snyder L. Postmortem pink teeth. *J Forensic Sci*. janv 1977;22(1):119-31.
12. Clark DH, Law M. Post-Mortem Pink Teeth. *Med Sci Law*. avr 1984;24(2):130-4.
13. Brøndum N, Simonsen J. Postmortem red coloration of teeth. A retrospective investigation of 26 cases. *Am J Forensic Med Pathol*. juin 1987;8(2):127-30.
14. Van Wyk CW. Pink teeth of the dead: 1. A clinical and histological description. *J Forensic Odontostomatol*. déc 1987;5(2):41-50.
15. Ikeda N, Watanabe G, Harada A, Suzuki T. A scanning electron microscopy and electron probe X-ray microanalysis (SEM-EPMA) of pink teeth. *J Forensic Sci*. nov 1988;33(6):1328-31.
16. Wyk CW. Postmortem pink teeth: in vitro production. *J Oral Pathol Med*. nov 1988;17(9-10):568-72.
17. Wyk C. Pink teeth of the dead: II. Minor variations. *J Forensic Odontostomatol*. 1 janv 1989;6:35-42.
18. van Wyk CW. Postmortem pink teeth. Histochemical identification of the causative pigment. *Am J Forensic Med Pathol*. juin 1989;10(2):134-9.
19. Dye TJ, Lucy D, Pollard AM. The occurrence and implications of post-mortem 'pink teeth' in forensic and archaeological cases. *Int J Osteoarchaeol*. déc 1995;5(4):339-48.
20. de Almeida CA, Daruge E, Daruge E, el-Guindy M. Comparative study of experimentally induced and post-mortem pink teeth. *J Forensic Odontostomatol*. déc 1996;14(2):25-7.
21. Ortmann C, DuChesne A. A partially mummified corpse with pink teeth and pink nails. *Int J Legal Med*. 19 déc 1997;111(1):35-7.
22. Tavernier JC, Clavier M, Lecomte D. Le phénomène de l'hématodontie : Etude critique de la littérature relative aux dents roses et apport expérimental. *J méd lég droit méd*. 2002;45(6):249-58.
23. Campobasso CP, Di Vella G, De Donno A, Santoro V, Favia G, Introna F. Pink Teeth in a Series of Bodies Recovered From a Single Shipwreck. *Am J Forensic Med Pathol*. déc 2006;27(4):313-6.
24. Dumser TK, Türkay M. Postmortem Changes of Human Bodies on the Bathyal Sea Floor—Two Cases of Aircraft Accidents Above the Open Sea. *J Forensic Sci*. sept 2008;53(5):1049-52.
25. Soriano EP, de Carvalho MVD, Santos FBD, de CC, de Araújo M do SD, Campello RIC. The post-mortem pink teeth phenomenon: A case report. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2009;3.
26. Gowda BC, Sivapathasundharam B, Chatterji A, Chatterji B. Histological appearance of postmortem pink teeth: Report of two cases. *J Forensic Dent Sci*. 2015;7(2):168-70.
27. Mittal P, Mittal M, Sharma G. Pink teeth and the Dead: A review with reports of two cases. *J Indian Acad Forensic Med*. 2016;38(3):366.
28. Brites AN, Franco A. Revisiting autopsies of death by mechanical asphyxia in the search for post-mortem pink teeth. 2020;38(1):5.

29. Mittal P. Post Mortem Pink Teeth and Pseudo Pink Nails in a Case of Suicidal Hanging. *Pathol Lab Med.* 2021;5(1):1.
30. Minegishi S, Saitoh H, Utsuno H, Ohta J, Namiki S, Toya M, et al. Association of Cadaveric Factors with the Degree and Region of Discoloration on Pink Teeth: An Approach to Serial Cases. *Appl Sci.* 22 avr 2022;12(9):4242.
31. Borrman H, Du Chesne A, Brinkmann B. Medico-legal aspects of postmortem pink teeth. *Int J Legal Med.* sept 1994;106(5):225-31.
32. Rachna T, Musharib A, Neeti B. Pink tooth A speculative forensic phenomenon - Université de Bordeaux.-02-2013. févr 2013;
33. Franco A, de Oliveira MN, Gomes-Lima LK, Pereira-de-Oliveira VHF, Franco RPAV, Blumenberg C, et al. Case-specific characteristics of pink teeth in dental autopsies – A systematic review. *J Forensic Leg Med.* nov 2019;68:101869.
34. Hartomo BT, Adrianto AWD, Auerkari EI. Pink teeth as post mortem indicator: A literature review. In *Kurdistan, Iraq*; 2019. p. 040021.
35. Mittal P. Pink Teeth Phenomenon and Asphyxia: A Reassessment and Update. 2021;12:11.
36. Takahashi T, Williams RJ. Thermal shock hemolysis in human red cells. I. The effects of temperature, time, and osmotic stress. *Cryobiology.* oct 1983;20(5):507-20.
37. Christensen AM, Passalacqua NV, Bartelink EJ. Forensic Taphonomy. In: *Forensic Anthropology.* Elsevier; 2014. p. 119-47.
38. Ubelaker DH. Postmortem Interval. In: Houck MM, éditeur. *Encyclopedia of Forensic Sciences, Third Edition (Third Edition).* Oxford: Elsevier; 2023. p. 241-5.
39. Massous S. Étude de la diagenèse des tissus dentaires immergés en milieu naturel salin et hyperbare: processus de tunnélisation dentinaire par les micro-organismes. 2021;
40. Wilson L, Pollard AM. Here today, gone tomorrow? integrated experimentation and geochemical modeling in studies of archaeological diagenetic change. *Acc Chem Res.* août 2002;35(8):644-51.
41. Etienne O. Les facettes en céramique - Editions CdP. Editions CdP, une marque Initiatives Santé; 2015. 165 p.
42. Bernardi S, Bianchi S, Fantozzi G, Leuter C, Ade M. Morphometric study on single-root premolars in a European population sample: an update on lengths and diameters.
43. Morse DR, Esposito JV, Schoor RS. A radiographic study of aging changes of the dental pulp and dentin in normal teeth. *Quintessence Int Berl Ger* 1985. mai 1993;24(5):329-33.
44. Kvaal SI, Koppang HS, Solheim T. Relationship between age and deposit of peritubular dentine. *Gerodontology.* déc 1994;11(2):93-8.
45. Farooq I, Ali S, Khurram SA, Anderson P. Dentin. In: Farooq I, Ali S, Anderson P, éditeurs. *An Illustrated Guide to Oral Histology.* 1<sup>re</sup> éd. Wiley; 2021. p. 35-53.
46. Koroğlu A, Makhloota M, Turhan Bal B. A Review of Color Matching in Dentistry. *Med Rec.* 23 janv 2021;3(1):44-9.
47. Fowler KA, Jack SPD, Lyons BH, Betz CJ, Petrosky E. Surveillance for Violent Deaths - National Violent Death Reporting System, 18 States, 2014. *MMWR Surveill Summ.* 2014;67(2):1-36.
48. Ghazali FBC. Permeability of Dentine. *Malays J Med Sci MJMS.* janv 2003;10(1):27-36.
49. Reza A. Epidemiology of violent deaths in the world. *Inj Prev.* 1 juin 2001;7(2):104-11.
50. Beach JJ, Passalacqua NV, Chapman EN. Heat-related changes in tooth color : temperature versus duration of exposure. In: *The Analysis of Burned Human Remains.* Elsevier; 2008. p. 137-xi.
51. Moreno F, Moreno S, Merlati G, Marin L, Savio C. Effects of high temperatures on different dental restorative systems: Experimental study to aid identification processes. *J Forensic Dent Sci.* 2009;1(1):17.
52. Karkhanis S, Franklin D. Macroscopic and microscopic changes in incinerated deciduous teeth. *HOMO.* juin 2010;61(3):212.
53. Patidar K, Parwani R, Wanjari S. Effects of high temperature on different restorations in forensic identification: Dental samples and mandible. *J Forensic Dent Sci.* 2010;2(1):37.
54. Gibelli D, De Angelis D, Rossetti F, Cappella A, Frustaci M, Magli F, et al. Thermal Modifications of Root Transparency and Implications for Aging: A Pilot Study. *J Forensic Sci.* janv 2014;59(1):219-23.
55. Bagdey SP, Moharil RB, Dive AM, Thakur S, Bodhade A, Dhobley AA. Effect of various temperatures on restored and unrestored teeth: A forensic study. *J Forensic Dent Sci.* 2014;6(1):62-6.
56. Pol CA, Ghige SK, Gosavi SR, Hazarey VK. Effects of elevated temperatures on different restorative materials: An aid to forensic identification processes. *J Forensic Dent Sci.* 2015;7(2):148-52.
57. Mejía C, Herrera A, Sánchez AI, Moreno S, Moreno F. Behavior In Vitro Of The Dentin-Enamel Junction In Human Premolars Submitted To High Temperatures: Prediction Of The Maximum

- Temperature Based On Logistic Regression Analysis. *J Forensic Odontostomatol.* 1 juill 2016;34(1):10-8.
58. Vandrangi SK, Radhika M, Paremala K, Reshma V, Sudhakara M, Hosthor SS. Adjunctive role of dental restorations in personal identification of burnt victims. *J Oral Maxillofac Pathol JOMFP.* 2016;20(1):154-61.
  59. Shekhawat K, Chauhan A. Analysis of dental hard tissues exposed to high temperatures for forensic applications: An in vitro study. *J Forensic Dent Sci.* 2016;8(2):90.
  60. Biancalana RC, Vicente SADF, Alves Da Silva RH, Pires-de-Souza FDCP. Color Stability of Dental Restorative Materials Submitted to Heat Sources, for Forensic Purposes. *J Forensic Sci.* mars 2017;62(2):355-60.
  61. Biancalana RC, Freitas Vincenti SA, Alves da Silva RH, Carvalho Panzeri Pires-de-Souza F. Color stability of dental restorative materials submitted to cold temperatures for forensic purposes. *J Forensic Leg Med.* oct 2017;51:63-8.
  62. Kiran R, Chapman J, Tennant M, Forrest A, Walsh LJ. Effect of Heat on the Fluorescence Properties of Tooth-Colored Restorative Materials and Their Forensic Implications. *J Forensic Sci.* nov 2019;64(6):1698-706.
  63. González-Colmenares G, Calvo-Díaz L, Nastul-Enríquez M, Bertel-Ruíz MM, Garzón-Ramírez I, Rojas-Sánchez MP, et al. Effect of high temperatures on teeth fixed with an orthodontic bracket. An in vitro study. *Forensic Sci Int.* mars 2020;308:110182.
  64. Rahmat RA, Humphries MA, Austin JJ, Linacre AMT, Raven M, Self P. Integrating spectrophotometric and XRD analyses in the investigation of burned dental remains. *Forensic Sci Int.* mai 2020;310:110236.
  65. Sam N, Thanappan T, Joseph AP, Baby V, Pillai AR. Histo-morphologic and gravimetric changes of teeth exposed to high temperatures - An in-vitro study. 2022;40(3).
  66. Peer M, Sarig R. Color change in teeth due to burning: Spectrophotometric analysis. *Forensic Sci Int.* avr 2023;345:111608.
  67. Reesu GV, Augustine J, Urs AB. Forensic considerations when dealing with incinerated human dental remains. *J Forensic Leg Med.* janv 2015;29:13-7.
  68. Paz JLF, Ferrer FAB. Conservación de las estructuras orales y faciales del cadáver quemado. 2005;
  69. Bonavilla JD, Bush MA, Bush PJ, Pantera EA. Identification of Incinerated Root Canal Filling Materials After Exposure to High Heat Incineration. *J Forensic Sci.* mars 2008;53(2):412-8.
  70. Pope EJ, Smith OC, Huff TG. Exploding skulls and other myths about how the human body burns. *Fire & Arson Investigator.* 2004;23-8.
  71. Pope E, Smith OC. Burning observation of decomposed human remains : obscuring the post mortem interval, *Proceedings of the American Academy of Forensic Science.* 2004;
  72. Skinner M, Sterenberg J. Turf wars: authority and responsibility for the investigation of mass graves. *Forensic Sci Int.* 16 juill 2005;151(2-3):221-32.
  73. da Silva RHA, Sales-Peres A, de Oliveira RN, de Oliveira FT, Sales-Peres SH de C. Use of DNA technology in forensic dentistry. *J Appl Oral Sci.* juin 2007;15(3):156-61.
  74. Hill AJ, Lain R, Hewson I. Preservation of dental evidence following exposure to high temperatures. *Forensic Sci Int.* 25 févr 2011;205(1-3):40-3.
  75. Bush MA, Bush PJ. Dental materials as an aid for victim identification: examination of calcined remains by SEM/EDS. Postek MT, Newbury DE, Platek SF, Joy DC, éditeurs. 2 juin 2010;772914.
  76. Harvey W. *Dental identification and forensic odontology.* London : Kimpton; 1976. 67-82 p.
  77. O'Brien WJ. *Dental materials and their selection.* Chicago : Quintessence. 2002.
  78. Merlati G, Danesino P, Savio C, Fassina G, Osculati A, Menghini P. Observations on dental prostheses and restorations subjected to high temperatures: experimental studies to aid identification processes. *J Forensic Odontostomatol.* déc 2002;20(2):17-24.
  79. Myers SL, Williams JM, Hodges JS. Effects of extreme heat on teeth with implications for histologic processing. *J Forensic Sci.* juill 1999;44(4):805-9.
  80. Norrlander AL. Burned and incinerated remains. *Manual of Forensic Odontology.* Colorado Springs: American Society of Forensic Odontology. 1997;16-8.
  81. Fairgrieve SI. *Forensic cremation recovery and analysis.* CRC press. 2007;
  82. Merlati G, Savlo C, Danesino P, Fassina G, Menghini P. Further study of restored and un-restored teeth subjected to high temperatures. *J Forensic Odontostomatol.* déc 2004;22(2):34-9.
  83. Palamara J, Phakey PP, Rachinger WA, Orams HJ. The ultrastructure of human dental enamel heat-treated in the temperature range 200 degrees C to 600 degrees C. *J Dent Res.* déc 1987;66(12):1742-7.

84. Taylor PTG, Wilson ME, Lyons TJ. Forensic odontology lessons: multishooting incident at Port Arthur, Tasmania. *Forensic Sci Int.* 4 déc 2002;130(2-3):174-82.
85. Delattre VF. Burned beyond recognition: systematic approach to the dental identification of charred human remains. *J Forensic Sci.* mai 2000;45(3):589-96.
86. Rossouw RJ, Grobler SR, Phillips VM, van W Kotze TJ. The effects of extreme temperatures on composite, compomer and ionomer restorations. *J Forensic Odontostomatol.* juin 1999;17(1):1-4.
87. Schmidt CW, Symes SA. *The analysis of burned human remains.* Academic Press. Steven A. 2015.
88. Endris R, Berrsche R. Color change in dental tissue as a sign of thermal damage. *Z Rechtsmed.* 1985;94(2):109-20.
89. Muller M, Berytrand MF, Quatrehomme G, Bolla M, Rocca JP. Macroscopic and microscopic aspects of incinerated teeth. *J Forensic Odontostomatol.* juin 1998;16(1):1-7.
90. Röttscher K, Grundmann C, Benthaus S. The effects of high temperatures on human teeth and dentures. *Int Poster J Dent Oral Med.* 2004;6(1):1-4.
91. Schmidt CW. The recovery and study of burned human teeth. In: *The Analysis of Burned Human Remains.* Elsevier; 2008. p. 55-viii.
92. Lackovic KP, Wood RE. Tooth root colour as a measure of chronological age. *J Forensic Odontostomatol.* déc 2000;18(2):37-45.
93. Sandholzer M. Chapter 21 - Influence of Heating Regimes on Dimensional and Colorimetric Changes of Teeth. In: Schmidt CW, Symes SA, éditeurs. *The Analysis of Burned Human Remains (Second Edition).* San Diego: Academic Press; 2015. p. 365-79.
94. Bachmann L, Thomé Sena E, Fernando Stolf S, Maria Zezell D. Dental discolouration after thermal treatment. *Arch Oral Biol.* mars 2004;49(3):233-8.
95. Kubisz L, Mielcarek S. Differential scanning calorimetry and temperature dependence of electric conductivity in studies on denaturation process of bone collagen. *J Non-Cryst Solids.* 15 sept 2005;351(33):2935-9.
96. Sakae T, Mishima H, Kozawa Y, Legeros RZ. Thermal Stability of Mineralized and Demineralized Dentin: A Differential Scanning Calorimetric Study. *Connect Tissue Res.* 1 janv 1995;33(1-3):193-6.
97. Mayne Correia P. Fire Modification of Bone: A Review of the Literature. In: Haglund W, Sorg M, éditeurs. *Forensic Taphonomy.* CRC Press; 1996.
98. Burki Z, Watkins S, Wilson R, Fenlon M. A randomised controlled trial to investigate the effects of dehydration on tooth colour. *J Dent.* mars 2013;41(3):250-7.
99. Wilson PR, Beynon AD. Mineralization differences between human deciduous and permanent enamel measured by quantitative microradiography. *Arch Oral Biol.* 1989;34(2):85-8.
100. Harsányi L. Scanning electron microscopic investigation of thermal damage of the teeth. *Acta Morphol Acad Sci Hung.* 1975;23(4):271-81.
101. Joiner A, Jones NM, Raven SJ. Investigation of Factors Influencing Stain Formation Utilizing an in Situ Model. *Adv Dent Res.* 1 déc 1995;9(4):471-6.
102. Shipman P, Foster G, Schoeninger M. Burnt bones and teeth: an experimental study of color, morphology, crystal structure and shrinkage. *J Archaeol Sci.* 1 juill 1984;11(4):307-25.
103. Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res.* mai 1989;68(5):819-22.
104. Della Bona A, Barrett AA, Rosa V, Pinzetta C. Visual and instrumental agreement in dental shade selection: three distinct observer populations and shade matching protocols. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater.* févr 2009;25(2):276-81.
105. van der Burgt TP, ten Bosch JJ, Borsboom PC, Kortsmid WJ. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color. *J Prosthet Dent.* févr 1990;63(2):155-62.
106. Fredericks JD, Ringrose TJ, Dicken A, Williams A, Bennett P. A potential new diagnostic tool to aid DNA analysis from heat compromised bone using colorimetry: A preliminary study. *Sci Justice J Forensic Sci Soc.* mars 2015;55(2):124-30.
107. Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *J Dent.* 1 janv 2004;32:3-12.
108. Commission Internationale de l'Eclairage. *CIE 15: Technical Report: Colorimetry.* third ed. Viena: CIE Publication. 2004.
109. ASTM, E. E313-05 Standard practice for calculating yellowness and whiteness indices from instrumentally measured color coordinates. *Paint-tests for chemical, physical, and optical properties.* 2005.
110. Savio C, Merlati G, Danesino P, Fassina G, Menghini P. Radiographic evaluation of teeth subjected to high temperatures: Experimental study to aid identification processes. *Forensic Sci Int.* mai 2006;158(2-3):108-16.

111. Brandão RB, Martin CCS, Catirse ABCEB, De Castro E Silva M, Evison MP, Guimarães MA. Heat Induced Changes to Dental Resin Composites: A Reference in Forensic Investigations? *J Forensic Sci.* juill 2007;52(4):913-9.
112. Mrowec S, Stokłosa A. Oxidation of copper at high temperatures. *Oxid Met.* 1 mai 1971;3(3):291-311.
113. Kerl B, Prost E. *Gran enciclopedia de química industrial.* Vol. 10. Barcelona; 1956. 67-352 p.
114. Janda R, Roulet JF, Kaminsky M, Steffin G, Latta M. Color stability of resin matrix restorative materials as a function of the method of light activation. *Eur J Oral Sci.* juin 2004;112(3):280-5.
115. Robinson FG, Rueggeberg FA, Lockwood PE. Thermal stability of direct dental esthetic restorative materials at elevated temperatures. *J Forensic Sci.* nov 1998;43(6):1163-7.
116. Soares LES, Cesar ICR, Santos CGC, De Cardoso ALMO, Liporoni PCS, Munin E, et al. Influence of coffee on reflectance and chemistry of resin composite protected by surface sealant. *Am J Dent.* oct 2007;20(5):299-304.
117. Inokoshi S, Burrow MF, Kataumi M, Yamada T, Takatsu T. Opacity and color changes of tooth-colored restorative materials. *Oper Dent.* 1996;21(2):73-80.
118. Buchalla W, Attin T, Hilgers RD, Hellwig E. The effect of water storage and light exposure on the color and translucency of a hybrid and a microfilled composite. *J Prosthet Dent.* mars 2002;87(3):264-70.
119. Yap AU, Lee HK, Sabapathy R. Release of methacrylic acid from dental composites. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater.* mai 2000;16(3):172-9.
120. Vichi A, Ferrari M, Davidson CL. Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater.* juill 2004;20(6):530-4.
121. Bagheri R, Burrow MF, Tyas M. Influence of food-simulating solutions and surface finish on susceptibility to staining of aesthetic restorative materials. *J Dent.* mai 2005;33(5):389-98.
122. Senawongse P, Pongprueksa P. Surface roughness of nanofill and nanohybrid resin composites after polishing and brushing. *J Esthet Restor Dent Off Publ Am Acad Esthet Dent Al.* 2007;19(5):265-73; discussion 274-275.
123. Söderholm KJ, Zigan M, Ragan M, Fischlschweiger W, Bergman M. Hydrolytic degradation of dental composites. *J Dent Res.* oct 1984;63(10):1248-54.
124. Kiran R, Chapman J, Tennant M, Forrest A, Walsh LJ. Detection of Tooth-Colored Restorative Materials for Forensic Purposes Based on Their Optical Properties: An In Vitro Comparative Study. *J Forensic Sci.* janv 2019;64(1):254-9.
125. Legler LR, Retief DH, Bradley EL. Effects of phosphoric acid concentration and etch duration on enamel depth of etch: an in vitro study. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* août 1990;98(2):154-60.

---

**LES COLORATION DENTAIRES POST-MORTEM : UNE REVUE  
DE LA LITTERATURE**

---

RESUME EN FRANÇAIS :

Lors d'identifications au cours d'enquêtes médico-légales, les dents et notamment leurs colorations, peuvent aider à comprendre les circonstances entourant le décès. L'objectif est de mener une revue de la littérature concernant le phénomène des dents roses et les changements de couleur de la dent lors d'évènements à hautes températures. La revue a été menée sur 23 articles pour le phénomène des dents roses et 21 articles pour la coloration des dents à températures élevées. Il en est ressorti que l'apparition de dents roses n'est pas spécifique de la cause du décès mais fortement liée à l'environnement et au temps écoulé en *post-mortem*. Son étiologie reste encore floue sur certains points. Les dents soumises à hautes températures s'assombrissent en allant jusqu'au noir lors du phénomène de carbonisation. Lorsqu'elles sont exposées à des températures encore plus élevées, lors de l'incinération, elles s'éclaircissent jusqu'au blanc. Les changements de colorations causés par une exposition à hautes températures ne sont pas seulement dépendants de la température et du temps, de nombreux autres facteurs peuvent influencer ces modifications.

---

TITRE EN ANGLAIS : POST-MORTEM DENTAL STAINING : A REVIEW OF THE LITERATURE

---

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : Chirurgie dentaire

---

MOTS-CLES : *Post-mortem*, dent rose, hautes températures, coloration, dent, odontologie légale, identification

---

INTITULE ET ADRESSE DE L'UFR OU DU LABORATOIRE :

Université Toulouse III-Paul Sabatier

Faculté de santé – Département d'Odontologie 3 chemin des Maraîchers 31062

Toulouse Cedex09

---

Directeur de thèse : Dr Géromine FOURNIER