

**UNIVERSITE DE LILLE**  
**FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE**

[Année de soutenance : 2024]

N°:

THESE POUR LE  
**DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE**

Présentée et soutenue publiquement le [27/11/2024]

Par Valentin Duporge

Né(e) le 30/06/1998 à Béthune – France

Les accidents à l'hypochlorite de sodium en endodontie

**JURY**

Président : Monsieur le Professeur L. Robberecht

Assesseurs : Monsieur le Docteur A. Gambiez

Madame le Docteur D. Lunardi

Monsieur le Docteur X. Coutel



## **MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES**

T. BECAVIN	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
A. BLAIZOT	Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale
F. BOSCHIN	Parodontologie
<b>C. CATTEAU</b>	<b>Responsable du Département de Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.</b>
X. COUDEL	Biologie Orale
A. de BROUCKER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
M. DEHURTEVENT	Prothèses
C. DENIS	Prothèses
F. DESCAMP	Prothèses
<b>M. DUBAR</b>	<b>Responsable du Département de Parodontologie</b>
A. GAMBIEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
F. GRAUX	Prothèses
M. LINEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
T. MARQUILLIER	Odontologie Pédiatrique
G. MAYER	Prothèses
<b>L. NAWROCKI</b>	<b>Responsable du Département de Chirurgie Orale Chef du Service d'Odontologie A. Caumartin - CHU Lille</b>
<b>C. OLEJNIK</b>	<b>Responsable du Département de Biologie Orale</b>
<b>H. PERSOON</b>	Dentisterie Restauratrice Endodontie (maître de conférences des Universités associé)
P. ROCHER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
<b>M. SAVIGNAT</b>	<b>Responsable du Département de Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux</b>
<b>T. TRENTESAUX</b>	<b>Responsable du Département d'Odontologie Pédiatrique</b>
J. VANDOMME	Prothèses
R. WAKAM KOUAM	Prothèses

***PRATICIEN HOSPITALIER et UNIVERSITAIRE***

M Bedez

Biologie Orale

### ***Réglementation de présentation du mémoire de Thèse***

*Par délibération en date du 29 octobre 1998, le Conseil de la Faculté de Chirurgie Dentaire de l'Université de Lille a décidé que les opinions émises dans le contenu et les dédicaces des mémoires soutenus devant jury doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'ainsi aucune approbation, ni improbation ne leur est donnée.*

***Aux membres du jury...***



# Table des matières

<b>Lexique.....</b>	<b>11</b>
<b>1 Rappels anatomiques .....</b>	<b>14</b>
1.1 <i>Anatomie faciale</i> .....	14
1.1.1 Ostéologie de la face.....	14
1.1.1.1 Os maxillaire .....	15
1.1.1.2 Os mandibulaire .....	16
1.1.2 Myologie de la face et de la bouche.....	17
1.1.2.1 Muscles masticateurs.....	18
1.1.2.1.1 Muscle temporal.....	18
1.1.2.1.2 Muscle masséter.....	18
1.1.2.1.3 Muscle ptérygoïdien latéral .....	18
1.1.2.1.4 Le ptérygoïdien médial.....	19
1.1.2.2 Muscles faciaux.....	19
1.1.2.2.1 Muscles orbitaires .....	20
1.1.2.2.2 Muscles du nez .....	21
1.1.2.2.3 Muscles élévateur naso-labial.....	21
1.1.2.2.4 Muscles de la bouche .....	21
1.1.2.3 Muscles de la cavité buccale .....	21
1.1.3 Vaisseaux et nerfs de la face .....	23
1.1.3.1 Système artérioveineux de la tête.....	23
1.1.3.1.1 Artères carotides externes .....	23
1.1.3.1.2 Artères carotides internes .....	24
1.1.3.2 Veines de la tête .....	25
1.1.4 Système nerveux de la tête.....	25
1.1.4.1 Nerf maxillaire (V <sub>2</sub> ).....	25
1.1.4.2 Nerf mandibulaire (V <sub>3</sub> ).....	26
1.1.4.3 Nerf facial (VII) .....	28
1.2 <i>Anatomie endodontique</i> .....	29
1.2.1 Introduction au système endodontique .....	29
1.2.1.1 Classification de Weine.....	30
1.2.1.2 Classification de Vertucci .....	31
1.2.1.3 Classification de Ahmed.....	32
1.2.1.4 Un système endodontique complexe .....	34
1.2.2 Exemples d'anatomies complexes et inhabituelles .....	35
1.2.2.1 Dilacération radulaire.....	35
1.2.2.2 Fusions et géminations dentaires .....	37
1.2.2.3 Dens in dente ou dens invaginatus .....	40
1.2.2.4 Dens evaginatus .....	41
1.2.2.5 Tauraudontisme .....	42
1.2.2.6 Canaux en C .....	44
1.2.2.7 Sillons palatins .....	46



1.2.2.8	Résorptions et perforations canalaires.....	47
1.2.2.9	Dents immatures .....	52
<b>2</b>	<b>Intérêt de l'irrigation en endodontie .....</b>	<b>54</b>
2.1	<i>Microbiologie endodontique .....</i>	54
2.1.1	Biofilm bactérien.....	54
2.1.2	Micro-organismes endodontiques .....	55
2.1.2.1	Infections endodontiques primaires .....	55
2.1.2.2	Infections endodontique secondaires.....	57
2.2	<i>Utilisation des solutions d'irrigation en endodontie .....</i>	58
2.2.1	Rôle fondamental de l'irrigation canalair .....	58
2.2.1.1	Préparation mécanique ; un prérequis essentiel à la désinfection canalaire.....	58
2.2.1.2	Irrigation canalair.....	58
2.2.1.2.1	Activation dynamique manuelle ou MDA .....	60
2.2.1.2.2	Irrigation passive ultrasonore ou PUI.....	61
2.2.1.2.3	Activation photo-dynamique.....	62
2.2.1.2.4	PAD ou désinfection par photo-activation.....	63
<b>3</b>	<b>Différentes solutions d'irrigation .....</b>	<b>64</b>
3.1	<i>Exigences fondamentales d'une solution d'irrigation en endodontie : les caractéristiques essentielles.....</i>	64
3.2	<i>Classification des solutions d'irrigation en endodontie : Agents chimiques et agents naturels .....</i>	65
3.3	<i>Hypochlorite de sodium .....</i>	66
3.3.1	Propriétés fondamentales et mécanismes d'action de l'hypochlorite de sodium .....	67
3.3.2	Un puissant antibactérien et antifongique .....	69
3.3.3	Hypochlorite de sodium et dissolution tissulaire.....	70
3.3.4	Facteurs améliorant l'effet des solutions à l'hypochlorite de sodium en endodontie.....	70
3.3.4.1	La concentration de la solution .....	70
3.3.4.2	La température.....	71
3.3.5	Temps d'action et dégradation de l'hypochlorite de sodium .....	72
3.4	<i>Digluconate de chlorhexidine.....</i>	73
3.4.1	Activité antibactérienne et antifongique.....	73
3.4.2	Substantivité antibactérienne et rémanence .....	74
3.4.3	Interaction entre la chlorhexidine et l'hypochlorite de sodium.....	74
3.5	<i>Acide éthylène diamine tétra-acétique (EDTA).....</i>	75
3.6	<i>MTAD® .....</i>	76
<b>4</b>	<b>Accidents causés par les solutions à l'hypochlorite de sodium .....</b>	<b>77</b>
4.1	<i>Extrusion de solution à l'hypochlorite de sodium dans le péri apex.....</i>	77

4.2	<i>Injection de solution à l'hypochlorite de sodium à la place d'anesthésique local</i>	86
4.3	<i>Exposition de la peau et des yeux et réaction allergique à l'hypochlorite de sodium</i>	88
4.4	<i>Accidents à l'hypochlorite de sodium et vêtements</i>	89
4.5	<i>Conduites à tenir en cas d'accidents à l'hypochlorite de sodium</i>	91
4.5.1	<i>Conduite à tenir en cas d'extrusion de solution à l'hypochlorite de sodium dans le péri apex</i>	91
4.5.2	<i>Conduite à tenir en cas d'exposition oculaire à une solution d'hypochlorite de sodium</i>	92

# Lexique

RMM : Rameau marginal mandibulaire

EDTA : Acide éthylènediaminetétraacétique

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> : Peroxyde d'hydrogène

LT : Longueur de travail

MDA : Activation dynamique manuelle

PUI : Irrigation passive ultrasonore

PAD : Désinfection par photoactivation

ROS : reactive oxygen species ou dérivé réactif de l'oxygène

NaOCl : Hypochlorite de sodium

pH : Potentiel en hydrogène

HOCl : Acide hypochloreux

OCl<sup>-</sup> : Ion hypochlorite

CBCT : Cone Beam Computed Tomography

mg : Milligramme

cp : Comprimé

gr : Gramme

# Avant-propos

L'endodontie est une discipline cruciale au sein du large domaine qu'est la dentisterie. Elle se concentre sur le traitement des affections pulpaire et péri-apicales, visant à sauvegarder l'organe dentaire et par ce fait, améliorer la qualité de vie des patients. L'objectif de cette discipline est donc la conservation d'une dent en passant par sa désinfection et sa reconstruction. Schilder introduisait en 1974 le concept de « Triade endodontique » exposant les trois principes fondamentaux du traitement endodontique que sont : la préparation canalaire, la désinfection ainsi que l'obturation. L'irrigation apparaît comme le déterminant le plus important à la guérison des tissus péri-apicaux et, parmi ces solutions d'irrigation, l'hypochlorite de sodium apparaît comme chef de file. Bien qu'essentielles, ces solutions présentent des risques quant à leur utilisation pouvant engendrer des complications plus ou moins significatives.

Cette thèse propose d'offrir une meilleure compréhension des facteurs influençant les accidents à l'hypochlorite de sodium pour permettre la mise en place de stratégies préventives et curatives. Ce travail s'appuiera sur une analyse approfondie de la littérature disponible à ce jour, ainsi que sur des études de cas pour illustrer différentes situations cliniques. Le premier objectif est de mettre en évidence les facteurs anatomiques cervico-faciaux, dentaires et microbiologiques contribuant aux accidents d'irrigation. Le second objectif est d'analyser quelles sont les bases de l'irrigation en endodontie en exposant différentes solutions utilisées aujourd'hui. Le dernier objectif se penche sur les mécanismes de survenue des accidents d'irrigation, leurs conséquences et leur prise en charge.



# 1 Rappels anatomiques

Pour commencer ce travail sur les accidents liés aux solutions à l'hypochlorite de sodium, il est primordial de comprendre que la dent n'est pas un organe isolé. En effet, elle fait partie d'un ensemble, en rapport intimes avec les os, les muscles mais aussi le système vasculo-nerveux de la face.

Les connaissances de ces rapports pour prévenir et éviter d'éventuels accidents sont toutes aussi importantes que la prise en charge de ces derniers. C'est pour cette raison que nous aborderons dans cette première partie l'anatomie faciale et dentaire.

## 1.1 Anatomie faciale

### 1.1.1 Ostéologie de la face

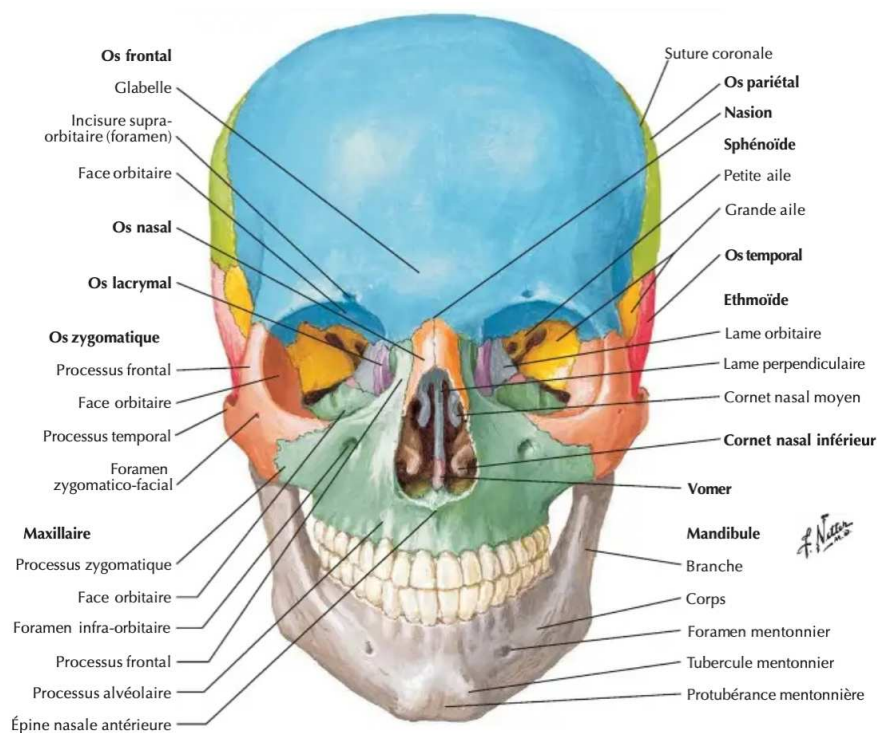


Figure 1. Vue antérieure d'un crâne permettant d'observer les différents os de la face (1).

Le massif facial (Fig.1) est constitué de treize os reliés entre eux par des sutures ainsi qu'un os mobile, la mandibule.

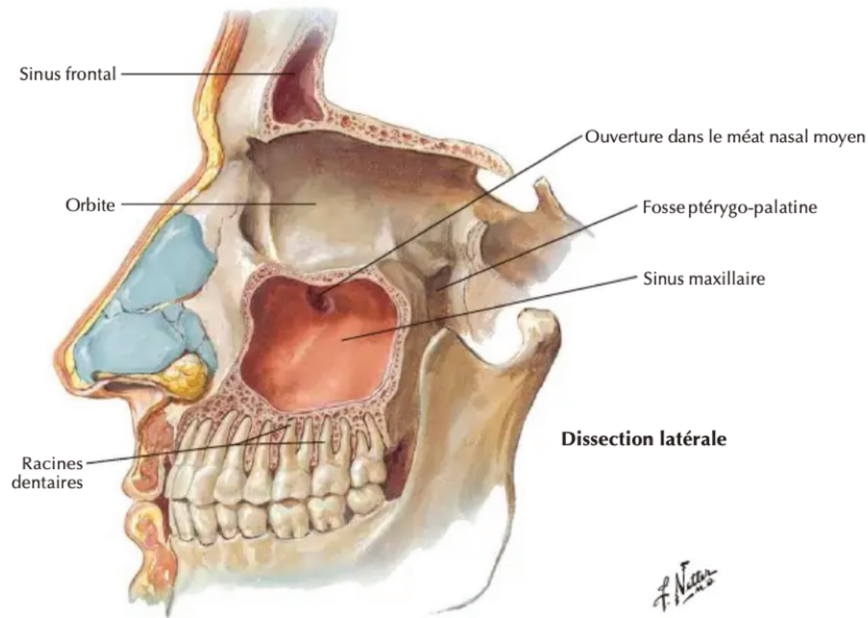
Parmi ces quatorze os, les os maxillaires, zygomatiques, nasaux, palatins, lacrymaux et cornets nasaux inférieurs sont retrouvés par paires. Le vomer et la mandibule sont uniques.

#### 1.1.1.1 Os maxillaire

L'os maxillaire s'articule par l'intermédiaire de processus (zygomatique, frontal, alvéolaire et palatin) avec tous les os de la face. Avec son homologue controlatéral, ils reçoivent les dents maxillaires et forment ensemble l'arcade dentaire supérieure ou arcade dentaire maxillaire.

Il est de forme pyramidale triangulaire et présente quatre faces. La face jugale, sous cutanée est marquée en bas par le relief de la bosse canine, très importante à repérer pour les anesthésies péri-apicales. Au-dessus de cette dernière, s'ouvre le foramen infra-orbitaire d'où émerge le nerf infra-orbitaire issu du nerf maxillaire (branche V<sub>2</sub> du nerf trijumeau V). La face infra-temporale, constitue la paroi antérieure de la fosse infra-temporale. Tout comme la face jugale, elle présente en sa partie basse, une saillie facilement observable en bouche, la tubérosité maxillaire. La face orbitaire forme une grande partie du plancher de l'orbite de l'œil. La face nasale constitue une partie de la paroi latérale de la cavité nasale

Le corps du maxillaire est composé d'os compact et d'os spongieux au niveau des processus alvéolaires. Il est creusé par un sinus s'ouvrant sur le méat nasal moyen par un hiatus. Ce sinus maxillaire (Fig.2) est une cavité pyramidale pouvant subir des répercussions à la suite d'infections dentaires, l'apex de certaines dents maxillaires appelées dents antrales étant parfois en relation très intimes avec cette cavité.



*Figure 2. Coupe latérale du crâne mettant en évidence l'os maxillaire gauche recevant l'arcade dentaire maxillaire ainsi que son sinus et le méat nasal moyen ; à noter la proximité dentaire avec le sinus (1).*

La littérature regorge de références concernant des extensions d'inflammation périapicales au sinus maxillaire. Stafne (1985) estime que 15 à 75 % des sinusites sont d'origine dentaire, bien que l'incidence réelle soit difficile à déterminer avec précision. Il a également été admis que les symptômes de la sinusite maxillaire pouvaient provenir des douleurs d'origine dentaire.

Si une infection bactérienne d'origine dentaire peut diffuser au niveau du sinus, une fusée de solution d'hypochlorite de sodium lors de la désinfection canalaire est également possible et doit être anticipée en évaluant au préalable ce risque.

#### 1.1.1.2 Os mandibulaire

La mandibule (Fig.3) est le seul os mobile de la face. Il permet la mastication. Il est composé d'un corps et de deux branches montantes. Le corps se structure en un os basal et un os alvéolaire spongieux, accueillant l'arcade dentaire inférieure ou mandibulaire.



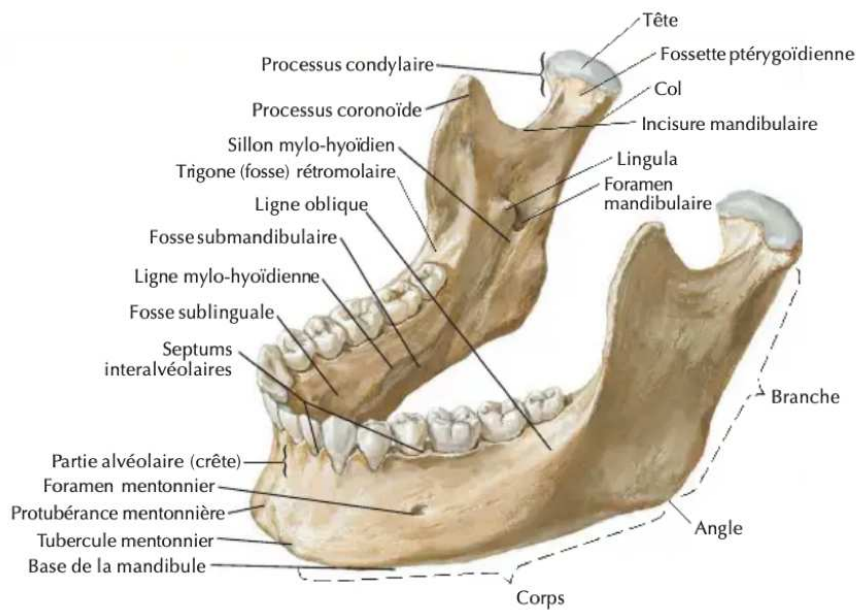


Figure 3. Vue de trois quarts de la mandibule (1).

En regard du secteur prémolaire émerge le foramen mentonnier d'où sort le nerf mentonnier issu du nerf alvéolaire inférieur (branche V<sub>3</sub> du nerf trijumeau V). Il s'agit d'un point anesthésique stratégique.

Les vaisseaux et le nerf alvéolaire inférieur (NAI) pénètrent la mandibule au foramen mandibulaire. Cette zone est cruciale à repérer lors des blocs anesthésiques alvéolaires inférieurs. Le NAI innerve toutes les dents mandibulaires. Sous la base de la mandibule, se trouve le sillon de l'artère faciale qui abrite son artère homonyme.

Des défauts osseux de la mandibule comme du maxillaire peuvent exister tel que des déhiscences ou des fenestrations. Les accidents de solutions à l'hypochlorite de sodium semblent plus fréquents dans ces situations, notamment lorsque la fenestration est apicale. Une palpation du relief apical, doit être réalisée préalablement à tout traitement endodontique.

### 1.1.2 Myologie de la face et de la bouche

Sur les os de la face précédemment cités prennent attache beaucoup de muscles permettant les différentes expressions faciales mais aussi la mastication. Ces derniers sont irrigués et innervés par un réseau vasculo-nerveux importants.

### 1.1.2.1 Muscles masticateurs

Les muscles masticateurs sont retrouvés par paire et sont au nombre de quatre. Il s'agit des muscles temporaux, masséters, ptérygoïdiens médial et latéral. Ils sont innervés par des rameaux du nerf mandibulaire (branche V<sub>3</sub> du nerf trijumeau V).

#### 1.1.2.1.1 Muscle temporal

Il part de la fosse temporale pour aller se fixer sur le processus coronoïde en se prolongeant sur le bord antérieur de la branche montante de la mandibule. Son action principale est l'élévation de la mandibule. Il permet, grâce à ses fibres postérieures, une rétroimpulsion de la mandibule.

#### 1.1.2.1.2 Muscle masséter

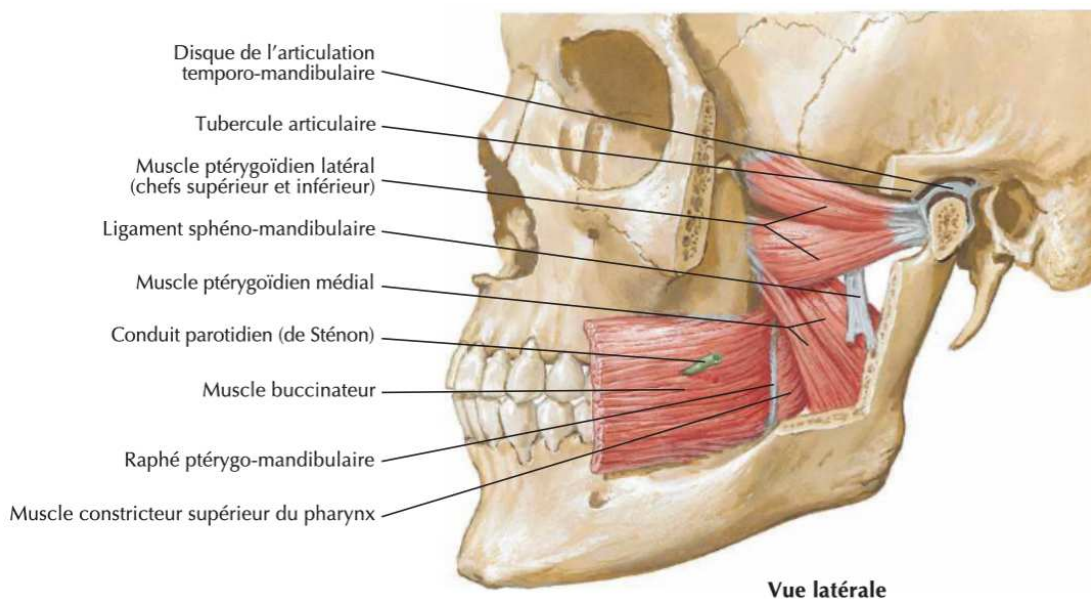
Le muscle masséter est constitué de deux chefs distincts, l'un superficiel, l'autre profond. Le premier prend insertion sur les trois quarts antérieurs du bord inférieur de l'arcade zygomatique et se finit sur l'angle de la mandibule. Le second débute du quart postérieur du bord inférieur et de la face interne de l'arcade zygomatique pour venir s'accrocher sur la face latérale de la branche montante de la mandibule. Tout comme le temporal, son action principale est l'élévation de la mandibule.

#### 1.1.2.1.3 Muscle ptérygoïdien latéral

Au même titre que le masséter, le ptérygoïdien latéral (Fig.4) peut être décomposé en deux parties appelés faisceaux supérieur et inférieur. Le premier prend appui sur l'os sphénoïde, plus précisément sur la face maxillaire de la grande aile mais aussi sur le quart supérieur de la face latérale de la lame latérale du processus ptérygoïde pour finir au niveau de la fossette ptérygoïdienne située en dessous du condyle mandibulaire. Il émet également des fibres se fixant sur la capsule de l'articulation temporo-mandibulaire. Le faisceau inférieur quant à lui, débute sur les deux tiers inférieurs de la face latérale de la lame latérale du processus ptérygoïde ainsi que de la tubérosité maxillaire pour terminer au même endroit que le faisceau supérieur. Lorsque ces muscles se contractent simultanément de façon bilatérale, ils interviennent dans l'ouverture buccale ; lorsqu'un seul côté se contracte, il en résulte une diduction.

#### 1.1.2.1.4 Le ptérygoïdien médial

Le ptérygoïdien médial (Fig.4) naît de la face médiale de la lame latérale du processus ptérygoïde, du processus pyramidal de l'os palatin ainsi que de la tubérosité maxillaire. Il se termine sur la face médiale de l'angle de la mandibule. A l'inverse du ptérygoïdien latéral, lorsque les deux ptérygoïdiens médiaux se contractent, il en résulte une élévation de la mandibule et donc la fermeture buccale, cependant la contraction unilatérale permet une diduction et associés aux ptérygoïdiens latéraux, il permet la propulsion de la mâchoire.



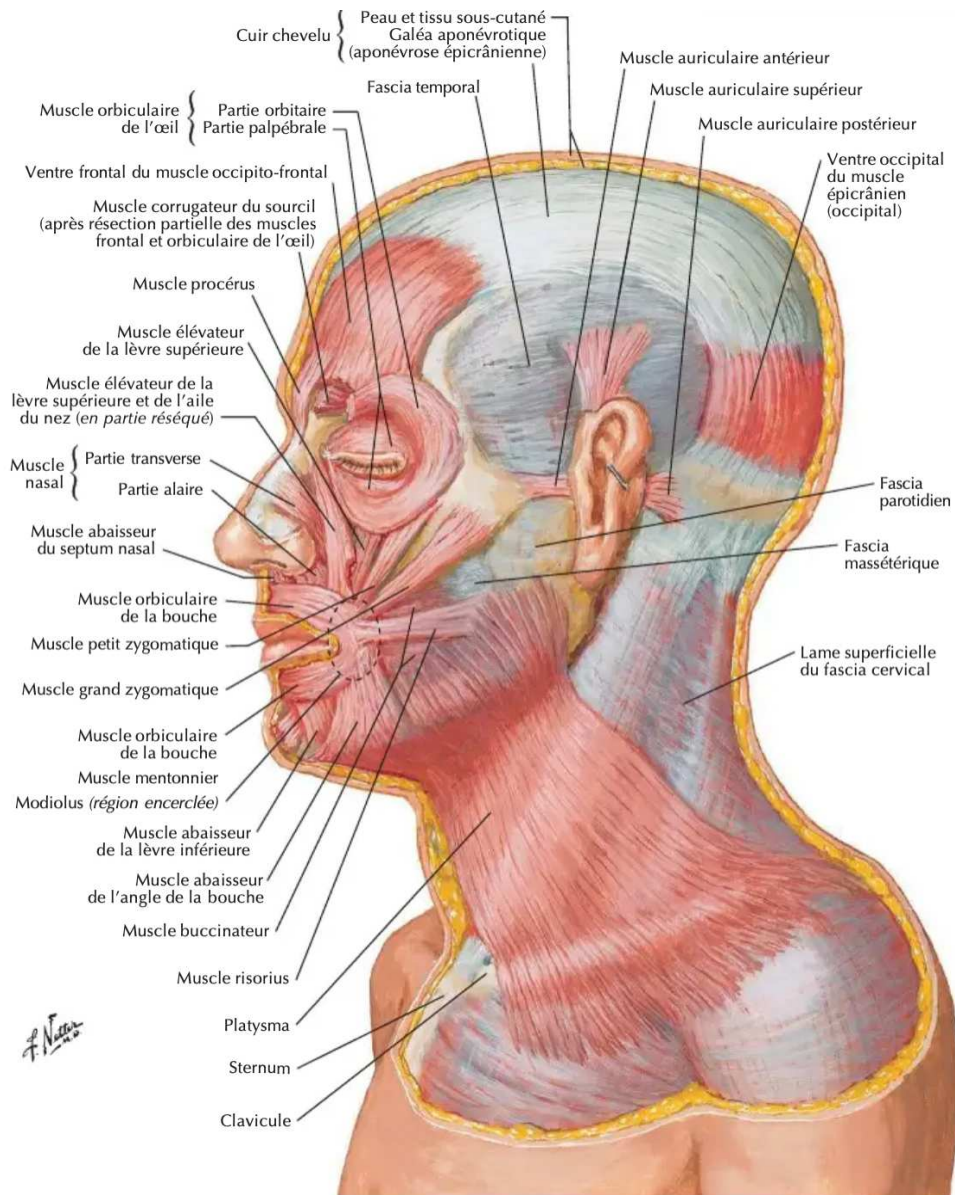
*Figure 4. Vue latérale d'un crâne mettant en évidence les insertions des ptérygoïdiens médial et latéral (1).*

#### 1.1.2.2 Muscles faciaux

La face est recouverte de nombreux muscles plus ou moins grands permettant les expressions ainsi que les fonctions.

La vue latérale (Fig.5) ci-dessous permet de comprendre la complexité et l'abondance d'éléments anatomiques retrouvés au niveau de la région faciale.

Les muscles faciaux sont des muscles pairs à l'exception de l'orbiculaire des lèvres. Leur innervation est assurée par le nerf facial. Ces muscles peuvent être classés en quatre grands groupes que sont les muscles orbitaires, les muscles du nez, les muscles élévateur naso-labiaux et les muscles de la bouche.



*Figure 5. Vue latérale de la tête et du coup mettant en évidence l'anatomie superficielle de la face (1).*

#### 1.1.2.2.1 Muscles orbitaires

Les muscles orbitaires sont au nombre de trois : le muscle orbiculaire de l'oeil, le muscle élévateur du sourcil, le muscle abaisseur du sourcil.

#### 1.1.2.2.2 Muscles du nez

Les muscles du nez sont également retrouvés au nombre de trois, les muscles procérus, nasal et abaisseur du septum nasal.

#### 1.1.2.2.3 Muscles élévateur naso-labial

Les muscles élévateurs naso-labiaux font la jonction entre la partie musculaire nasale et la partie musculaire labiale.

#### 1.1.2.2.4 Muscles de la bouche

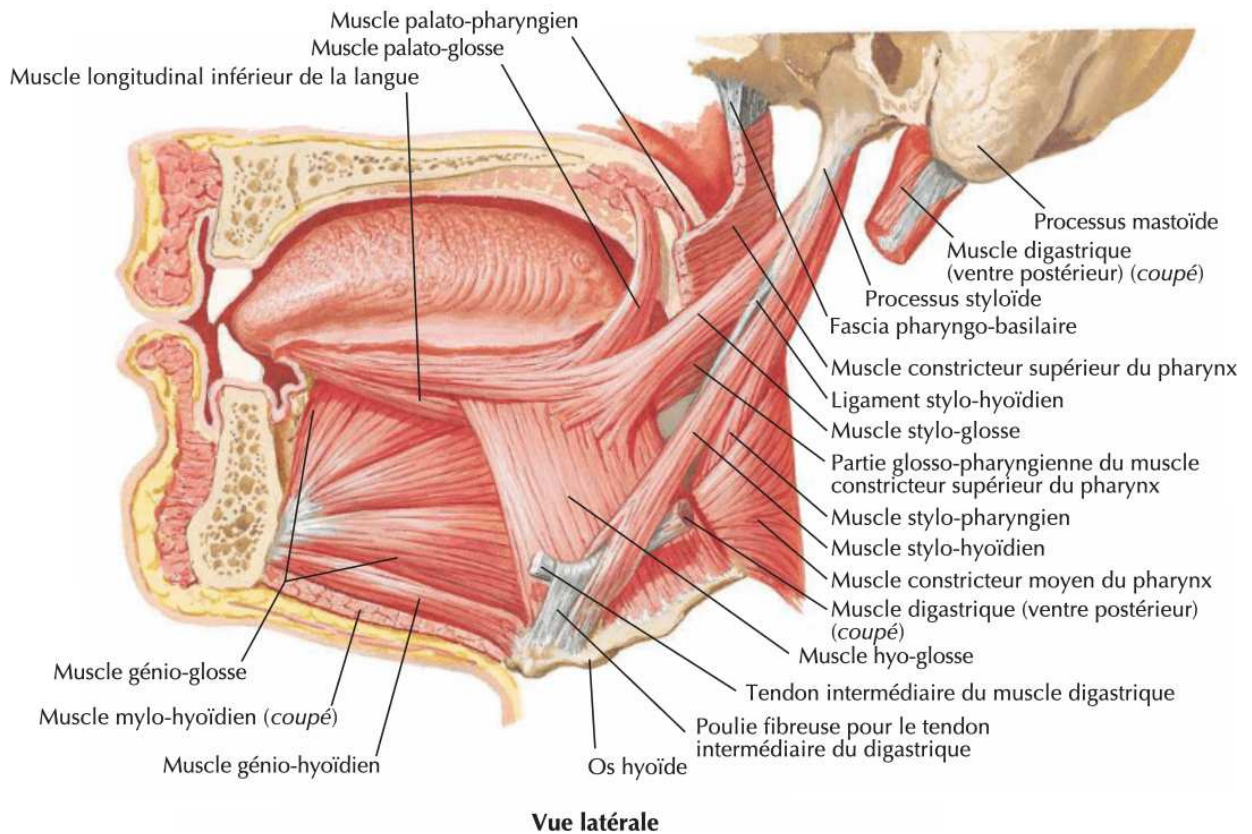
Les muscles de la bouche sont au nombre de onze, l'orbiculaire des lèvres, l'abaisseur de l'angle de la bouche, le transverse du menton, le risorius, le petit zygomatique, le grand zygomatique, l'élévateur de la lèvre supérieure, l'abaisseur de la lèvre supérieure, l'élévateur de l'angle de la bouche, le buccinateur et le mentonnier.

#### 1.1.2.3 Muscles de la cavité buccale

La cavité buccale est délimitée par les joues, sur les côtés, le pharynx pour la partie postérieure, le palais pour sa partie supérieure ainsi que de l'organe du goût pour la partie inférieure, la langue. Elle participe également aux grandes fonctions telles que la mastication, la phonation mais aussi la déglutition.

La langue (Fig.6) est composée de huit muscles pairs et un muscle impair, le muscle longitudinal supérieur et les muscles génio-glosses, hyo-glosses, chondro-glosses, stylo-glosses, palatoglosses, longitudinaux inférieurs, transverses de la langue et verticaux de la langue.

Elle est couverte de papilles sur son dos ; filiformes, fongiformes, coniques, foliées et circumvallées (formant un V).



*Figure 6. Vue latérale de la région de la bouche mettant en évidence la complexité musculaire linguale (1).*

Le palais permet la séparation entre la cavité buccale et la cavité nasale. Toute communication naso-buccale (congénitale comme acquise) entraîne de nombreuses complications fonctionnelles.

Il est constitué d'une partie antérieure osseuse appelée palais dur et d'une partie postérieure fibro-musculaire appelée palais mou. Le palais est mou est constitué des muscles élévateurs du voile du palais, tenseurs du voile du palais, uvulaire, palato-glosses et palato-pharyngiens.

## 1.1.3 Vaisseaux et nerfs de la face

### 1.1.3.1 Système artérioveineux de la tête

Les artères carotides externes vascularisent la face et ses téguments ainsi que la région antérieure du cou tandis que les carotides internes irriguent plutôt l'encéphale.

#### 1.1.3.1.1 Artères carotides externes

Les carotides externes naissent des carotides communes droite et gauche pour se séparer en regard du col de la mandibule en deux artères de plus petit calibre. L'artère temporale superficielle a un trajet vertical alors que l'artère maxillaire est plus horizontale (c'est elle qui irrigue l'ensemble du système dentaire).

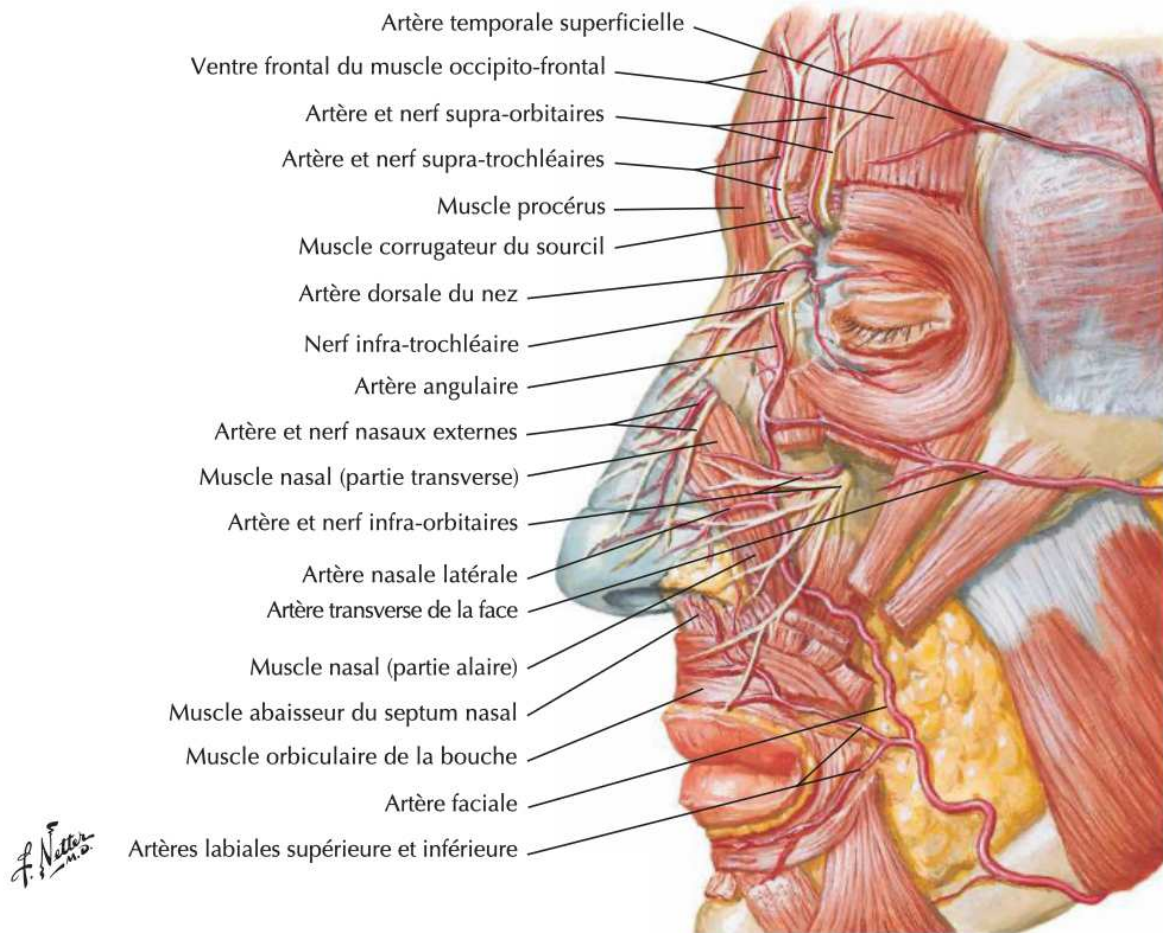
Ces artères donnent naissances à de nombreuses collatérales telles que les artères thyroïdiennes supérieures, linguales, pharyngiennes ascendantes, faciales donnant d'autres collatérales (palatine ascendante, rameau tonsillaire, submentonnière, labiales inférieure et supérieure et rameaux musculaires), occipitales également avec des collatérales et auriculaires postérieures.

Parmi les multiples collatérales des carotides externes, les artères linguales et faciales sont les plus à risques lors d'extrusion de solution à l'hypochlorite de sodium. En effet, l'artère linguale chemine selon un trajet sinueux au sein des muscles de la langue, médialement au constricteur moyen du pharynx et du génio-glosse et latéralement à l'hyo-glosse.

L'artère faciale (Fig.7) est une artère profonde dans un premier temps, au niveau cervical avant de devenir superficielle au niveau de la face. Elle contourne le bord inférieur de la mandibule décrivant un crochet d'où naît l'artère submentonnière, puis effectue un trajet ascendant vers le haut et l'avant pour finir au niveau de l'angle médial palpébral devenant ainsi l'artère angulaire.

L'artère maxillaire et ses branches collatérales est également, par sa situation anatomique à risque lors d'accident d'irrigation lors de traitement endodontie. Parmi ses branches collatérales, on retrouve l'artère alvéolaire inférieure, l'artère massétérique, l'artère buccale, l'artère alvéolaire supéro-postérieure ainsi que l'artère

infra-orbitaire. Autant d'éléments artériels plus ou moins superficiels pouvant être lésés lors d'une extrusion de solution d'irrigation.



*Figure 7. Vue latérale de la face mettant en évidence le trajet ascendant superficiel de l'artère faciale, branche collatérale de l'artère carotide externe (1).*

#### 1.1.3.1.2 Artères carotides internes

Les carotides internes naissent tout comme les artères carotides externes, des artères carotides communes en regard du bord supérieur du cartilage thyroïde pour rejoindre l'encéphale qu'elles vasculariseront.

Elles présentent plusieurs parties différentes, notamment une partie cervicale au niveau de laquelle elles sont accompagnées des veines malaires internes ainsi que des nerfs vague X, une partie pétreuse située dans le canal carotidien puis une partie caverneuse au sein du sinus caverneux et enfin une partie cérébrale. Au cours de leur trajet, elles donnent des branches collatérales pétreuses, caverneuses et cérébrales avant de donner les branches terminales cérébrales antérieure et moyenne.



### 1.1.3.2 Veines de la tête

Les veines jugulaires internes et externes forment les veines les plus importantes drainant la tête.

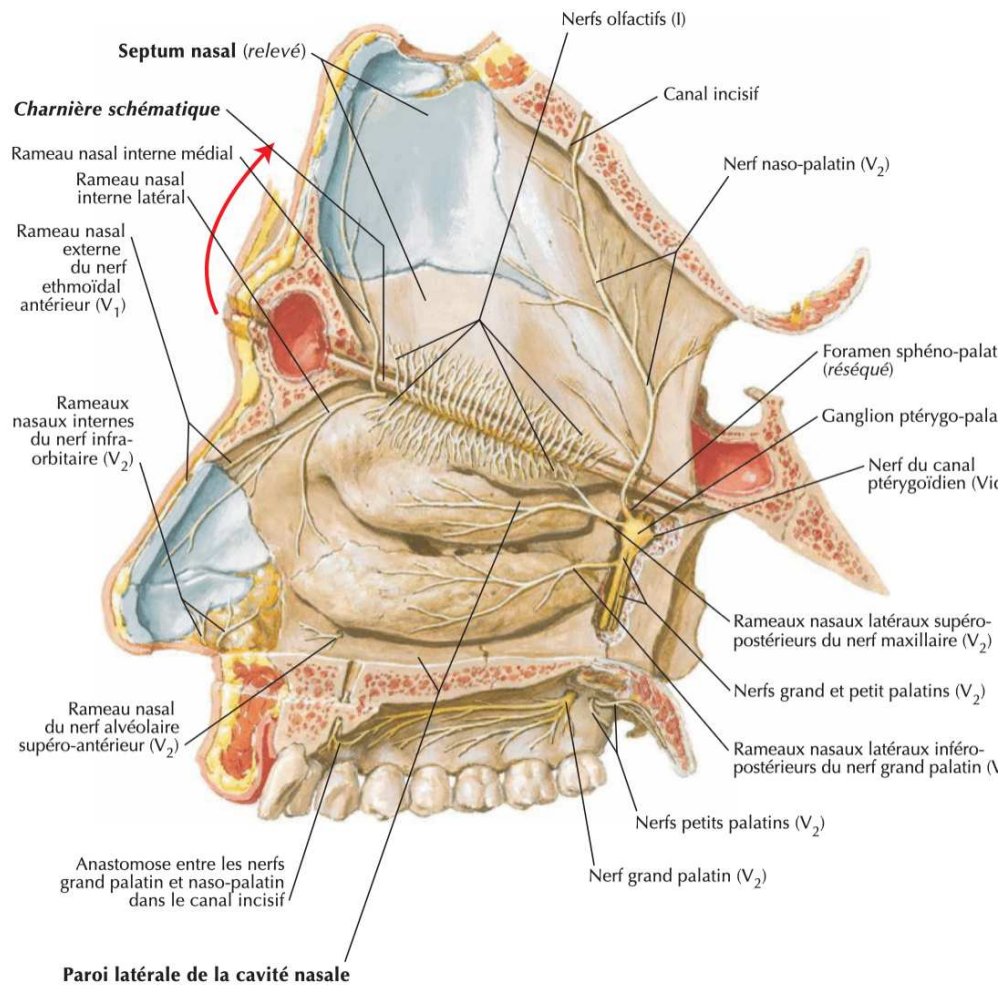
Ce sont les premières qui drainent le sang veineux de la face. Elles ont le même trajet cervical que les artères carotides internes au sein de la gaine carotidienne. Les jugulaires internes possèdent de nombreuses veines affluentes tel que les sinus pétreux inférieur, les plexus veineux du canal de l'hypoglosse, les veines faciales, linguales et thyroïdiennes supérieure se réunissant au niveau du tronc thyro-linguo-facial ainsi que les veines thyroïdiennes moyennes et pharyngiennes.

Les jugulaires externes, quant à elles, drainent les régions superficielles de la tête mais profondes de la face en grande partie. Tout comme les carotides externes, on les retrouve au niveau du col de la mandibule. Elles naissent de l'union des veines temporales superficielles et maxillaires, satellites des artères du même nom.

### 1.1.4 Système nerveux de la tête

#### 1.1.4.1 Nerf maxillaire (V<sub>2</sub>)

Deuxième branche du nerf trijumeau, le nerf maxillaire (Fig.8) est exclusivement sensitif. Il innerve l'ensemble de la muqueuse du palais dur mais aussi celle du palais mou via les nerfs grands et petits palatins, ainsi que l'ensemble du maxillaire supérieur par l'intermédiaire de ses branches alvéolaires supéro-antérieure, supéro-moyenne et supéro-postérieure. Il se termine par le nerf infra-orbitaire donnant des rameaux innervant la paupière inférieure, la lèvre supérieure ainsi que la partie supérieure de la joue et l'aile du nez.

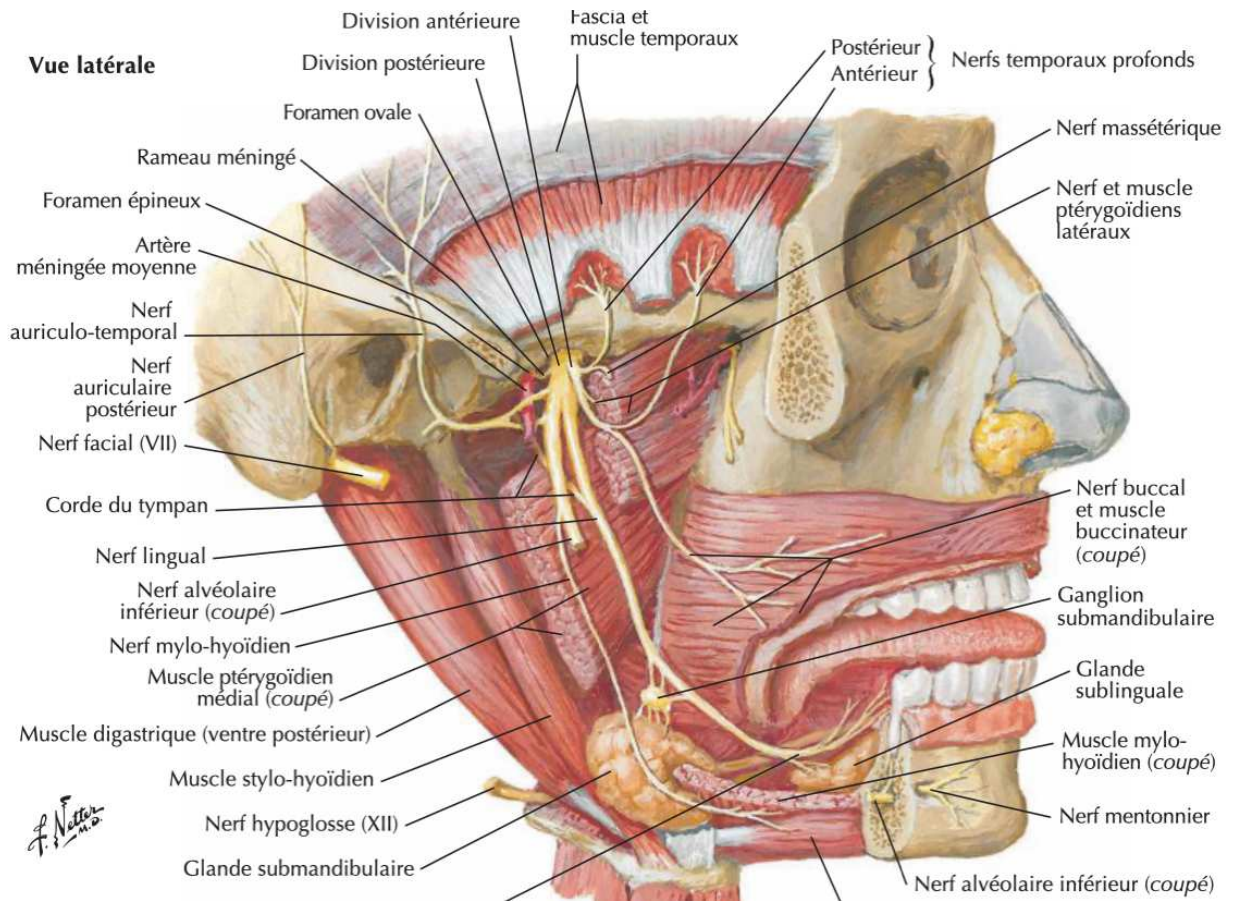


*F. Natter*

Figure 8. Coupe médiane de la région du nez mettant en évidence les différentes branches et rameaux nerveux issues du nerf maxillaire V2 (1).

#### 1.1.4.2 Nerf mandibulaire (V<sub>3</sub>)

Le nerf mandibulaire (Fig.9) est également issu de la division du nerf trijumeau. Il possède une composante sensitive et motrice grâce à ces nombreuses branches collatérales et terminales parmi lesquelles figurent de manière non exhaustive les nerfs massétérique responsable de l'innervation du muscle homonyme ainsi que de l'articulation temporo-mandibulaire, ptérygoïdiens médial et latéral, buccal mais aussi les nerf lingual et alvéolaire inférieur bien connu en pratique odontologique. Ce dernier pénètre la mandibule au niveau du foramen mandibulaire afin d'innover les dents du maxillaire inférieur. Il donne une branche terminale, le nerf mentonnier, émergeant du foramen mentonnier en regard des prémolaires.



*Figure 9. Coupe médiane de la région du nez mettant en évidence les différentes branches et rameaux nerveux issues du nerf mandibulaire V3 (1).*

### 1.1.4.3 Nerf facial (VII)

Le nerf facial (VII) (Fig.10) est l'un des nerfs les plus importants de la face. Nerf de la mimique, il permet l'ensemble des expressions faciales. A cette composante motrice sont associées des composantes sensitive et sensorielle avec la langue et le goût mais aussi une composante parasympathique rattachée aux glandes submandibulaires, sublinguales et lacrymales. C'est un nerf important chirurgicalement, notamment lors de chirurgie de la glande parotide. Il chemine à l'intérieur de cette dernière et la sépare en une partie superficielle et une partie profonde. Au sein de cette glande, il se divise en une branche cervico-faciale et en une branche temporo-faciale. Ces deux dernières branches donnent des rameaux cervical, marginal mandibulaire, buccal, zygomatique et temporal (2). Une lésion du rameau marginal mandibulaire (RMM) entraîne de réelles conséquences esthétiques et fonctionnelles (3).

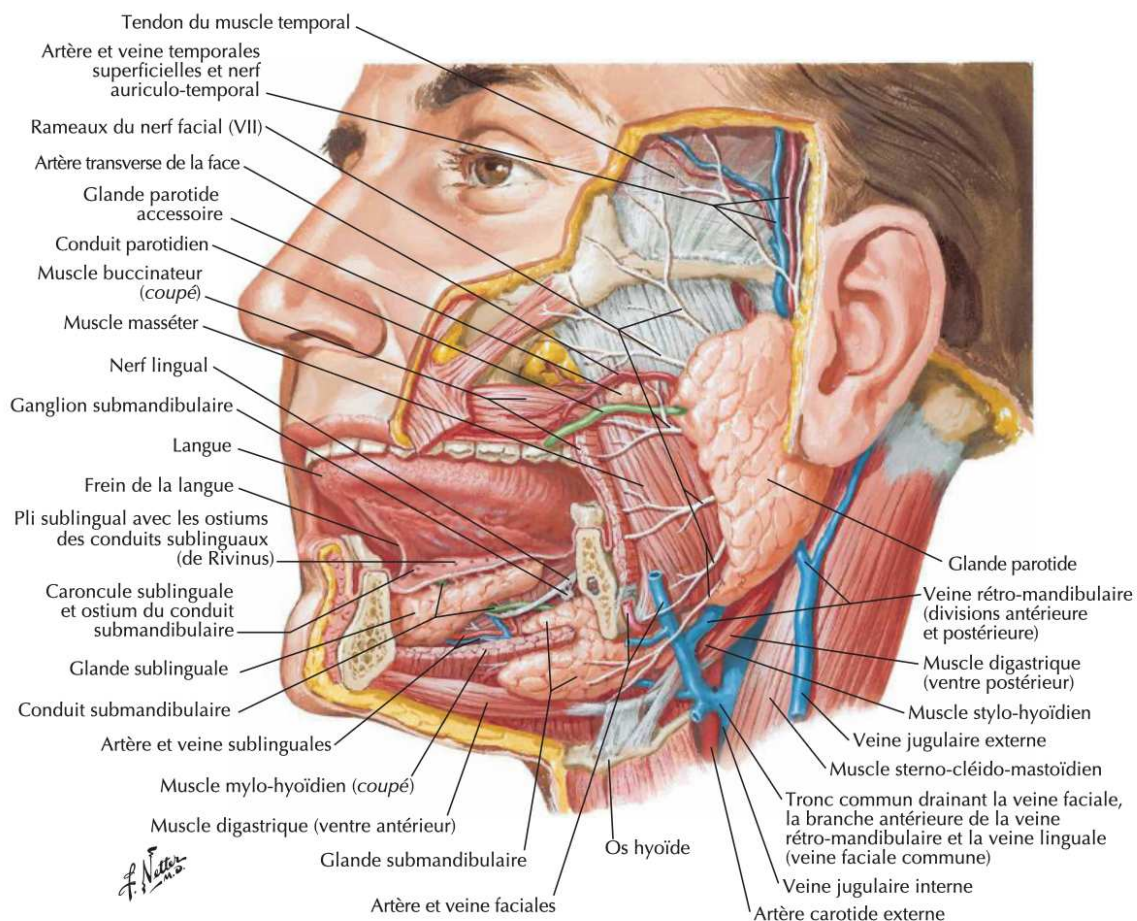


Figure 10. Vue de trois quarts de la tête montrant les différents rameaux du nerf facial VII émergents de la glande parotide (1).

## 1.2 Anatomie endodontique

### 1.2.1 Introduction au système endodontique

Pour rappel, l'organe dentaire est composé de plusieurs structures différentes tel que l'émail, la dentine mais aussi la pulpe (Fig.11).

L'émail est la structure la plus résistante de l'organisme, il est constitué de prismes d'hydroxyapatite. La dentine quant à elle, représente le tissu le plus important de la dent. C'est elle qui soutient l'émail et entoure la pulpe dentaire qui contient le réseau artérioveineux et nerveux. C'est au niveau des apex dentaires que pénètre ce réseau. La dentine radiculaire est entourée d'un tissu ostéoïde, le cément. Ce dernier permet la liaison entre l'organe dentaire et l'os alvéolaire par l'intermédiaire du ligament desmodontal dont les fibres s'organisent de différentes manières tout autour de la racine.

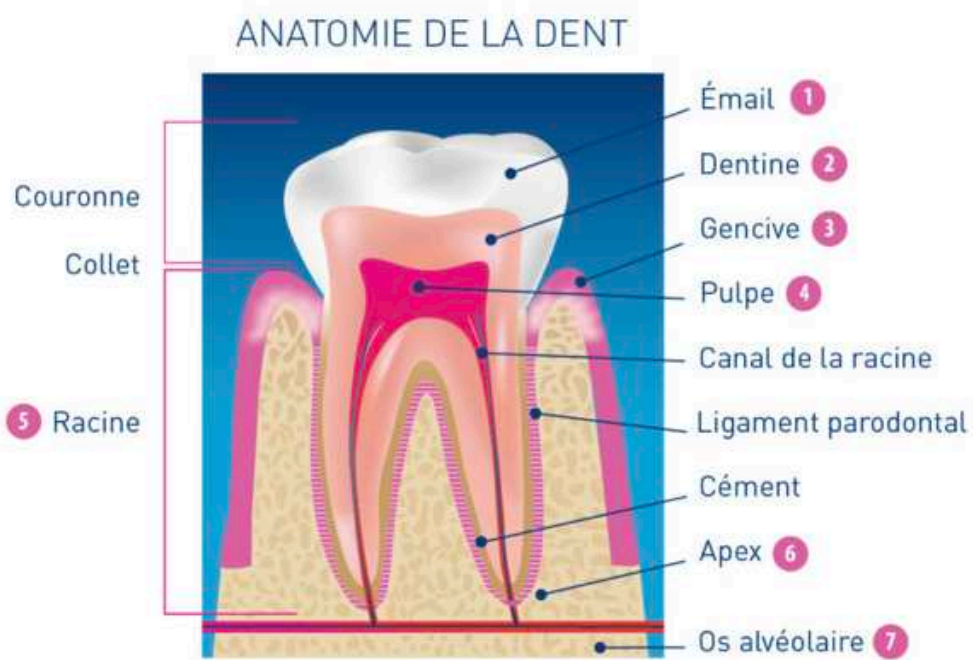


Figure 11. Schéma représentant les différentes structures de la dent (4).

La pulpe, qui renferme un réseau vasculo-nerveux, se retrouve au niveau coronaire dans la chambre pulpaire et au niveau des racines dans les canaux. Elle est entourée par la dentine et communique avec le reste du corps par l'orifice apical, le plus souvent situé à l'extrémité de la racine.

Il existe d'autres communications entre le parodonte et la pulpe tel que les canaux accessoires et latéraux. Un canal accessoire est une branche émergeant d'un canal principal ou de la chambre pulpaire communiquant avec le parodonte. Parfois on retrouve un canal au niveau de la furcation des dents pluriradiculées, appelé canal de la furcation par Vertucci. Un canal latéral est un canal accessoire, généralement horizontal, se situant dans le tiers coronaire ou moyen de la racine (5).

Il convient maintenant de présenter les classifications les plus couramment retrouvées aujourd'hui, celles de Weine (1969), de Vertucci (1974) et de Ahmed (2017).

#### 1.2.1.1 Classification de Weine

Weine et al. (1969) est le premier à présenter une classification (Fig.12) concernant l'anatomie endodontique des dents mono radiculaires. Sa classification concerne les divisions pouvant avoir lieu au sein de la racine.

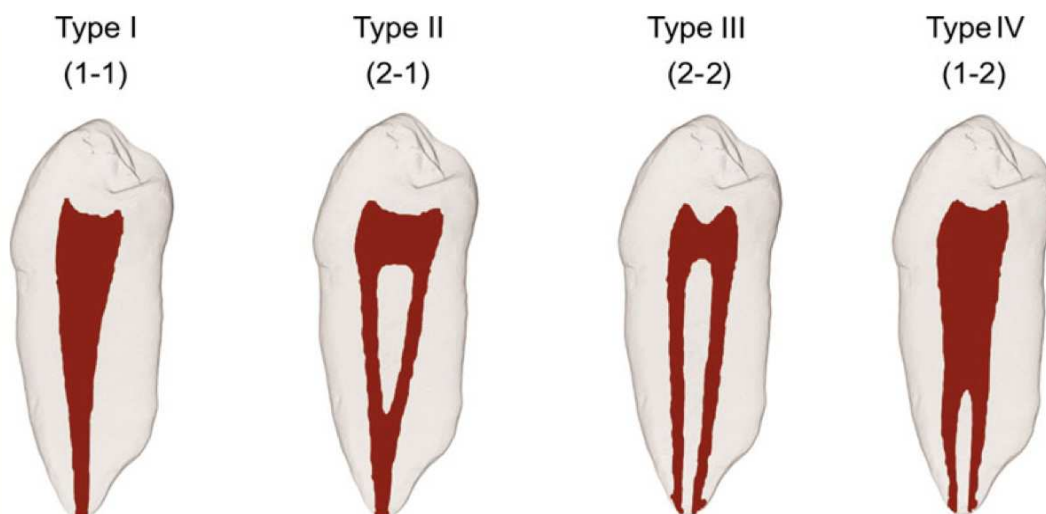


Figure 12. Classification de Weine (1969) concernant la morphologie canalaire (6).

- Type I : Un unique canal de la chambre pulpaire à l'apex
- Type II : Deux canaux distincts se rejoignant pour former un seul et unique canal à l'apex
- Type III : Deux canaux distincts de la chambre pulpaire à l'apex
- Type IV : Un seul et unique canal au niveau de la chambre pulpaire se séparant en deux canaux distincts dans le tiers apical de la racine (6)

### 1.2.1.2 Classification de Vertucci

En 1974, Vertucci et al. développent un nouveau système de classification (Fig.13) à partir d'une étude de 200 secondes prémolaires maxillaires. Cette classification montre que le système endodontique est bien plus complexe et qu'il ne se résume pas aux quatre types exposés par Weine.

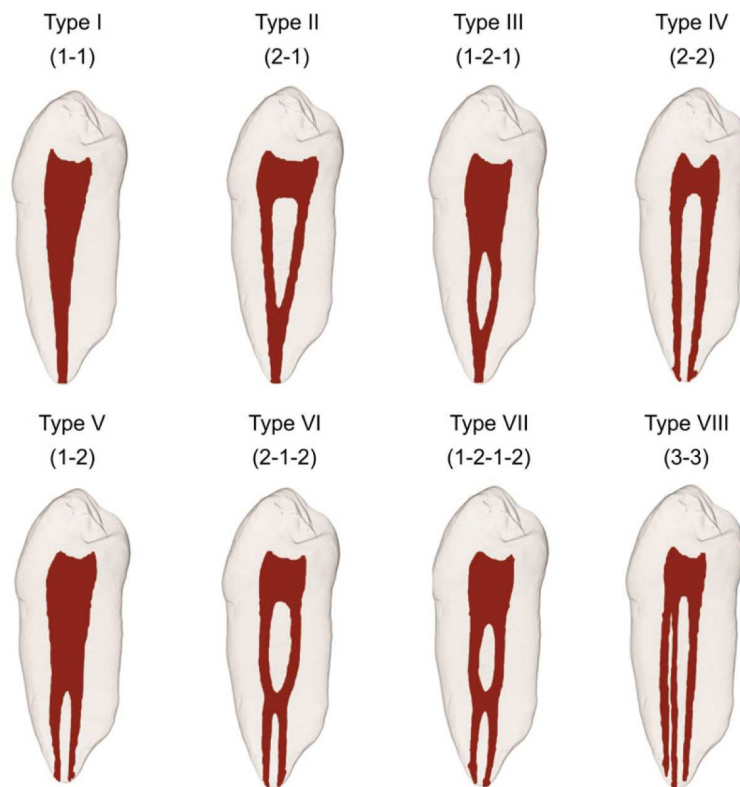


Figure 13. Classification de Vertucci (1974) concernant la morphologie du système canalaire (5).

- Type I : Un seul canal de la chambre pulpaire à l'apex
- Type II : Deux canaux distincts partent de la chambre pulpaire et se rejoignent au niveau du tiers apical pour ne former qu'une seule sortie apicale
- Type III : Un seul canal au niveau de la chambre pulpaire se divise en deux canaux distincts pour se rejoindre à l'apex et ne donner qu'une sortie apicale
- Type IV : Deux canaux distincts de la chambre pulpaire à l'apex ; s'apparente au type III de Weine (1969)
- Type V : Un seul et unique canal au niveau de la chambre pulpaire se séparant en deux canaux distincts dans le tiers apical de la racine ; s'apparente au type IV de Weine (1969)
- Type VI : deux canaux distincts au niveau de la chambre pulpaire, fusionne plus bas dans la racine et finissent par se diviser pour former deux sorties apicales distinctes
- Type VII : Un seul canal partant de la chambre pulpaire, se divise puis se fusionne plus bas dans la racine pour se rediviser afin de former deux sorties apicales distinctes
- Type VIII : Trois entrées canalaires donnent trois sorties apicales distinctes (5)

#### 1.2.1.3 Classification de Ahmed

Ces dernières classifications ont été les plus utilisées pendant de nombreuses années. Cependant elles ont une limite considérable qui est de ne pas traiter l'entièreté des configurations canalaires pouvant être retrouvées dans la nature.

Cette nouvelle nomenclature n'est plus en chiffres romains mais compte désormais trois chiffres différents qui sont le numéro de dent, le nombre de racine et la configuration canalinaire. Le numéro de dent (TN) est issu de la nomenclature de Palmer. Le nombre de racine est ajouté en exposant de la manière suivante <sup>R</sup>TN. La configuration canalinaire dans chaque racine est détaillée selon le parcours du canal classique, l'orifice canalinaire (O), le canal (C) et le foramen (F), notée TN<sup>O-C-F</sup>. Au final, la classification est écrite sous cette forme <sup>R</sup>TN<sup>O-C-F</sup> (6).



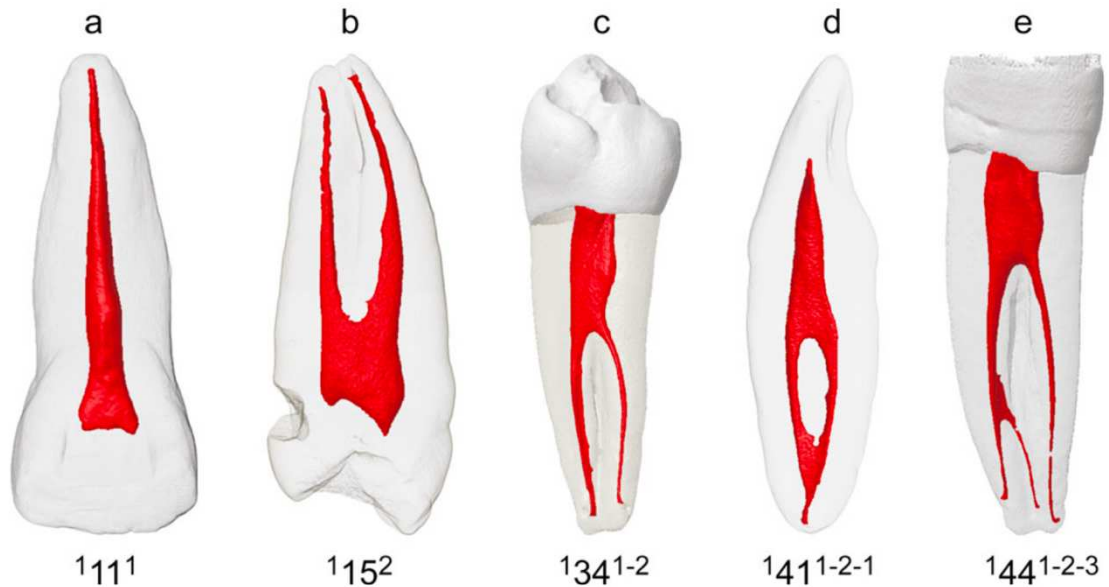


Figure 14. Exemples de morphologies canales classées selon la classification de Ahmed (6).

Pour exemple (Fig.14), la dent (a) est la dent n°11 selon la classification de Palmer, elle possède une racine et un canal unique de l'orifice au foramen. La dent (b) est la dent n°15, elle a une racine et deux canaux continus de la chambre pulpaire jusqu'aux foramens. Pour finir la dent (e) est la dent n°44, elle n'a qu'une racine, elle présente un canal unique qui se divise ensuite en deux canaux distincts donnant trois foramens.

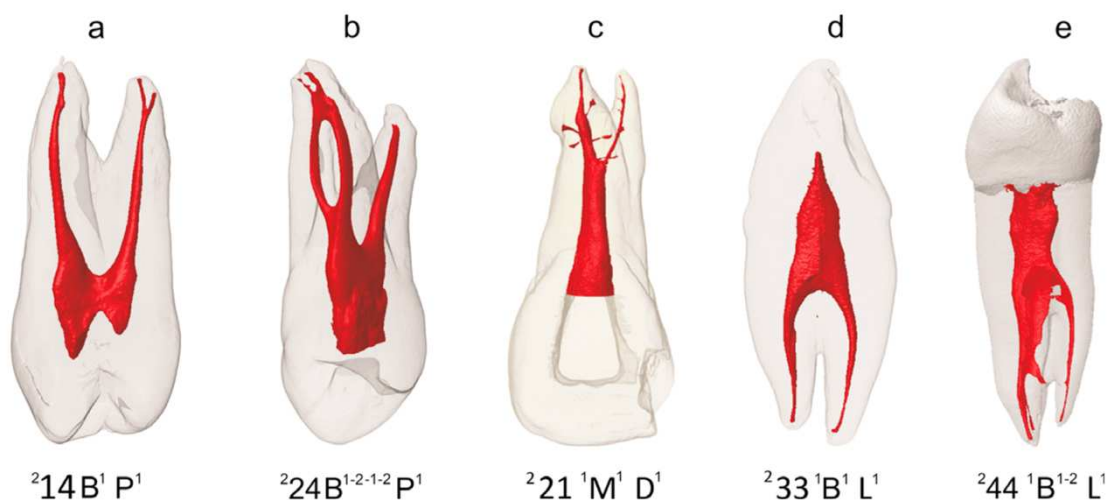


Figure 15. Autres exemples de morphologies canales classées selon la classification de Ahmed (6).

Dans ces exemples (Fig.15) les lettres B (buccal), P (palatin), M (mésial), D (distal) sont ajoutées. Elles permettent une meilleure représentation spatiale. La dent (d) est la dent n°33, elle a deux racines avec un canal unique au niveau de l'entrée canalaire qui se divise en deux canaux vestibulaire (buccal) et lingual (dans chaque racine) se finissant chacun par un foramen unique (6).

A l'avenir, il serait intéressant de trouver dans les rapports de cas les configurations canalaires selon la classification d'Ahmed afin de pouvoir établir un lien entre certaines anatomies endodontiques et le risque d'accident d'irrigation.

#### 1.2.1.4 Un système endodontique complexe

Les différentes classifications ont mis en évidence le fait que le système endodontique est imprévisible. En conséquence, l'examen clinique et la radiographie rétro alvéolaire sous différents angles (ortho-centrée comme mésio ou disto-excentrée), associée au cone beam donnant une idée de la configuration du système canalaire en 3D, apparaissent comme des examens complémentaires primordiaux à la réussite de tout traitement endodontique. Il contribue à détecter de nombreuses variations anatomiques tels que les canaux accessoires et latéraux, les diamètres apicaux importants, les dens in dente, les canaux en C (généralement retrouvés sur les secondes molaires mandibulaires), résultants de la fusion des canaux mésial et distal (Ahmed et Dummer, 2017) mais aussi les erreurs commises auparavant tel que les butées et perforations ainsi que les différentes anomalies génétiques (7).

## 1.2.2 Exemples d'anatomies complexes et inhabituelles

### 1.2.2.1 Dilacération radiculaire

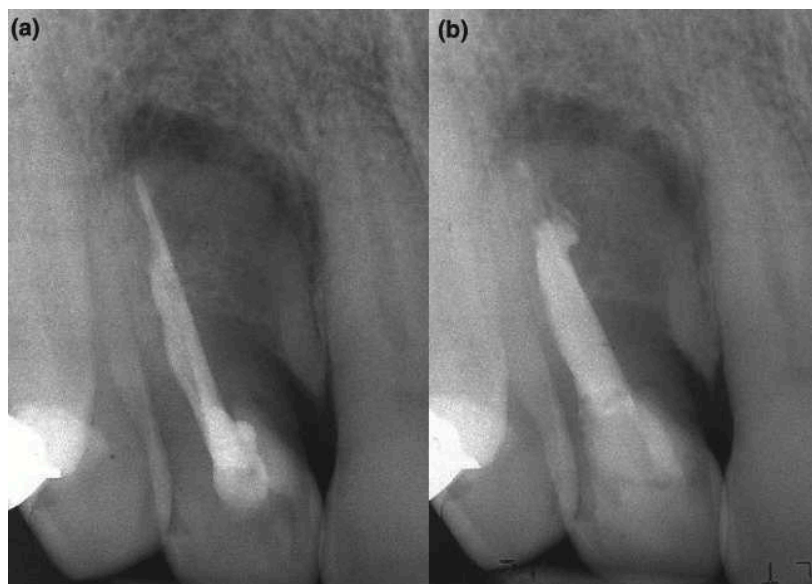
La dilacération radiculaire (Fig. 16) se caractérise par le fait que la racine de la dent présente une courbure très accentuée, formant un angle égal ou supérieur à 90° entre le grand axe de la dent et le reste de la racine. Cela complique certains gestes tel que la traction orthodontique, l'extraction ou encore le traitement endodontique. Elle est souvent retrouvée au niveau des incisives centrales maxillaires (8,9).

Lorsque la dilacération de la racine prend une direction mésiale ou distale, elle est parfaitement identifiable sur la radiographie (Fig. 17/18). La dilacération peut également prendre une direction vestibulaire ou linguale. Une image radioclaire apparaît alors au milieu de la racine et forme ce qui est appelé le phénomène de "bull's eye" (8).

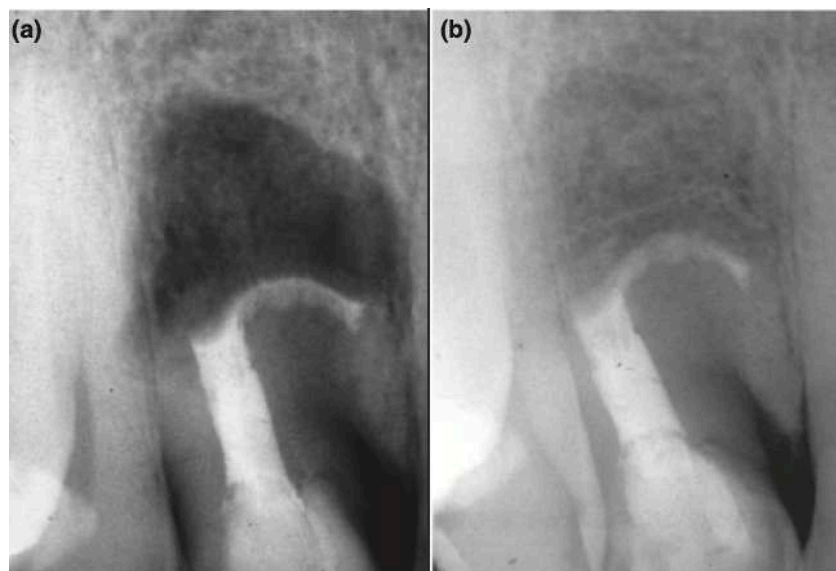


*Figure 16. Radiographie rétro alvéolaire mettant en évidence le phénomène appelé "bull's eye" sur une incisive centrale maxillaire portant une dilacération radiculaire (10).*

Le traitement de ce type de dent représente un challenge endodontique important. Une fausse route, une buté ou même une perforation peut vite arriver du fait de la complexité initiale du cas ce qui limiterait grandement les chances de guérison et pourrait entraîner d'autres complications directement liées aux procédures de désinfection canalaire tel que l'irrigation (9).



*Figure 17. Radiographies rétro alvéolaires d'une incisive latérale maxillaire traitée endodontiquement montrant une fausse route (a), la même dent retraitée (b) (9).*



*Figure 18. Radiographie rétro alvéolaire de cette même incisive latérale maxillaire traitée dans un deuxième temps chirurgicalement (a) permettant sa cicatrisation (b) (9).*

### 1.2.2.2 Fusions et géminations dentaires

La gémination dentaire résulte de la tentative du bourgeon dentaire de se diviser. Elle aboutit à la formation de deux couronnes souvent séparées par un sillon avec une seule racine. L'origine de cette anomalie morphologique n'est pas parfaitement connue mais serait en grande partie génétique, raciale ou encore d'ordre environnemental.

Elle touche généralement les incisives et canines ou une dent normale avec une surnuméraire (11).

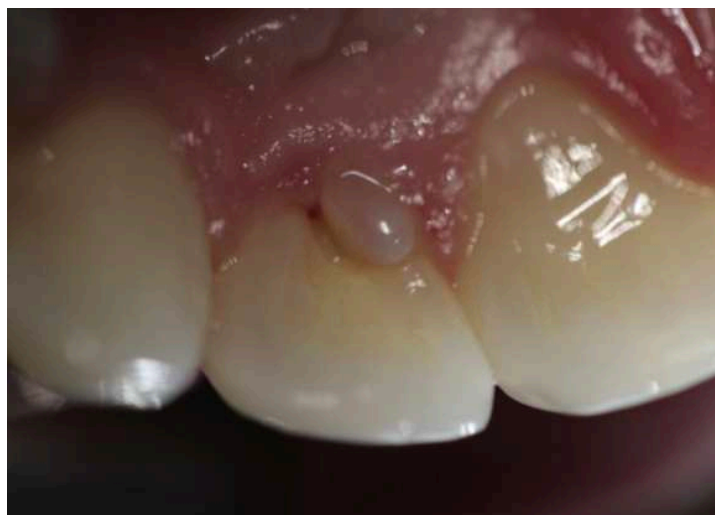


*Figure 19. Photographie clinique et radiographie rétro alvéolaire d'une incisive centrale maxillaire ayant subi une gémination (12).*



*Figure 20. Radiographie rétro alvéolaire d'une seconde molaire mandibulaire atteinte de gémination ; cette radiographie lime en place effectuée lors du traitement endodontique met en évidence la complexité du système endocanalaire d'une dent géminée (13).*

La fusion dentaire est définie comme l'union de deux dents par l'émail ou par la dentine ces deux dents ne partagent pas le même système canalaire. Elle touche principalement les dents antérieures temporaires et est souvent confondue avec la gémination (14–16).



*Figure 21. Photo endobuccale montrant la fusion entre l'incisive latérale maxillaire droite et une dent surnuméraire (15).*

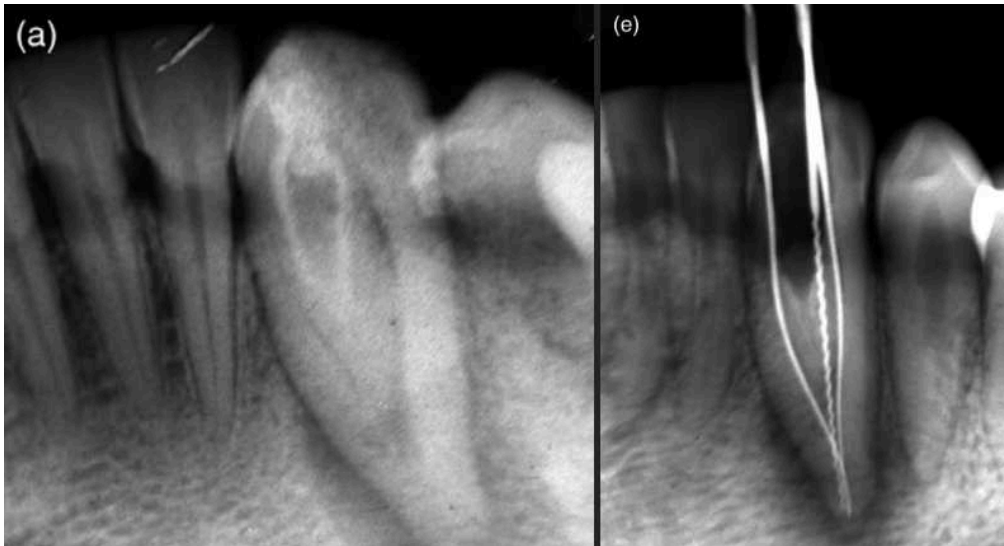


*Figure 22. Radiographie rétro-alvéolaire finale du traitement endodontique de la dent surnuméraire fusionnée à une incisive latérale maxillaire droite (15).*

La radiographie (Fig.22) met en évidence la fusion des deux dents au niveau coronaire qui, cependant conservent chacune leur propre racine.

### 1.2.2.3 Dens in dente ou dens invaginatus

La dens in dente est une malformation survenant au cours du développement de la dent, touchant le plus souvent les incisives latérales maxillaires permanentes et ayant une prévalence comprise entre 0,04 et 10% (17,18).



*Figure 23. Radiographies rétro alvéolaires mettant en évidence la complexité de l'anatomie endodontique d'une dens in dente sur une canine mandibulaire (17).*



#### 1.2.2.4 Dens evaginatus

La dens evaginatus est une anomalie se caractérisant par la présence d'un tubercule amélo-dentinaire sur la face occlusale d'une dent. Ce tubercule (Fig.24) est le plus souvent retrouvé sur la face occlusale des prémolaires mandibulaires ou sur la face palatine de dents antérieures. Il est souvent victime de fracture entraînant une nécrose pulpaire asymptomatique (Fig.25).

Cette anomalie a une prévalence plus élevée dans les populations asiatiques notamment chez les inuits (19,20).



*Figure 24. Photo endobuccale centrée sur les prémolaires mandibulaires droites, les tubercules amélaire caractéristiques sont visibles sur les faces occlusales des dents (20).*



Figure 25. Radiographie rétro-alvéolaire montrant une radio clarté apicale signe d'infection à l'apex de la dent n°44 présentant une dens evaginatus (20).

#### 1.2.2.5 Taurodontisme

Le taurodontisme est une anomalie morphologique dentaire caractérisée par une chambre pulpaire plus volumineuse associée à une furcation positionnée plus apicalement par rapport à la moyenne impliquant un raccourcissement des racines. Cette anomalie touche principalement les molaires permanentes. Plusieurs degrés de sévérité sont observés, on parle d'hypo-, de méso- ou encore d'hyper-taurodontisme en fonction de l'atteinte (Fig.26).

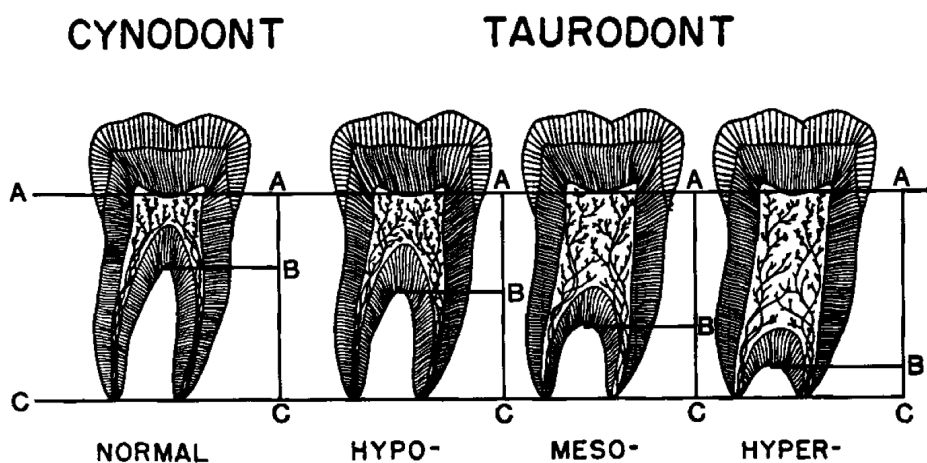
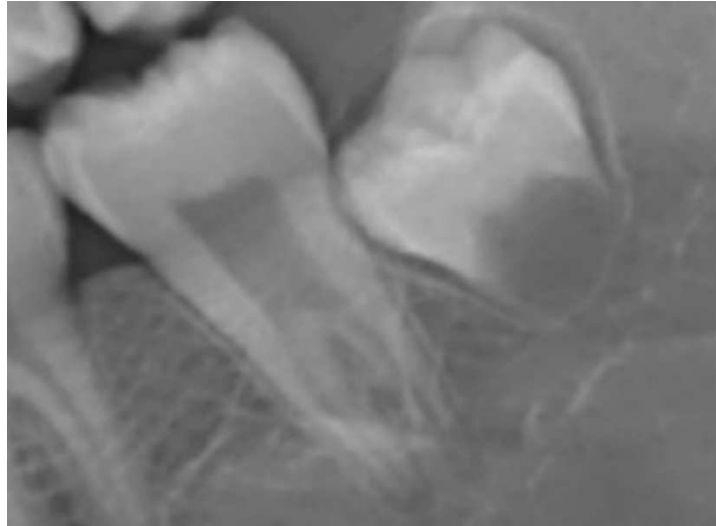


Figure 26. Schéma montrant différents degrés de taurodontisme (21).

Cette morphologie dentaire particulière est retrouvée chez certains patients présentant des malformations ou syndromes tel que l'hypophosphatasie, la trisomie 21 ou encore le syndrome de Klinefelter. Le taurodontisme est également retrouvé chez les patients atteints d'amélogénèse imparfaite de type IV (21–23).



*Figure 27. Panoramique coupée et centrée sur la dent n°37 présentant un taurodontisme (23).*

### 1.2.2.6 Canaux en C

Les canaux en C sont appelés ainsi car ressemblant à la lettre C lorsque l'on effectue une coupe transversale de leur racine. La principale caractéristique de ces canaux est la présence d'isthmes rejoignant les différentes entrées canalaires. La plupart du temps ces canaux sont retrouvés sur les molaires maxillaires et mandibulaires ainsi que sur les prémolaires mandibulaires. (24–26).



*Figure 28. Coupe transversale d'une racine de molaire mandibulaire, coupe réalisée à mi hauteur radiculaire mettant en évidence un canal en C (X25) (25).*

Sur cette coupe (Fig.28), les canaux sont instrumentés mais des restes de tissus pulpaire et de débris sont visibles entre ces derniers.

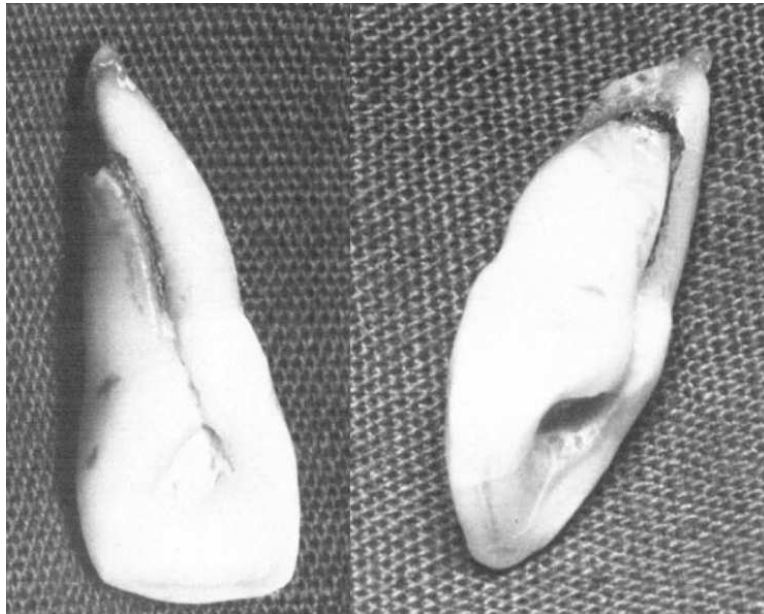
Ces canaux représentent un réel challenge pour le praticien du fait de la complexité d'instrumentation, de désinfection et d'obturation étanche (Fig.28) (26).



*Figure 29. Radiographie rétro-alvéolaire montrant l'obturation d'un canal en C sur une molaire mandibulaire (24).*

### 1.2.2.7 Sillons palatins

Le sillon palatin est une anomalie de développement dentaire touchant 8.5% de la population. Comme beaucoup des anomalies et malformations dentaires, elle touche les incisives maxillaires et le plus souvent les latérales (93,8% des cas). La plupart du temps ce sillons débute au niveau du cingulum pour continuer le long de la racine en direction apicale (27–29). Les complications parodontales sont largement répertoriées dans la littérature cependant des complications endodontiques sont également possibles. Notamment lorsque le sillon est tellement profond qu'il communique avec le système endodontique (Fig.30), le développement de micro-organisme au sein de la pulpe est alors possible induisant sa nécrose (28,30).



*Figure 30. Incisive latérale gauche extraite permettant d'observer le sillon palatin partant du cingulum jusqu'aux 2/3 apical, communiquant avec le réseau le système canalaire (30).*

### 1.2.2.8 Résorptions et perforations canales

La résorption dentaire est un processus physiologique lors de la résorption radiculaire des dents temporaires. Elle peut également être un processus pathologique résultant de la perte de tissus durs de la dent permanente.

Il existe trois grands facteurs nécessaires aux résorptions aussi appelés « triade de la résorption » (Fig. 31), la rupture de la barrière naturelle tissulaire, un facteur de stimulation et une vascularisation des cellules clastiques (31,32).

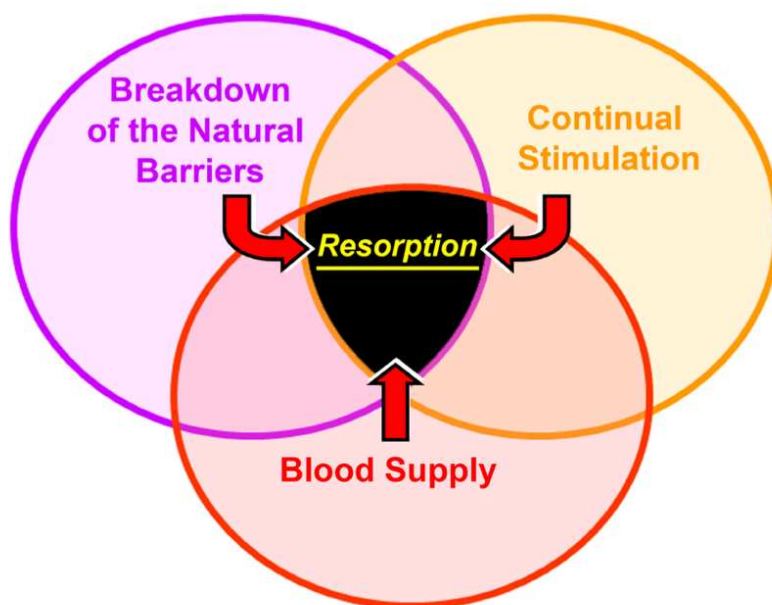


Figure 31. Schéma de la "triade de la résorption" (31).

Les barrières naturelles peuvent être externes comme le cément et le ligament parodontal ou internes comme les odontoblastes et la prédentine. Les facteurs de stimulations induisant une résorption dentaire peuvent être la rupture du ligament parodontal lors d'un trauma tel qu'une extrusion puis ré implantation, la présence de bactéries dans la système endodontique, de kyste ou encore de tumeurs (31,33).

Il existe onze grands types de résorptions décrite dans la littérature et répartis en résorption interne ou externe (Fig.32).

Internal tooth resorption	External tooth resorption
1. Internal surface resorption	1. External surface resorption
2. Internal inflammatory resorption	2. External Inflammatory Resorption (a) Apical (b) Lateral
3. Internal Replacement Resorption	3. External Replacement Resorption (a) Transient (b) Progressive
	4. External Invasive Resorption
	5. External Pressure Resorption
	6. Orthodontic Resorption
	7. Physiological Resorption
	8. Idiopathic Resorption

*Figure 32. Les onze types de résorptions différents selon leur processus pathologique ou physiologique (31).*



*Figure 33. Radiographie rétro-alvéolaire mettant en évidence une résorption inflammatoire externe d'une incisive centrale maxillaire droite (31).*





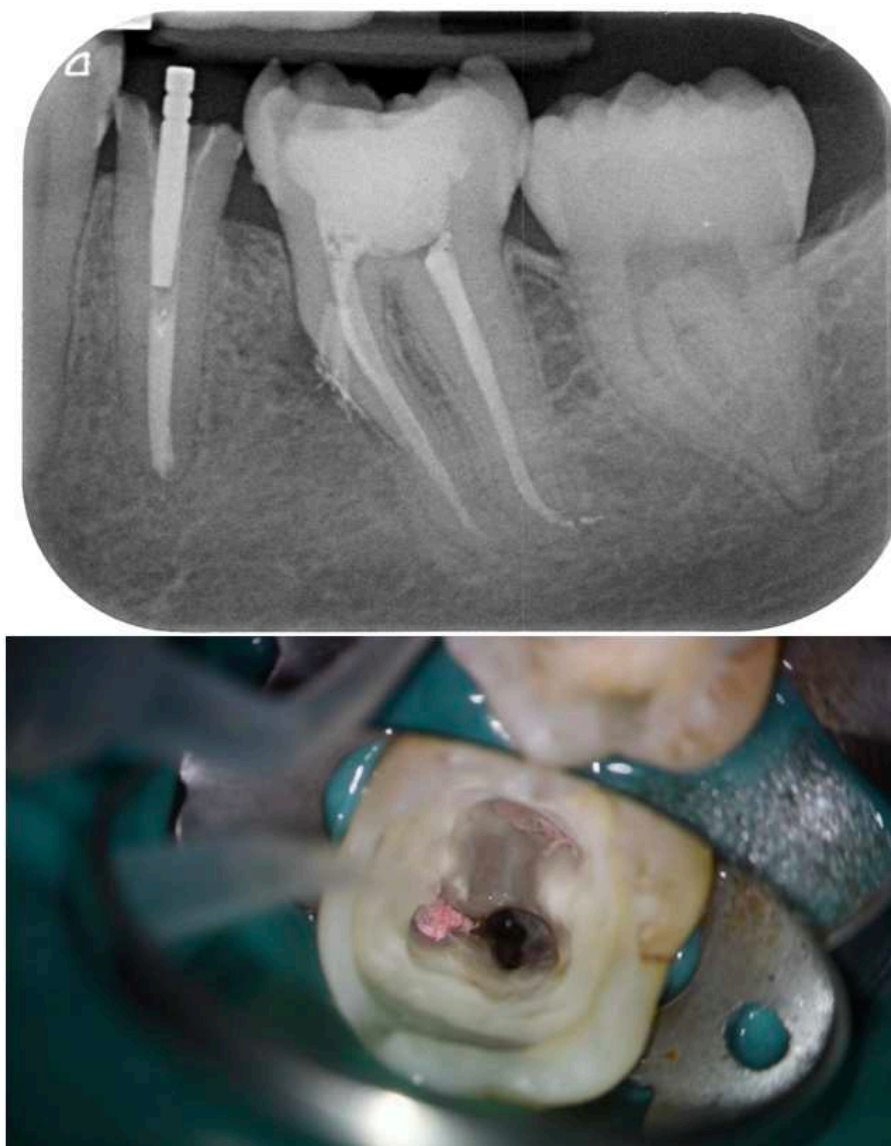
*Figure 34. Radiographie rétro-alvéolaire mettant en évidence une résorption inflammatoire interne induite par la nécrose de la pulpe d'une incisive centrale maxillaire droite (34).*



*Figure 35. Photo endobuccale centrée sur les incisives centrales maxillaires mettant en évidence un "pink spot" sur la dent n°21, signe pathognomonique d'une résorption de remplacement interne (34).*

Une perforation résulte de la destruction de la barrière naturelle de la dent qu'est la dentine créant une communication entre l'endodonte et les tissus péri-radicaux. Elle compromet grandement la santé de la dent au long terme (35).

La plupart des perforations résultent d'erreurs de procédures instrumentales pouvant se produire à plusieurs moments tels que lors de la cavité d'accès, de la recherche des entrées canalaux mais aussi lors de la préparation des canaux (Fig.38) ou de l'obturation (Fig. 36) (35,36).



*Figure 36. Radiographie rétro-alvéolaire et vue clinique occlusale d'une 36 mettant en évidence la perforation du canal mésio-vestibulaire par des compacteurs de Mac Spadden (Courtoisie du Dr A. Gambiez).*



*Figure 37. Perforation radiculaire à la suite de la préparation canalaire pour la réalisation d'un inlay-core (35).*

Ces résorptions/perforations sont à repérer avant tout début de traitement ou retraitement endodontique du fait de leur grand risque d'accident d'irrigation. Dans ces situations, le système canalaire est souvent en communication directe avec les tissus environnants ce qui, en cas de non-anticipation peut engendrer des dépassements de solution d'hypochlorite de sodium (37). La réalisation de radiographies selon différentes incidences permet d'éviter de passer à côté du diagnostic de perforation/résorption. Le localisateur d'apex apparaît également comme un outil intéressant permettant de confirmer la présence de perforation radiculaire (35).

### 1.2.2.9 Dents immatures

Lorsque la dent n'a encore pas terminé son édification radiculaire, cette dernière est considérée comme immature. Ces dents représentent un réel défi lors de leur traitement endodontique du fait de leur large ouverture apicale (Fig.38). Ces difficultés se posent aussi bien au moment de la recherche de la longueur de travail qu'au moment de la préparation canalaire et de sa désinfection (38).



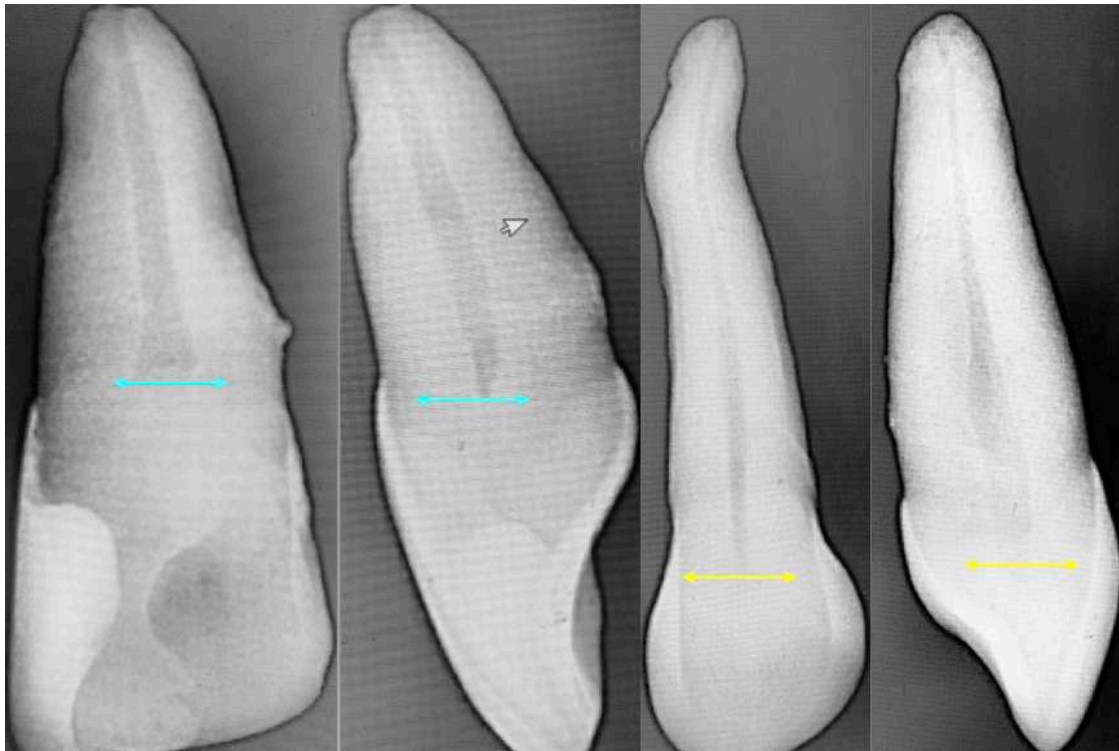
*Figure 38. Radiographie rétro-alvéolaire centrée sur les incisives centrales maxillaires permettant d'observer l'ouverture apicale des dents immatures n°11 et 21 (39).*

Ces dents ont un plus grand risque d'accident d'irrigation. Une large ouverture apicale étant un des facteurs les plus importants revenant souvent lors d'accidents d'irrigation dans la littérature (37).

Par ailleurs, il est important de rappeler que toutes les dents présentent un diamètre apicale différent et doivent donc être préparés différemment en fonction de la situation clinique (Fig.39/40). Par conséquent le risque d'extrusion de solution d'hypochlorite de sodium ne concerne pas uniquement les dents immatures.

	Incisive centrale	Incisive latérale	Canine	Prémolaires	Molaires	
Maxillaire	35-60	25-40	30-50	25-40	√ MV et DV	√ P
					25-40	25-50
Mandibule	25-40	25-40	30-50	30-50	√ MV et ML	√ D
					25-40	25-50

*Figure 39. Diamètres recommandés pour la préparation apicale finale selon J. Gutman (40).*



*Figure 40. Radiographies rétro-alvéolaires mettant en évidence la différence de diamètre apicale de deux incisives maxillaires (Courtoisie du Dr A. Gambiez).*

Toutes ces anatomies complexes et anomalies génétiques ne présentent pas nécessairement un risque immédiat d'incidents. C'est surtout le traitement de ces dents avec une anatomie endodontique complexe, sans une solide maîtrise des connaissances nécessaires, qui entraîne fréquemment des erreurs favorisant ces accidents d'irrigation.

## 2 Intérêt de l'irrigation en endodontie

### 2.1 Microbiologie endodontique

Les bactéries sont impliquées dans la plupart des situations observées au fauteuil, elles sont à l'origine des signes cliniques rapportés par nos patients.

La contamination bactérienne du système endodontique peut survenir de différentes façons dont la plus courante est la carie. Elle peut être résumée par la rupture de la barrière physiologique constituée par l'émail et la dentine, par l'intermédiaire d'un processus de déminéralisation entraînant la colonisation de l'endodonte menant à la nécrose pulpaire ainsi qu'à la parodontite apicale (41).

Le but premier du traitement endodontique est l'élimination de ces bactéries.

Environ cinq cents espèces bactériennes ont été recensées à ce jour, impliquées dans les infections endodontiques. Une trentaine de ces dernières sont considérées comme les plus importantes, retrouvées dans la majorité des cas.

La plus grande partie des bactéries retrouvées lors de primo-infections péri-apicales sont anaérobies strictes. Lors de réinfection, les bactéries anaérobies facultatives prédominent. Ces bactéries s'organisent en communauté au sein d'un biofilm le long des parois canalaires (42).

#### 2.1.1 Biofilm bactérien

Le biofilm est la principale forme sous laquelle les bactéries sont retrouvées dans la nature. Il est composé d'une matrice polysaccharidique extracellulaire sécrétée directement par ces microorganismes, les emprisonnant et leur conférant de nouvelles propriétés notamment au niveau de leur phénotype, de leur croissance ainsi qu'au niveau de la transcription de leur gène et de leur pathogénicité globale. Cette configuration leur confère un avantage considérable du point de vue de leur résistance au milieu extérieur (43,44). Les bactéries s'organisent au sein du biofilm sous forme de micro-colonies réparties de manières spécifiques et reliées entre elles par des canaux d'eau. Ces dernières ne représentent que 10% de la masse totale du biofilm. La majorité du biofilm bactérien étant représentée par la matrice polysaccharidique extracellulaire, il convient alors de se pencher sur son rôle. Cette matrice permet aux

bactéries d'adhérer aux surfaces et de garantir la stabilité mécanique de l'ensemble. Elle favorise également la proximité entre les espèces permettant ainsi le « quorum sensing » et les échanges génétiques. Elle est source d'eau et de nutriments permettant leur développement continu. Pour finir, elle contribue grandement à leur résistance au milieu et à l'hôte (45).

Le « quorum sensing » est le principal mécanisme d'échange entre bactéries, leur permettant de contrôler leur densité et la transcription de leur facteur génétique dans certains cas bien précis (46).

Molven et al. ont pu observer une organisation similaire à celle de biofilms bactériens couramment retrouvés dans la nature, au niveau du tiers apical de canaux observés au microscope (47).

La formation du biofilm endodontique serait également comparable à la formation d'autres biofilms, à savoir la colonisation d'une surface initiée par des bactéries présentes à l'état planctonique à l'origine. Ce biofilm est permis par la nécrose pulpaire consécutivement à son inflammation, pouvant être causée par une lésion carieuse profonde par exemple. La nécrose du tissu pulpaire ainsi que la colonisation bactérienne progressive se fait en direction apicale. Certaines bactéries retrouvées au sein de biofilm de caries profondes sont également présentes lors d'infection primaire du système endodontique. Il semblerait que de nouvelles espèces viendraient ensuite s'ajouter au biofilm déjà existant via la salive (45).

## 2.1.2 Micro-organismes endodontiques

### 2.1.2.1 Infections endodontiques primaires

Lors de la contamination primaire de l'endodonte qui initialement est stérile, de nombreuses bactéries sont retrouvées, notamment des bactéries de type coque et bâtonnet (48).

Des spirochètes et des bactéries filamenteuses sont également présentes mais en moins grand nombre. Les cocci sont observées dispersées dans un maillage de bâtonnets mais aussi en formant des micro-colonies entre elles. Des micro-colonies sont également retrouvées chez les bâtonnets (47). Des champignons sous forme de levures peuvent également occuper l'espace le long des murs canalaires ainsi que des archées (42,49).

Les phylums les plus représentés concernant les bactéries responsables des infections endodontiques sont (45,50) :

- Les firmicutes ;
- Les bactéroïdota (anciennement bactéroïdètes) ;
- Les spirochètes ;
- Les fusobacteriums ;
- Les actinobactéries ;
- Les protéobactéries ;
- Les synergistota (anciennement synergistetes).

Shin et al., dans une étude plus récente datant de 2018, parlent de bactéries faisant parties des genres Prevotella, Fusobacterium, Parvimonas, Lactobacillus, Streptococcus et Porphyromonas (51).

D'autres études ont permis au fil des années d'identifier les principales bactéries responsables d'infections endodontiques primaires, il a été choisi de les classer comme suit (Tableau n°1) :

Bactéries Gram négatif	Bactéries Gram positif
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Fusobacterium nucleatum</li> <li>● Porphyromonas endodontalis</li> <li>● Porphyromonas gingivalis</li> <li>● Les Dialister</li> <li>● Les Prevotella (ex. P. nigrescens)</li> <li>● Les Tannerella forsythia</li> <li>● Les Treponema</li> <li>● Les Campylobacter</li> <li>● Les Veillonella</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Les Parvimonas micra</li> <li>● Filifactor alocis</li> <li>● Pseudoramibacter alactolyticus</li> <li>● Olsenella uli</li> <li>● Les Actinomyces</li> <li>● Les Streptococcus</li> <li>● Les Propionibacterium</li> <li>● Les Cutibacterium acnés</li> <li>● Les Eubacteriums</li> </ul>

*Tableau 1. Les principales bactéries responsables d'infections endodontiques primaires réparties selon les Gram (52–57).*



La prédominance des bactéries anaérobies lors d'infections endodontiques primaires est également mise en évidence au sein de ces études, tout comme le fait de retrouver *F. Nucleatum* de façon récurrente (58).

#### 2.1.2.2 Infections endodontique secondaires

Une infection endodontique secondaire survient lorsque la dent a déjà été traitée endodontiquement. Elle peut être le résultat de difficultés rencontrées lors du traitement initial telles que l'oubli d'un canal, l'impossibilité de traiter mécaniquement l'entièreté d'un canal ou encore la difficulté de contrôle de l'asepsie. Elle peut également découler d'un problème d'étanchéité de restauration après le traitement (58). Quelle que soit la cause de cette infection, elle tire toujours son origine de microorganismes présents au sein du système endodontique et ayant résisté au traitement. La flore bactérienne la plus retrouvée lors d'infections endodontiques secondaires est principalement constituée de bactéries à Gram positif et anaérobies facultatives, très résistantes. La plus retrouvée est *Enterococcus Faecalis*, contrairement aux primo-infections formées de populations de bactéries à Gram positif mais aussi à Gram négatif anaérobies (59,60). Les entérocoques sont des bactéries commensales, retrouvés chez l'humain au niveau intestinal, vaginal mais aussi buccal. Ces microorganismes sont hautement résistants aux antibactériens en raison de leur grande capacité de mutation. Ils acquièrent des gènes de résistances aux antibiotiques, ce qui en fait aujourd'hui des bactéries beaucoup trop impliquées dans les maladies nosocomiales (56,61). C'est au sein de cette espèce que l'on retrouve *E. Faecalis*, responsable de 90% des infections impliquant les entérocoques (62). *E. Faecalis* n'est pas retrouvée en grand nombre lors des infections primaires. Cet environnement ne lui permet pas d'évoluer de manière convenable. Cette bactérie présente cependant une grande résistance aux antibactériens et à des médicaments tels que l'hydroxyde de calcium, lui permettant de prospérer au sein du canal après sa désinfection (63). Des études ont également mis en évidence la présence de *Candida albicans* au sein de canaux traités (60).

## 2.2 Utilisation des solutions d'irrigation en endodontie

### 2.2.1 Rôle fondamental de l'irrigation canalaire

L'irrigation joue un rôle central en endodontie. C'est l'un des trois piliers énoncés par H. Schilder. La désinfection permet d'éliminer les microorganismes ayant colonisé le système canalaire ainsi que les restes de tissus nécrotiques et la boue dentinaire s'accumulant lors de la préparation canalaire (64). Aujourd'hui la solution d'irrigation la plus utilisée en endodontie est l'hypochlorite de sodium commercialisé sous différentes concentrations qui varient entre 0,5% et 5,25%.

D'autres solutions sont également retrouvées telles que les solutions à base de chlorhexidine, d'EDTA ou encore d'H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

Ces solutions ont pour point commun d'être toutes utilisées dans l'optique d'éliminer les bactéries du canal ayant ou pouvant entraîner une parodontite apicale.

#### 2.2.1.1 Préparation mécanique ; un prérequis essentiel à la désinfection canalaire

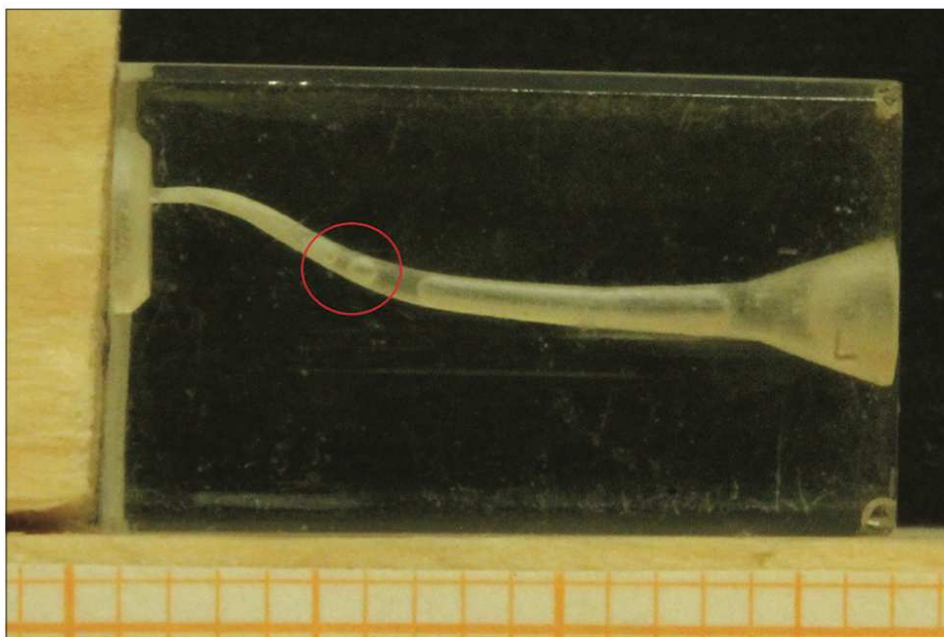
La préparation canalaire est le premier des trois grands piliers de l'endodontie (H. Schilder), elle contribue à obtenir une forme conique du canal sur l'entièreté de sa longueur afin de permettre à la solution d'irrigation d'atteindre sa partie apicale et de se renouveler mais aussi de recevoir le matériau d'obturation final. Cette étape, bien que primordiale, n'est pas suffisante. Une revue de littérature datant de 2005 concernant la suppression des infections endodontiques par l'instrumentation et l'irrigation montre que la préparation canalaire seule, qu'elle soit manuelle ou mécanisée, ne permet en aucun cas la désinfection totale du réseau canalaire. Celui-ci, d'une grande complexité anatomique, en particulier dans le tiers apical, nécessite une irrigation associée (64,65).

#### 2.2.1.2 Irrigation canalaire

L'irrigation manuelle est la méthode la plus répandue en endodontie. Elle est réalisée à l'aide d'une seringue et d'une aiguille spécifique. Simple à mettre en œuvre et de faible coût, elle permet de garder la main sur certains paramètres importants tel que l'enfoncement de l'aiguille dans le canal. Il a été démontré que le débit d'irrigation le plus efficace est obtenu lorsque l'aiguille est placée à 3 mm de l'apex pour un canal

préparé à un diamètre 30 et que lorsque l'aiguille était placée plus loin, il fallait augmenter le diamètre de préparation (66). Le choix du type d'aiguille et de son calibre est crucial. Les aiguilles de calibre 30 à ouverture latérale ont montré de meilleurs résultats car l'ouverture fait directement face aux parois canalaires. On obtient donc une plus grande surface de contact contrairement aux aiguilles ouvertes et biseautés faisant directement face à l'apex (67). Ces recommandations sont importantes à prendre en compte avant le début d'un traitement endodontique pour éviter tout accident d'extrusion de solution d'irrigation au-delà de l'apex.

Cette technique présente cependant également des inconvénients. En effet, elle entraîne un phénomène appelé "vapor lock effect" qui diminue l'efficacité de l'irrigation (Fig.41). Le phénomène correspond à la formation de bulles d'air dans le canal bloquant ainsi l'action de l'irrigant au-delà. Le tiers apical se retrouve alors moins bien irrigué (68).

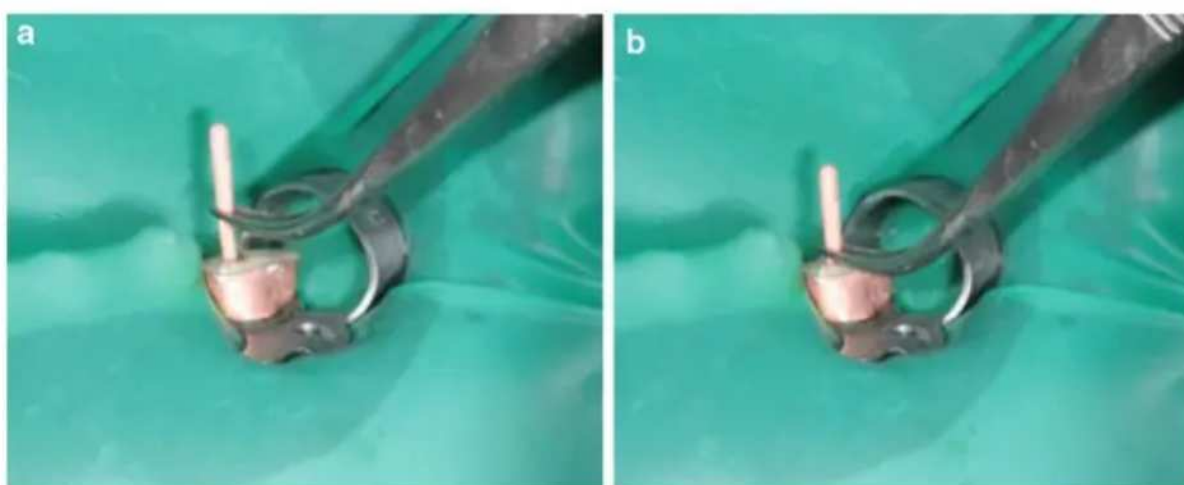


*Figure 41. "Vapor lock effect" au niveau d'un canal simulé dans un bloc de résine (Dioguardi et al., 2019) (69).*

Afin d'empêcher la formation de ce phénomène et d'activer le mieux possible la solution d'irrigation pour en tirer son plein potentiel, des stratégies complémentaires sont plus utilisées.

### 2.2.1.2.1 Activation dynamique manuelle ou MDA

L'activation dynamique manuelle est la technique d'activation la plus simple utilisée aujourd'hui, elle est également la plus économique. En effet, elle ne nécessite qu'un cône de Gutta-Percha (Fig.42). Le maître cône est introduit dans le canal préparé à LT -1mm et, à l'aide de précelles, des mouvements de va et vient d'environ 2mm d'amplitude sont effectués dans le canal rempli de solution d'irrigation pendant environ 1 minute. Ces mouvements permettent de créer une surpression intracanaulaire, favorisant la pénétration de la solution dans les endroits ne pouvant être instrumentés lors de la préparation canalaire (70,71).



*Figure 42. Agitation du maître cône à l'aide de précelles avec une amplitude de 2mm (71).*

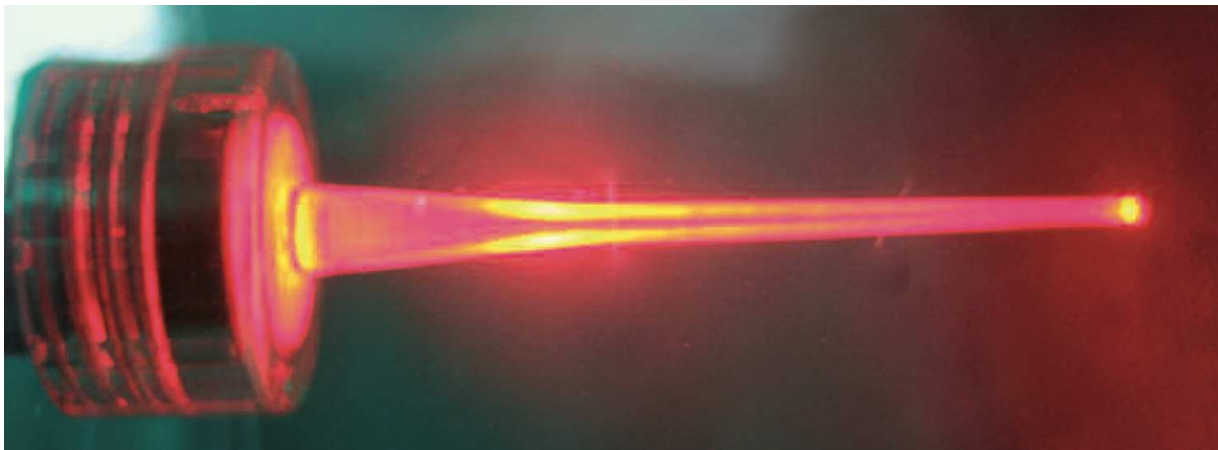
Cette technique apparaît comme très efficace, bien plus efficace que l'irrigation statique, elle se place même devant certains systèmes ayant comme seule vocation l'activation des irrigants tel que le RinsEndo® (72). L'activation manuelle est également décrite comme beaucoup plus efficace pour contrer le "vapor lock effect" en comparaison à l'irrigation passive ultrasonore décrite ci-dessous (69).

#### 2.2.1.2.2 Irrigation passive ultrasonore ou PUI

L'irrigation passive ultrasonore ou PUI en anglais est une technique d'irrigation réalisée avec une lime K de petit diamètre. Des mouvements d'oscillations sont réalisés dans le canal aléatoirement et créant de micro-flux acoustiques au sein de la solution d'irrigation. L'activation amène la solution dans les endroits inaccessibles à la préparation mécanique et permet le débridement de ces zones (73). Le terme "passive" fait référence au fait que la lime introduite dans le canal est utilisée uniquement pour l'activation de l'irrigant et non pour la préparation canalaire. Cette technique est réalisée une fois le canal préparé. C'est grâce à cette préparation préalable que la lime K de petit diamètre peut être emmenée jusqu'au tiers apical et se déplacer librement afin de désinfecter la zone plus facilement. Par ailleurs, il a été démontré que la désinfection optimale était obtenue lors de l'utilisation de limes K 15 ou 20 pouvant osciller librement dans le canal (74). Un instrument ultrasonique permet de convertir une énergie électrique en onde ultrasonique d'une certaine fréquence déterminée par ce même instrument. A l'inverse, l'intensité peut être modifiée par le réglage de la puissance de l'instrument. Ces deux valeurs jouent un rôle important dans la transmission de l'énergie de la lime K en oscillation à la solution d'irrigation lors de son activation. L'oscillation de la lime dans le canal rempli de solution d'irrigation crée des flux acoustiques induisant un flux de cisaillement le long des parois canalaire contribuant au retrait des bactéries et débris dentinaires (75).

### 2.2.1.2.3 Activation photo-dynamique

Ce type de désinfection canalaire nécessite l'utilisation d'un agent chimique photosensibilisant ainsi que d'une source de photons tel qu'un laser ayant une longueur d'onde de 635nm permettant son utilisation avec un échauffement du milieu négligeable. Cet agent photosensibilisant (ou PS pour "photosensitizer") peut réagir lorsqu'il est au contact d'une source lumineuse de longueur d'onde définie par le laser utilisé afin de libérer au contact de l'oxygène ambiant des dérivés réactifs de l'oxygène (ROS "reactive oxygen species") parmi lesquels figurent le radical superoxyde ( $O^{\circ-}$ ), le radical hydroperoxyde ( $HO_2^{\circ}$ ), le radical hydroxyle ( $\cdot OH^{\circ}$ ) ainsi que le peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ) entraînant la mort des bactéries (76).



*Figure 43. Embout endodontique activé du système Aseptim plus® SciCan de chez MicroMega (76).*

Il existe aujourd'hui trois grands groupes d'agents photosensibilisants que sont les phénothiazines, les phtalocyanines et les porphyrines. On retrouve au sein des phénothiazines le bleu de méthylène et le bleu de toluidine aussi connu sous le nom de chlorure de tolonium. Ils ont des affinités plus ou moins grandes pour un type de bactéries donné (77,78). L'agent photosensibilisant est introduit dans le canal après son rinçage et séchage pendant 60 secondes, le temps qu'il puisse se fixer aux bactéries présentes puis un embout endodontique comme celui présenté ci-dessus (Fig.43) est placé dans le canal et activé pendant 30 sec (79). Cette technique de désinfection n'est cependant pas une alternative mais doit être uniquement utilisée en complément d'une irrigation conventionnelle (79,80). Cette dernière est en réalité très peu utilisée.

#### 2.2.1.2.4 PAD ou désinfection par photo-activation

La désinfection par photo-activation est différente de l'activation photo-dynamique, en effet contrairement cette dernière la désinfection par photo-activation résulte de l'activation d'une solution d'irrigation par un laser et non d'un agent sensibilisant. Le laser Erbium Yag est utilisé dans le cadre de cette technique de par sa longueur d'onde élevée (2940 nm). L'activation de la solution d'irrigation nécessite l'absorption de son énergie afin d'obtenir une augmentation de température et de pression permettant la formation d'un effet de cavitation. La désinfection par photo-activation résulte donc d'une action mécanique à travers cet effet de cavitation (81).

### **3 Différentes solutions d'irrigation**

Comme précédemment exposé, l'irrigation est la pierre angulaire, essentielle à la réussite du traitement endodontique. Les bactéries, en tant qu'acteurs majeurs dans la genèse de lésions péri-apicales, soulignent l'impératif absolu d'effectuer une désinfection minutieuse du système endodontique, y compris dans les zones difficiles d'accès, non accessibles à l'instrumentation mécanique. Ainsi, l'élaboration de solutions d'irrigation doit répondre à des critères rigoureux qu'il convient d'explorer dans les prochaines sections.

#### **3.1 Exigences fondamentales d'une solution d'irrigation en endodontie : les caractéristiques essentielles**

Dans la littérature scientifique dédiées (82–84), les caractéristiques optimales souhaitées d'une solution d'irrigation canalaire au cours d'un traitement endodontique sont fréquemment identifiées, parmi lesquelles figurent :

1. Un large spectre antimicrobien
2. Une haute efficacité contre les micro-organismes anaérobies et facultatifs organisés en biofilms mais aussi les bactéries sous forme planctoniques
3. La capacité à dissoudre les restes de tissu de la pulpe nécrotique, les tissus inorganiques et aider au débridement du système canalaire
4. La capacité à inactiver les endotoxines bactériennes
5. La capacité d'être un bon lubrifiant avec une faible tension superficielle pour pouvoir agir dans les endroits inaccessibles
6. La capacité à prévenir la formation de « smear layer » pendant l'instrumentation ou à dissoudre cette dernière une fois formée
7. Être non toxique lorsqu'il entre en contact avec des tissus vitaux ou en tous cas avoir un niveau de toxicité le plus bas possible, non caustiques pour le parodonte ainsi qu'un faible risque de déclencher une réaction anaphylactique
8. Une certaine stabilité chimique au contact des instruments et autres agents chimiques utilisés durant le traitement, il ne doit pas corroder les instruments
9. Ne pas affaiblir la structure de la dent lors de son utilisation ou ultérieurement
10. Un faible coût



En conclusion, on observe que la sélection d'une solution d'irrigation en endodontie ne se limite pas uniquement à sa capacité de désinfection, mais englobe une large gamme de caractéristiques qui convergent vers un seul et même objectif : le succès du traitement endodontique. L'application réfléchie de ces caractéristiques dans la pratique clinique assure une approche orientée vers l'efficacité et la sécurité.

### **3.2 Classification des solutions d'irrigation en endodontie : Agents chimiques et agents naturels**

Les solutions d'irrigation en endodontie peuvent être classés en deux catégories distinctes en fonction de leur composition et de leur origine : les agents chimiques et les agents naturels.

Parmi les agents chimiques, on retrouve les catégories suivantes :

1. Les agents de dissolution tissulaire ont comme chef de file l'hypochlorite de sodium (NaOCl)
2. Les agents oxydants avec comme principal irrigant le peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ )
3. Les agents antibactériens comme le MTAD® ou le Digluconate de Chlorhexidine
4. Les agents chélatants comme l'EDTA (acide éthylène diamine tétra-acétique)

Dans le groupe des agents naturels, on retrouvera le Triphala, le Propolis ou encore les polyphénols de thé vert (82). La liste des solutions traitées ci-après ne reflète en aucun cas l'entièreté de ce qui se trouve aujourd'hui dans l'arsenal thérapeutique de l'endodontiste. Le chapitre suivant se focalise sur les principales solutions d'irrigation et ayant fait leur preuve.

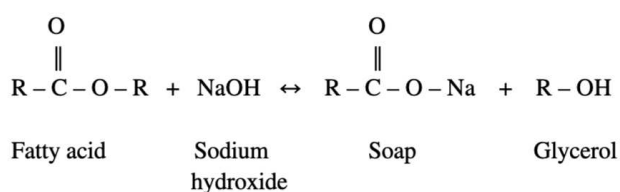
### 3.3 Hypochlorite de sodium

La naissance de l'hypochlorite de sodium débute dans les années 1780 avec l'étude des produits chlorés par un chimiste français, Claude Louis Berthollet. Une usine de produits chimiques voit le jour en 1784 dans l'ancien village de Javel (dans l'actuel 15<sup>e</sup> arrondissement de Paris). C'est là qu'est réalisée en 1787 une solution stable à base de potasse et de chlore gazeux appelée "Liqueur de Javel". Il faut attendre 1820 et l'arrivée d'un pharmacien allemand, Antoine Germain Labarraque, pour que la potasse soit remplacée par de la soude pour obtenir de l'hypochlorite de sodium communément appelée Eau de Javel. L'hypochlorite de sodium est dans un premier temps un produit de blanchiment avant de devenir petit à petit un désinfectant notamment pendant la première guerre mondiale durant laquelle, certaines blessures sont tamponnées avec une solution d'hypochlorite de sodium à 0,5%. C'est seulement 1 an après la fin de cette grande guerre que la solution est mentionnée comme potentiellement intéressante pour l'odontologie par Coolidge, soit près d'un siècle après sa découverte (83,85).

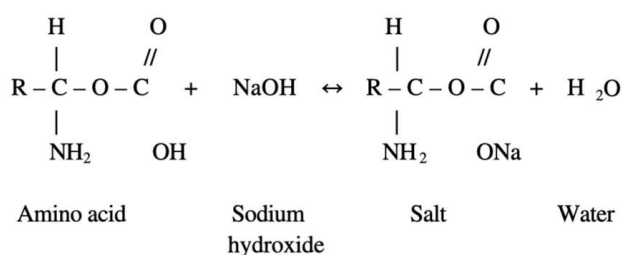
### 3.3.1 Propriétés fondamentales et mécanismes d'action de l'hypochlorite de sodium

L'hypochlorite de sodium est aujourd'hui le chef de file des solutions d'irrigation en endodontie grâce à ses propriétés antibactériennes et à sa grande capacité à dissoudre les corps nécrotiques dans le système canalaire préalablement préparé mécaniquement.

Scheme 1. Saponification reaction.



Scheme 2. Amino acid neutralization reaction.



Scheme 3. Chloramination reaction.

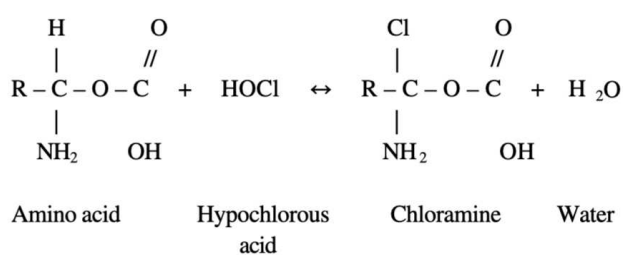


Figure 44. Les différentes réactions chimiques entre l'hypochlorite de sodium et des tissus organiques (86).

Comme le montre la réaction chimique n°1 (Fig. 44), l'hypochlorite de sodium au contact d'acides gras agit comme un solvant organique en les dégradant et, en les transformant en sels d'acides gras (savon) et en glycérol (alcool), réduisant la tension superficielle de la solution restante dans le canal. Cette première réaction transforme les acides gras en ce que l'on appelle plus communément du savon, nous sommes donc en présence d'une réaction de saponification. Dans la réaction n°2, l'hypochlorite

de sodium au contact d'acides aminés produit de l'eau et du sel en les neutralisant. Enfin, dans la troisième réaction, l'acide hypochloreux qui résulte de la sortie d'ions hydroxyles abaissant le pH, agit comme un solvant libérant du chlore au contact des tissus organiques. Se forment alors des chloramines combinés aux groupes aminoprotéiques. La formation de chloramine interfère avec le métabolisme cellulaire et le chlore, puissant oxydant, inhibe les enzymes bactériennes en oxydant leurs groupes -SH qui leurs sont essentiels.

L'hypochlorite de sodium agit sur le même principe que l'hydroxyde de calcium. La grande alcalinité de l'hydroxyde de calcium (pH autour de 12,5) établit un cadre hostile à la survie des agents endo-pathogènes présents à l'intérieur du système canalaire infecté. En solution aqueuse, l'hydroxyde de calcium se dissocie en calcium et en ions hydroxyles, radicaux libres hautement oxydants, induisant une peroxydation des lipides et plus largement une destruction des phospholipides membranaires. De plus, les enzymes évoluent normalement dans un environnement à pH autour de la neutralité (pH 7). Le pH hautement basique induit une rupture des liaisons ioniques qui maintenaient la configuration tertiaire des protéines. Cela se solde par une perte d'activité métabolique cellulaire (87).

En résumé, l'hypochlorite de sodium est un irrigant ayant un pH très élevé tout comme l'hydroxyde de calcium ce qui par le même processus, joue un rôle essentiel dans la modification du métabolisme cellulaire, dans l'inhibition irréversible des enzymes bactériennes, dans la perturbation de l'intégrité membranaire et plus largement dans la dégradation des phospholipides membranaires. Ces rôles dans l'inhibition enzymatique et dans l'interférence au niveau du métabolisme cellulaire sont expliqués dans la troisième réaction, dans laquelle on observe la formation de chloramines et un remplacement de l'hydrogène par le chlore au sein de la cellule bactérienne. L'hypochlorite de sodium démontre ainsi une activité antimicrobienne significative en ciblant spécifiquement les sites enzymatiques cruciaux chez les bactéries, ce qui aboutit à leur inactivation irréversible. En parallèle, il présente une grande aptitude à dissoudre les tissus organiques à travers une réaction de saponification (83,86).

### 3.3.2 Un puissant antibactérien et antifongique

L'effet antibactérien et antifongique de l'hypochlorite de sodium en tant que solution d'irrigation canalaire a été étudié in-vitro et in-vivo. Les champignons représentent une petite partie du microbiote buccal dont l'espèce la plus représentée est *Candida albicans*. Ils ne sont pas les organismes les plus retrouvés dans les infections endodontiques primaires même si de nombreuses recherches démontrent leur présence. En revanche, lors de réinfections, ces espèces sont bien plus représentées au sein des canaux obturés (88).

Dans une étude sur l'efficacité de trois techniques d'irrigation différentes à l'hypochlorite de sodium, Siqueira et al. démontre que l'irrigation dont l'objectif est la désinfection d'un canal infecté par *E. Faecalis* avec une solution d'hypochlorite de sodium à 4% est significativement plus efficace qu'une irrigation au sérum physiologique (89). Une autre étude menée par Byström et Sundqvist. démontre la même chose in-vivo. Elle est réalisée sur 50 dents mono-canales traitées sur cinq rendez-vous. La présence de bactéries est évaluée à chacun de ces derniers. Des dents sont irriguées avec une solution d'hypochlorite de sodium à 0,5% tandis que d'autres sont irriguées avec du sérum physiologique. Quand les canaux sont irrigués avec la solution d'hypochlorite à 0,5%, dans douze des 15 dents, aucune bactérie n'est retrouvée vivante contre huit dents sur quinze pour les dents traitées avec du sérum physiologique. Cette étude montre donc comme celle ci-dessus, que l'irrigation avec une solution à l'hypochlorite de sodium à 0,5% est plus efficace qu'une irrigation avec du sérum physiologique (90).

Gomes et al. démontre également que l'hypochlorite de sodium dans cinq concentrations différentes (0,5%, 1%, 2,5%, 4% et 5,25%) et la chlorhexidine gluconate sous deux formes et trois concentrations différentes (liquide/gel à 0,2%, 1% et 2%) ont un effet antibactérien plus ou moins rapide en fonction de leur concentration sur *E. Faecalis*. Le groupe témoin avec comme seule solution, du sérum physiologique n'a aucun effet sur les populations bactériennes présentes (91).

En 1986, Smith et Wayman mène une étude dans laquelle est testée l'efficacité de l'acide citrique à 25 et à 50% ainsi que celle de l'hypochlorite de sodium à 5,25% tout comme celle du sérum physiologique en tant que solution d'irrigation canalaire à des intervalles de temps de 5 et 15 min. Les résultats de l'étude indiquent que *Candida albicans* est l'organisme le plus résistant aux solutions d'irrigation et que la solution d'hypochlorite de sodium à 5,25% est efficace sur ce pathogène contrairement aux deux autres irrigants (92).

Ayhan et al. mènent une étude dans laquelle six solutions d'irrigation dont une solution de NaOCl à 5,25% sont testés sur plusieurs microorganismes dont *Candida albicans*. Ils démontrent également que l'hypochlorite de sodium est la seule solution efficace sur tous les microorganismes (93).

### 3.3.3 Hypochlorite de sodium et dissolution tissulaire

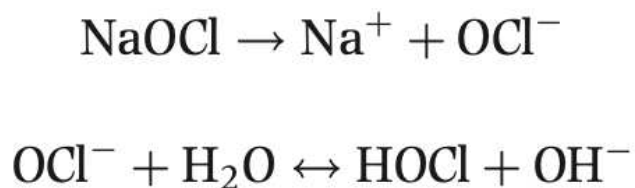
Une des grandes caractéristiques recherchées pour une solution d'irrigation est de dissoudre les restes de tissus organiques. Cela conditionne la réussite du traitement. Dans une étude dirigée par Hand et al., la capacité des solutions d'hypochlorite de sodium à différentes concentrations à dissoudre les tissus nécrotiques est évaluée. La solution à 5,25% est la plus efficace (94). Une autre étude de Clarkson et al. menée sur des pulpes d'incisives de porcs, aboutit aux mêmes conclusions (95).

### 3.3.4 Facteurs améliorant l'effet des solutions à l'hypochlorite de sodium en endodontie

#### 3.3.4.1 La concentration de la solution

Plusieurs études ont montré au fil des années les effets de la dilution des solutions de NaOCl sur ses propriétés antibactériennes et dissolvantes, il a été notamment montré que les propriétés des solutions à 5,25% diluées diminuaient par rapport à ces dernières non diluées (96). Cette variable se présente comme étant la plus importante lors de traitements endodontiques et conditionne son succès avec une désinfection efficace du système canalaire. Cela s'explique par différents processus.

Lorsque NaOCl pur est dilué avec de l'eau, il se produit la réaction suivante (Fig. 45) :



*Figure 45. Réactions entre l'hypochlorite de sodium et l'eau (97).*

Le chlore libre est alors réparti en acide hypochloreux (HOCl) et en ions hypochlorites (OCl<sup>-</sup>) qui sont en équilibre en fonction du pH de la solution. L'hypochlorite de sodium trouve son efficacité influencée par cet équilibre. En milieu alcalin, de par son puissant pouvoir oxydatif, le groupement OCl<sup>-</sup> est retrouvé en grande quantité. Cette molécule est responsable de la capacité de dissolution tissulaire de NaOCl. En milieu acide, HOCl prévaut avec un effet majoritairement bactéricide (97).

#### 3.3.4.2 La température

La température apparaît comme une variable importante influençant l'effet des solutions de NaOCl au cours du traitement endodontique. Une augmentation de 25°C de la solution augmente l'efficacité de la solution de NaOCl d'un facteur 100 (98). En jouant sur la température, deux concentrations différentes peuvent avoir la même efficacité. Une solution à 1% à 45°C a la même capacité de dissolution qu'une solution à 5,25% à 20°C (98).

L'utilisation d'ultrasons lors du rinçage final des canaux avec une solution de NaOCl à 5% augmente l'efficacité de cette dernière dans le tiers apical en dégageant de la chaleur par rapport à une activation avec une lime K ou un cône de gutta-percha (99,100). Cette technique accroît les mouvements moléculaires dans la solution, ce qui facilite les contacts intermoléculaires entre le chlore et les résidus de matières organiques (101). Lors de l'activation de la solution, deux phénomènes apparaissent : un phénomène de diffusion et un phénomène de convection. La diffusion résulte de mouvements aléatoires de molécules individuelles dans la solution. Elle est lente et dépend de la température ainsi que de la concentration de la solution d'irrigation tandis

que la convection est un phénomène plus rapide et plus efficace car les molécules ne se déplacent plus cette fois-ci aléatoirement mais grâce aux mouvements de la solution (101). C'est ce phénomène qui est le plus retrouvé lors de l'activation par ultrasons et qui permet le renouvellement permanent de la solution dans le canal (102). Le flux acoustique créé par les ultrasons permet d'emmener la solution d'irrigation dans tout le canal principal mais également dans les endroits inaccessibles à la préparation mécanique (103).

### 3.3.5 Temps d'action et dégradation de l'hypochlorite de sodium

Plusieurs études mettent en avant le fait de devoir renouveler souvent l'hypochlorite de sodium au sein du canal du fait de son inactivation rapide causée par les réactions chimiques impliquant les biofilms, débris dentinaires et pulpaires et les autres irrigants utilisés. C'est l'absence de chlore disponible qui mène à l'inactivation de la solution.

En 1962, la vitesse de réaction notée RR (reaction rate) de l'hypochlorite de sodium a été calculée en effectuant la différence entre la quantité de chlore disponible avant et après le temps d'exposition à de la dentine bovine. L'activation de la solution d'hypochlorite de sodium, en particulier l'augmentation de sa température conduit à une augmentation de la vitesse de réaction (97).

Il est estimé que l'hypochlorite non stabilisé perd 20% de sa concentration après 6 mois autrement dit, une solution à l'hypochlorite de sodium 5% non stabilisée aura une concentration approximative de 4% après 6 mois et continuera de baisser au fur et à mesure du temps. La solution restera tout de même active après 2 ans malgré une concentration plus faible.

L'hypochlorite stabilisé en revanche ne perd pas en concentration au fil du temps. La solution doit être stockée dans un flacon étanche à la lumière et entreposée dans un endroit à l'abri de la chaleur pour éviter toute dégradation.



## 3.4 Digluconate de chlorhexidine

La chlorhexidine fait partie de la famille des biguanides. Elle fût la première solution de désinfection admise de façon internationale à être utilisée aussi bien sur la peau que sur les blessures ou les muqueuses. Elle est aujourd'hui incontournable dans l'arsenal thérapeutique du chirurgien-dentiste, notamment dans le traitement des problèmes parodontaux. Elle se trouve le plus fréquemment en solution dont la concentration varie entre 0,12% et 0,20%. Toutefois, en endodontie, le digluconate de chlorhexidine est plutôt utilisé à la concentration de 2% sous forme de liquide ou de gel. Certaines études ne démontrent aucune différence d'efficacité entre ces deux formes (104). D'autres, au contraire, mettent en avant une plus grande efficacité d'action sous forme de gel. Celui-ci permettrait la dissolution des tissus organiques (105). La chlorhexidine est une base forte, plus active à pH alcalin qu'à pH acide. C'est une molécule chargée positivement hydrophobe et lipophile qui interagit avec la membrane bactérienne. Cette dernière, chargée négativement peut être traversée par des mécanismes de transports cellulaires (106). La variable la plus importante est la concentration de la solution. A faible concentration, elle a un effet bactériostatique. Plus concentrée, elle a un effet bactéricide causé par la coagulation du cytoplasme (107,108).

### 3.4.1 Activité antibactérienne et antifongique

Beaucoup d'études ont pu montrer au fil des années l'efficacité de la chlorhexidine sur les bactéries endodontiques. Öncü et al. dans une expérience comparant les propriétés antibactériennes de solutions de NaOCl à 5,25%, de digluconate de chlorhexidine à 2% et de digluconate de chlorhexidine à 0,2% avec 0,2% de cétrimide, mettent en évidence que ce dernier mélange est plus efficace la solution à l'hypochlorite de sodium. De plus, ces auteurs relatent le fait qu'il n'y a pas de réelle différence entre la solution de digluconate de chlorhexidine à 2% et celle de cétrimide à 0,2%. D'autres études (109), arrivent aux mêmes conclusions sur l'efficacité antifongique de la chlorhexidine, notamment sur *Candida albicans*. Cette efficacité est tout de même réduite lorsque la chlorhexidine entre en contact avec des substances organiques telles que des débris dentinaires (110). Par ailleurs, la chlorhexidine ne remplit pas une fonction essentielle recherchée pour les irrigants canalaires : la capacité de dissolution des tissus résiduels et nécrotiques. Plusieurs

études ont fait ressortir l'incapacité de la chlorhexidine à dissoudre des tissus. Celle d'Okino et al. en 2004, établit que la chlorhexidine a une efficacité similaire à celle du sérum physiologique en termes de dissolution du tissu pulpaire. Ces paramètres sont importants à considérer lors du choix de la solution d'irrigation canalaire. Une autre étude dirigée par Nadja Naenni et al., analyse six solutions d'irrigation différentes dont l'hypochlorite de sodium à 1% et la chlorhexidine à 10%. Au contact de tissus nécrotiques issus de la muqueuse palatine porcine, seul l'hypochlorite de sodium montre une réelle capacité de dissolution (111).

### 3.4.2 Substantivité antibactérienne et rémanence

La chlorhexidine possède une capacité intéressante dans le cadre des traitements endodontiques appelée substantivité antimicrobienne. Cette caractéristique se rapporte au pouvoir qu'ont les molécules de chlorhexidine de s'accrocher à la surface dentinaire et à celles des muqueuses et, d'avoir ainsi une activité microbienne rémanente. Cette propriété prévient et ralentit toute contamination du système canalaire pendant un certain temps (107).

Dans une étude menée par R.R. White et al., certaines dents irriguées par une solution de chlorhexidine 2% montraient une activité antimicrobienne 72h après leur traitement (112). On retrouve ces résultats dans plusieurs études comme celle de M.R. Leonardo et al., dont les résultats décrivent une rémanence de la chlorhexidine 2% 48h après le traitement instrumental du canal (113).

### 3.4.3 Interaction entre la chlorhexidine et l'hypochlorite de sodium

Lorsque la chlorhexidine entre en contact avec l'hypochlorite de sodium au sein du canal, un précipité contenant de la para-chloroaniline se forme. Ce composé chimique est décrit dans la littérature comme toxique, carcinogène et utilisé dans l'industrie des pesticides et de la teinture.

Une réaction d'acide/base s'effectue en présence de chlorhexidine 2% et d'hypochlorite de sodium à très faible pourcentage. Lorsque la solution d'hypochlorite de sodium dépasse une concentration à 0,19%, un précipité brunâtre apparaît et

devient de plus en plus sombre et épais au fur et à mesure que la concentration augmente (114,115).

De plus, il est démontré que ce précipité formé au sein du système canalaire affecte la perméabilité des tubulis dentinaires. Ce dernier ne peut être retiré entièrement du canal et soulève donc des interrogations concernant sa dégradation totale et l'étanchéité de l'obturation finale (82,115).

Au vu des nombreux résultats décrits et recommandations présentées dans la littérature, il convient donc d'éviter l'utilisation concomitante d'une solution d'hypochlorite de sodium et de chlorhexidine lors de la désinfection canalaire (116).

### **3.5 Acide éthylène diamine tétra-acétique (EDTA)**

L'EDTA est un agent chélatant. Il a une forte affinité pour le calcium notamment retrouvé dans la dentine. Il est souvent utilisé en association à une solution d'hypochlorite de sodium afin d'éliminer la boue dentinaire (ou smear layer) produite lors de l'instrumentation des canaux ou du fraisage dentinaire. Cet enduit formé de substances organo-minérales (débris pulpaire, dentinaires, nécrotiques et microorganismes) recouvre les parois dentinaires. L'épaisseur de la smear layer est de 1 à 2  $\mu\text{m}$  sur les parois dentinaires mais elle peut pénétrer les tubulis dentinaires jusqu'à 40  $\mu\text{m}$  de profondeur (117).

C'est pourquoi la désinfection des tubulis dentinaires est un réel défi. Sur une dent infectée, les bactéries et leurs endotoxines pénètrent bien au-delà de 40  $\mu\text{m}$ , jusqu'à 300  $\mu\text{m}$ . Sans élimination de la boue dentinaire, les bactéries intra-tubulaires sont inaccessibles aux solutions (118).

Il est donc essentiel d'éliminer la boue dentinaire afin de réduire le plus possible la charge bactérienne et d'augmenter les chances de guérison. En 1982, Goldman et al. testent la capacité de deux solutions d'irrigation à désinfecter l'entièreté canalaire. Les résultats montrent que le REDTA (nom commercial de l'EDTA) permet l'élimination d'une grande partie de la boue dentinaire correspondant à la partie inorganique. L'étude montre également que l'utilisation du REDTA associé à une irrigation avec une solution de NaOCl permet de dissoudre la partie organique restante, rendant ainsi le canal exempt de boue dentinaire (119). D'autres études confirment celle de Goldman

concernant la capacité de l'EDTA à dissoudre les boues dentinaires alors que le NaOCl dissout les composés organiques (120).

Il convient d'utiliser les solutions de NaOCl et d'EDTA distinctement. Utilisées simultanément, leur efficacité diminue considérablement. Après chaque irrigation à l'EDTA, un rinçage abondant du système canalaire par une solution de NaOCl doit être effectué afin de garantir l'efficacité de l'irrigation (121).

L'EDTA est commercialisé pour l'endodontie sous forme de gel à 7 % ou sous forme liquide à 17 %. La forme liquide est plus efficace lors du traitement endodontique. Sous forme de gel, seuls les tiers coronaire et moyen des canaux bénéficient des effets recherchés de l'EDTA. Le gel parvient rarement au tiers apical, ce qui laisse persister les boues dentinaires dans cette zone essentielle (122).

### **3.6 MTAD®**

Le MTAD® ou Biopure® commercialisé par la firme Dentsply est une solution aqueuse composée de doxycycline à 3%, d'acide citrique à 4,25% et d'un agent détergent, le polysorbate 80 à 0,5% aussi appelé Tween 80 introduit pour la première fois en 2003 par Torabinejad et Johnson (123). Le MTAD® fait partie des nouvelles solutions d'irrigation ayant pu démontrer leur efficacité au cours des années récentes, qu'il s'agisse d'efficacité antibactérienne ou d'efficacité quant au retrait de la boue dentinaire. Son efficacité contre les microorganismes, en association avec une solution de NaOCl, a pu être mise en évidence y compris sur des espèces considérées comme particulièrement résistantes telles que *E. Faecalis* (124). De plus, le MTAD® a une action rémanente pouvant aller jusqu'à 28 jours, largement supérieure à celle d'une solution de NaOCl à 5,25% (125). Cette rémanence varie selon le fait que le MTAD® est utilisé seul ou après irrigation avec une solution de NaOCl où elle peut alors diminuer de 30% (126). Le MTAD® semble également moins agressif pour les parois canalaires et notamment pour les tubulis dentinaires par rapport à l'EDTA (127,128).

## **4 Accidents causés par les solutions à l'hypochlorite de sodium**

L'hypochlorite de sodium est largement utilisé comme irrigant canalaire lors des procédures endodontiques. Toute erreur de manipulation peut entraîner la diffusion de la solution en dehors des canaux et causer des complications. Il convient de rappeler que la première prévention en endodontie est la mise en place de la digue évitant tout risque d'ingurgitation d'hypochlorite de sodium.

### **4.1 Extrusion de solution à l'hypochlorite de sodium dans le péri apex**

L'extrusion de solution à l'hypochlorite de sodium dans la région péri apicale est une complication potentiellement sérieuse pouvant survenir lors de procédures d'irrigation en endodontie. Elle peut causer des irritations, des douleurs mais aussi des complications plus graves.

L'extrusion de solution d'hypochlorite de sodium au cours d'un traitement endodontique est immédiatement visible. Cliniquement les patients rapportent une douleur très forte qui apparaît subitement associée à un œdème de la zone touchée et, dans de nombreux cas des ecchymoses très marquées (Fig. 46/47) (129).

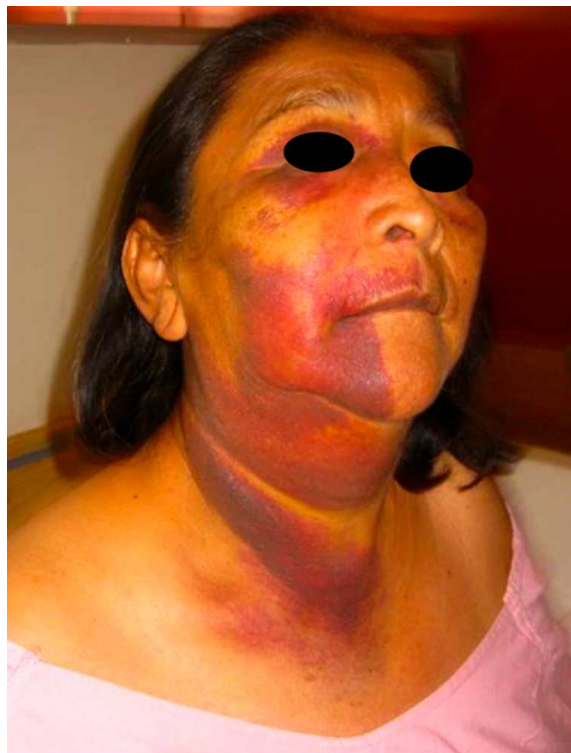


Figure 46. Aspect clinique de l'emphysème lié à l'extravasation de la solution à l'hypochlorite de sodium lors du traitement endodontique de la canine maxillaire droite, avec ecchymoses et gonflement important du côté droit du visage (129).



Figure 47. Photo de faces de deux cas d'accident d'irrigation à l'hypochlorite de sodium montrant les signes cliniques extra-oraux habituels tels que l'emphysème et l'ecchymose (130).

Parfois l'extrusion de solutions dans le péri-apex engendre des complications plus graves telle qu'une paresthésie permanente des muscles de la mimique observée dans plusieurs rapports de cas. Ces paresthésies entraînent une faiblesse musculaire au niveau des lèvres ainsi qu'une asymétrie au niveau du sourire des patients (Fig. 48/49). Dans un rapport de cas de Pelka & Petschelt, l'extrusion de NaOCl lors du rinçage du canal d'une incisive latérale maxillaire entraîne les symptômes cliniques classiquement observables et décrit ci-dessus associés à une paresthésie de la région touchée toujours présente 3 ans après (131,132).



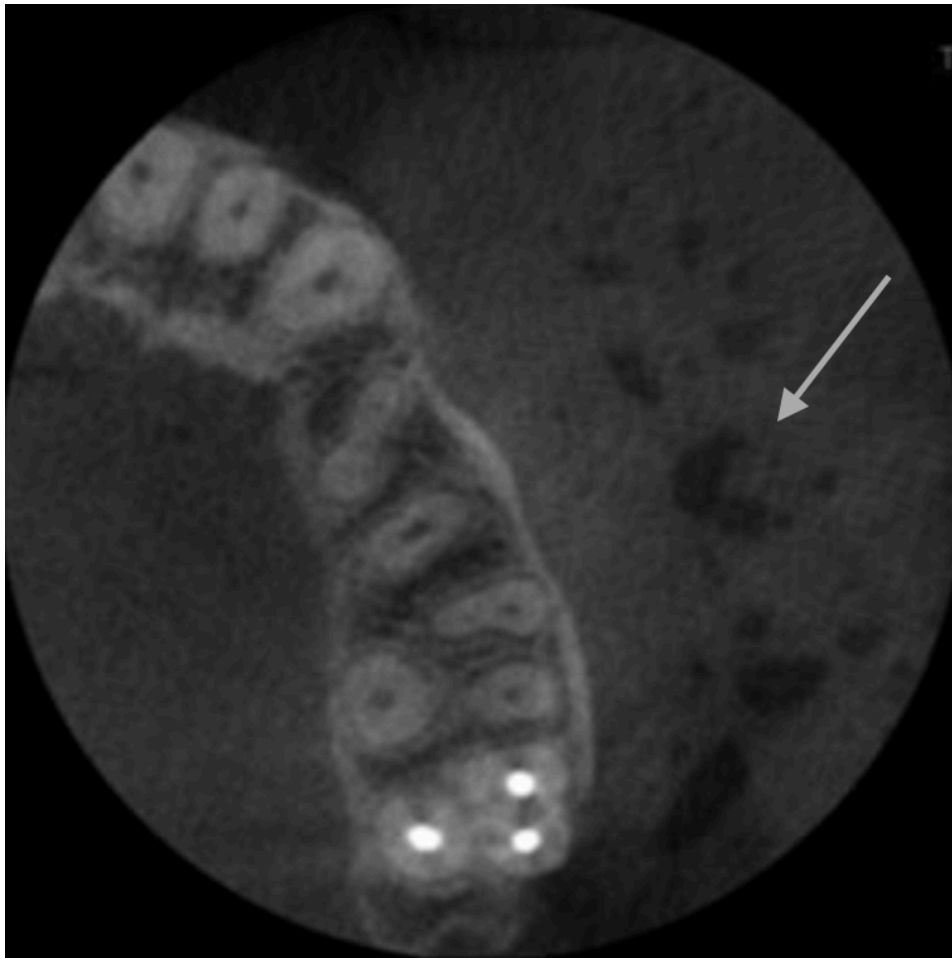
*Figure 48. Photo de face de la patiente, trois ans après l'accident montrant une faiblesse musculaire de la région touchée, la zone grisée étant la zone présentant une hypoesthésie permanente depuis l'accident (131).*



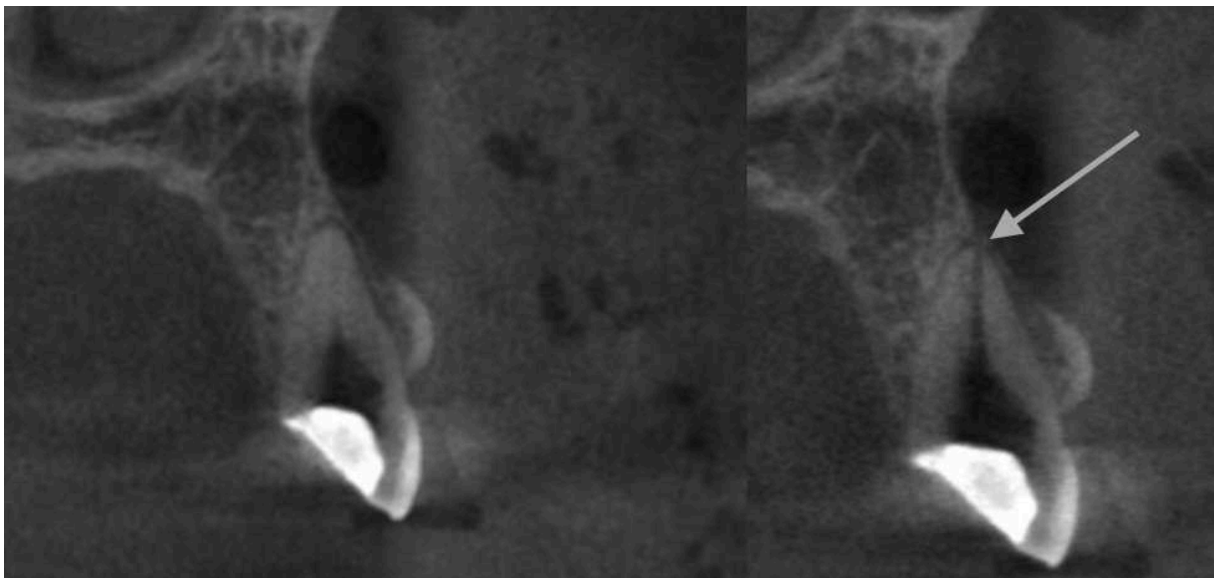
*Figure 49. Photo de face d'une patiente un mois après un accident d'irrigation, on observe très distinctement la perte de l'angle naso-labial du côté gauche et la commissure labiale droite tombante résultant de l'atteinte de la branche buccale du nerf facial (132).*

Au niveau radiographique, la rétro-alvéolaire n'a pas grand intérêt cependant sur un CBCT il est possible d'observer des bulles d'air au sein des tissus mous au niveau de la zone d'extrusion (Fig. 50/51) (133).





*Figure 50. Coupe axiale d'un CBCT mettant en évidence des bulles d'air au sein des tissus mous en regard de la zone d'extrusion de la solution de NaOCl (133).*



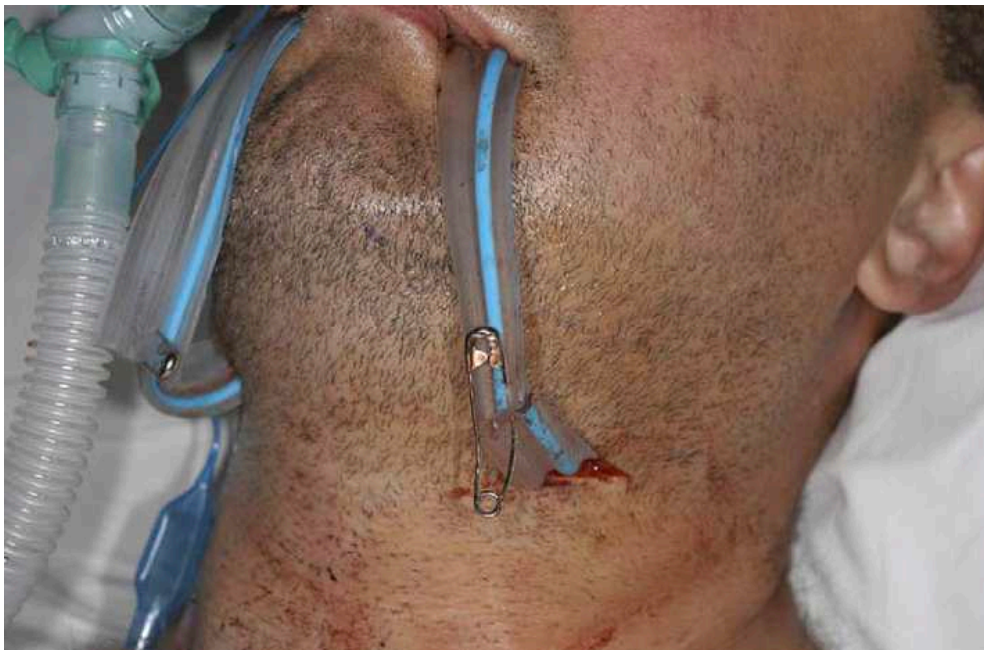
*Figure 51. Coupe coronale d'un CBCT mettant en évidence des bulles d'air au sein des tissus mous en regard de la zone d'extrusion de la solution de NaOCl (133).*

Sur cette dernière coupe (Fig. 51), on peut apercevoir que l'apex était ouvert et perforait la table externe du maxillaire donnant à la solution d'hypochlorite de sodium directement accès aux tissus mous. Dans ce cas, un CBCT réalisé avant le traitement aurait pu mettre en évidence ce risque anatomique qu'est la fenestration afin de minimiser les risques d'extrusion de la solution dans le péri-apex (133).

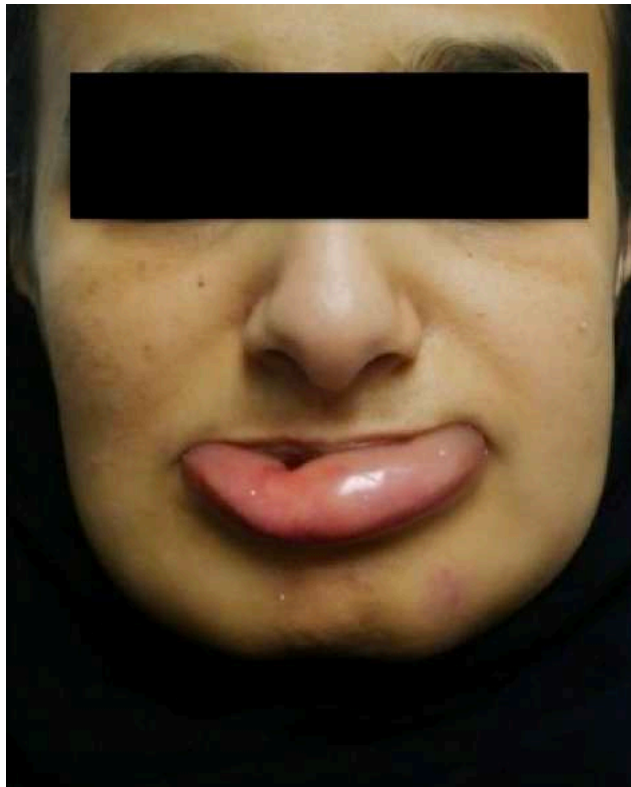
Parfois, lorsque le dépassement d'hypochlorite de sodium survient à la mandibule, l'œdème des tissus mous causé peut entraîner des conséquences potentiellement mortelles si elles ne sont pas prises en charge rapidement. C'est notamment le cas lorsque cette œdème entraîne une obstruction des voies aériennes supérieures. Il est alors important de réagir rapidement et d'orienter le patient vers les services d'urgences les plus proches. Dans les quelques cas rapportés, le patient apparaît gonflé au niveau des régions submandibulaire, submentale et sublinguale. On retrouvera également une élévation du plancher de la langue associée à des ecchymoses ainsi qu'un trismus. Les deux patients victimes de cet accident ont été mis sous oxygène ainsi que sous antibiotiques et anti-inflammatoires stéroïdiens (dexaméthasone) en intraveineuse. Une décompression chirurgicale a été nécessaire dans l'un des deux cas (Fig. 52/53). Dans le second (Fig. 54/55), l'intubation et la mise en place d'une ventilation mécanique a été effectuée (134,135).



*Figure 52. Ecchymose et œdème du plancher de la langue visible à la suite d'une extravasation de solution d'hypochlorite de sodium au-delà de l'apex lors du traitement endodontique de la dent 37 (135).*



*Figure 53. Décompression chirurgicale du patient par pose de drains et intubation à la suite d'une extravasation de solution d'hypochlorite de sodium au-delà de l'apex lors du traitement endodontique de la dent 37 (135).*



*Figure 54. Œdème de la lèvre inférieure et du menton d'une patiente 1h après l'irrigation avec une solution à l'hypochlorite de sodium 3% lors du traitement endodontique de la dent 41 (134).*



*Figure 55. 8h après l'accident d'hypochlorite de sodium, l'œdème s'est étendu nécessitant la mise en place d'une intubation et d'une ventilation mécanique (134).*

Le sinus peut également être impliqué lors d'accidents d'irrigation. Plusieurs cas répertoriant des complications plus ou moins importantes sont rapportés lors du traitement de dents antrales tels que les premières molaires maxillaires ainsi que les deuxièmes prémolaires maxillaires. Les patients rapportent avoir un goût de chlore dans le fond de la gorge, une odeur de chlore ainsi que du liquide ayant cette même odeur sortant de la narine du côté du traitement. Dans un rapport de cas d'accident d'irrigation impliquant le sinus maxillaire, le patient ressent une légère sensation de brûlure au niveau du sinus ainsi qu'une congestion de ce dernier cependant aucun signe de gonflement extérieur ou de saignement provenant du canal (136). Le Dr Philippe Sleiman nous explique avoir reçu une patiente lui rapportant avoir eu ces odeurs de chlore et du liquide s'écoulant du nez au cours du traitement d'une de ses molaires maxillaires. Un CBCT a donc été fait et sur ce dernier, la face postérieure du sinus maxillaire était altérée à certains endroits. Il explique que cela est très probablement dû à la position de la patiente durant le traitement, la solution de NaOCl ayant pénétrée dans le sinus a pu stagner en son sein et aggraver les dommages (137).

Afin d'éviter tout accident de ce type, il convient de porter une attention particulière aux radiographies préopératoire. Il est primordial d'analyser ces radiographies afin de détecter toute variation anatomique ou tout rapport radiculaire avec un environnement propice aux dépassements de solution d'irrigation. Cette analyse permet d'éviter beaucoup d'accident comme ceux décrit ci-dessus.

Il convient également de connaître sa longueur de travail et de toujours vérifier que l'aiguille d'irrigation ne soit pas au-delà de 3 mm avant l'apex. Par ailleurs cette aiguille doit être comme expliqué précédemment, à ouverture latérale, ce qui augmente l'efficacité de l'irrigation mais surtout, ce qui diminue les risques d'extrusion.

De plus, il faut veiller à ne jamais coincer l'aiguille dans le canal. L'irrigation doit s'effectuer dans un mouvement de va-et-vient au sein du canal, accompagné d'une injection lente et continue. C'est lors du mouvement de retrait de l'aiguille dans le canal que l'hypochlorite de sodium est propulsé en direction apicale. L'injection de solution sous pression est à proscrire (138,139).

Ces différents rapports de cas montrent que la concentration de la solution d'hypochlorite de sodium ainsi que le volume importe peu. Tous ces accidents sont

survenus avec des concentrations et des volumes de solutions différentes et les symptômes rapportés sont toujours les mêmes en fonction des situations.

## **4.2 Injection de solution à l'hypochlorite de sodium à la place d'anesthésique local**

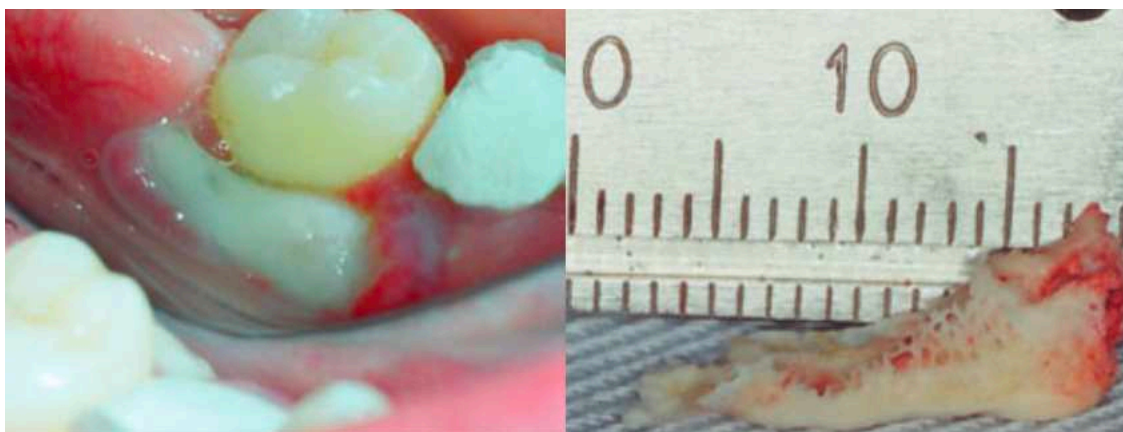
L'injection de solutions de NaOCl à la place d'anesthésique local lors du traitement endodontique est un accident très rare pouvant entraîner de sérieux dommages dans la région touchée. Cet accident résulte la plupart du temps d'une inversion des deux flacons contenant l'anesthésique et la solution d'irrigation lorsque ces derniers sont identiques. Une erreur d'inattention, un manque de vigilance est souvent rapporté dans ce genre de situation.

En France aujourd'hui, l'anesthésique n'est plus très utilisé sous forme de flacons mais plutôt sous forme de cartouches limitant fortement ce risque d'inversion.

Lors de l'injection de la solution, les patients décrivent une vive douleur et, c'est souvent à ce moment que le praticien comprend son erreur. Ces douleurs sont souvent rapportées par ces patients comme permanentes et constamment présentes pendant au moins deux jours. Cet accident peut entraîner une nécrose au point d'injection pouvant être non douloureuse y compris à la palpation et cicatrisant spontanément (Fig. 56). Il peut toutefois entraîner des complications plus importantes telles que la formation de séquestres osseux détachables au niveau de la zone affectée (Fig. 57) (140,141).



*Figure 56. Nécrose de la muqueuse palatine au point d'injection de la solution de NaOCl en regard des dents 14/15 (141).*



*Figure 57. Vue clinique de la lésion et séquestre osseux résultant de l'injection de NaOCl à la place d'anesthésique local (140).*

Afin d'éviter ce type d'accident, il est recommandé de ne pas avoir deux flacons identiques pour les solutions d'irrigation et pour les anesthésiques locaux au cabinet. Il est également préférable d'utiliser des cartouches d'anesthésique dont le contenant est clairement identifiable. Pontes et al. rapporte même que certains praticiens réutilisent leurs cartouches vides d'anesthésique afin d'y mettre leur solution d'irrigation, ce qui mène inévitablement à ce type d'accident (140).

### **4.3 Exposition de la peau et des yeux et réaction allergique à l'hypochlorite de sodium**

Un accident d'exposition des yeux à l'hypochlorite de sodium au cours d'un traitement endodontique peut survenir lorsque l'aiguille et la seringue sont mal emboîtées, ce qui peut entraîner une séparation sous pression et donc des éclaboussures de solution. L'utilisation d'aiguilles de type Luer lock est recommandée afin d'éviter toute séparation de ce type. Des éclaboussures sont également possibles en séchant la cavité.

Un rapport de cas concernant un patient de 15 ans mentionne cet accident. Lors de l'irrigation de sa première molaire mandibulaire droite avec une solution d'hypochlorite de sodium à 5,25%, une intense brûlure au niveau de l'œil touché a été ressentie ainsi qu'au niveau de la zone du nez/sinus du même côté. De plus, les yeux sont rapidement apparus comme injectés de sang, érythémateux. La totale guérison a été observée deux jours après (142).

On retrouve peu de références traitant d'allergie à l'hypochlorite de sodium dans la littérature scientifique. Dans un rapport de cas de Çalişkan et al., une patiente, à la suite d'un traitement endodontique sur l'une de ses incisives centrales maxillaires, s'est vu ressentir de fortes douleurs immédiatement ainsi qu'une sensation de brûlure après l'irrigation avec une solution de NaOCl à 1%. Un gonflement de sa lèvre ainsi que de sa joue gauche jusqu'au niveau de l'aire infra-orbitale s'en est suivi, associé à des ecchymoses et une difficulté respiratoire prise en charge rapidement.

Des tests allergiques ont été menés quelques semaines après l'accident et ont démontré qu'il s'agirait d'une allergie à l'hypochlorite de sodium (143).

Dans un autre article, l'auteur décrit des réactions très violentes chez une patiente allant jusqu'à l'apparition de dermatite bulleuse sur l'entièreté de ses bras lors de contact avec le chlore. Comme dans le cas précédent, des tests ont été menés chez cette patiente et une réaction de type œdème assez important a pu être mise en évidence (144). On retrouve également ce type de réaction faisant références à une allergie à l'hypochlorite de sodium décrit dans d'autres rapports de cas (145).

Afin d'éviter toute réaction de cet ordre lors des soins, il est important de rechercher toute allergie potentielle aux dérivés chlorés ou à certains produits ménagers courant



lors du questionnaire médical. Si aucune allergie n'est spécifiée par le patient mais qu'une telle réaction se produit, l'adressage chez un allergologue est alors nécessaire afin de mettre en évidence une éventuelle allergie à l'hypochlorite de sodium.

Ces incidents décrits dans la littérature sont à mettre en balance avec le fait que le corps humain produit également de l'hypochlorite de sodium nécessaire à l'élimination des bactéries par le système immunitaire. En effet lors d'une infection, l'organisme par l'intermédiaire des myéloperoxydases et de réactions d'oxydo-réductions, utilise le peroxyde d'hydrogène et les ions chlorures à sa disposition pour synthétiser de l'hypochlorite de sodium (146).

Il est alors peu probable d'être allergique à ce que le corps fabrique sauf dans un contexte de maladie auto-immune, à moins que ça ne soit une allergie aux stabilisants contenus dans les solutions d'hypochlorite de sodium.

L'hypochlorite de sodium est également néfaste à travers ses vapeurs de dichlore gazeux, elles peuvent être inhalées et sont très toxiques pour les poumons. Une ventilation efficace et une aération du cabinet après la fin de la séance permet de grandement réduire ces risques d'inhalation continue et l'accumulation de gaz nocifs (147).

#### **4.4 Accidents à l'hypochlorite de sodium et vêtements**

L'accident le plus commun impliquant les solutions de NaOCl lors des traitements canaux restant le fait de tâcher ses propres vêtements ou ceux du patient. L'hypochlorite de sodium est un puissant agent blanchissant, l'exposition des vêtements à ce produit provoque des dommages irréversibles sur ces derniers.

Au niveau des assurances, la prise en charge est assez floue. On retrouve plusieurs témoignages sur divers forums destinés aux praticiens rapportant qu'il est la plupart du temps plus simple de demander la facture du vêtement au patient et de le rembourser directement plutôt que de passer par l'assurance qui peut appliquer des franchises beaucoup plus élevées que le prix initial du vêtement. Il convient cependant de ne pas généraliser car d'autres retours d'expériences témoignent du contraire, parfois l'assurance prend en charge l'incident.

Il apparaît donc crucial lors d'un traitement endodontique de protéger le patient et ses vêtements afin d'éviter tout incident de ce type. Pour ce faire, la protection des yeux par une paire de lunettes et le port d'une tunique ainsi que d'une bavette hydrophobe par-dessus est recommandée (Fig.58). Un champ en papier peut être ajouté également afin d'éponger l'hypochlorite qui pourrait tomber sur la bavette.

Pour un praticien droitier, la protection du côté droit du patient est importante. En effet c'est souvent de ce côté que la seringue d'hypochlorite de sodium est mise en action et que les incidents surviennent.



*Figure 58. Photo mettant en évidence la protection du patient avec une tunique bleue ainsi qu'une bavette hydrophobe. A noter l'absence de cupule de solution sur le plateau transthoracique, évitant tout incident en cas de geste brusque du patient (Courtoisie du Dr A. Gambiez).*

Il semble également judicieux d'éviter de poser la cupule contenant l'hypochlorite de sodium sur un plateau au-dessus du patient. Cela évite que cette dernière ne se renverse sur celui-ci en cas de gestes brusques. Il convient donc de disposer les cupules et autres contenants sur un plan de travail à distance.

Du côté juridique cet incident est considéré comme un quasi-délit, « faute involontaire ou fait fortuit non rattaché au contrat de soin » (148).

## 4.5 Conduites à tenir en cas d'accidents à l'hypochlorite de sodium

### 4.5.1 Conduite à tenir en cas d'extrusion de solution à l'hypochlorite de sodium dans le péri apex

En cas d'accident à l'hypochlorite de sodium, il convient de **garder son calme** et d'**informer le patient** de la cause et de la nature de l'accident, le but est de rassurer le patient et de ne pas ajouter un stress supplémentaire inutile à la situation. Lorsque la cause est identifiée, **irriguer immédiatement** le canal avec une solution de **sérum physiologique** afin de diluer la solution d'hypochlorite de sodium. Si nécessaire en cas de très fortes douleurs effectuer une anesthésie locale. Enfin, **laisser le saignement intra-canalair**e perdurer, c'est ce dernier qui permet à l'irrigant d'être évacué. Le patient doit être **mis au courant des suites** possibles. A savoir, gonflement, hématome impressionnant et temps de guérison ainsi qu'un possible recours à la chirurgie. Il incombe au praticien de lui **fournir à l'oral mais aussi à l'écrit** la marche à suivre une fois qu'il sera chez lui. Ainsi les premières 24 heures, il faut appliquer une poche de glace sur la zone afin de minimiser le gonflement. Après ces 24 heures, des compresses humides et chaudes doivent être appliquées sur la zone afin de stimuler la circulation sanguine. Enfin des rinçages au sérum physiologique sont à effectuer pendant une semaine.

Il est important de prendre en charge la douleur durant la phase de guérison. Une prescription d'**antalgiques** de type Paracétamol 1 gramme toutes les 6 heures en ne dépassant pas 4 prises par jour ou Paracétamol/codéine 500/30 milligrammes, 1 à 2 comprimés toutes les 6 heures en ne dépassant pas les 6 prises par jour et/ou d'anti-inflammatoires non stéroïdiens tel que le Diclofénac 50 milligrammes à raison de 3 fois par jour est à prévoir.

Flouriot et Simon dans un article Clinic recommandent une prise d'antibiotique à visée prophylactique à raison de 1,5 grammes d'Amoxicilline par jour pendant 7 jours afin d'éviter toute infection secondaire associée à une prise d'anti-inflammatoires stéroïdiens de type méthylprednisolone à raison de 1 milligramme par kilo et par jour pendant 4 jours pour un contrôle de la réaction inflammatoire.

Pour finir, il est crucial de **contacter régulièrement le patient** durant les prochains jours pour rassurer le patient et afin de s'assurer du bon processus de guérison (139,149,150).

#### 4.5.2 Conduite à tenir en cas d'exposition oculaire à une solution d'hypochlorite de sodium

Tout comme dans la conduite à tenir lors de l'extrusion d'hypochlorite de sodium au-delà de l'apex, il est toujours important de **garder son calme**. Dans la littérature **l'irrigation abondante et immédiate** des yeux est avec une solution de sérum physiologique pendant environ 15 min est recommandé. Cependant en pratique, il est plus judicieux de se rapprocher rapidement du robinet le plus proche afin de rincer abondamment les yeux touchés et, seulement après cela d'irriguer avec du sérum physiologique.

Dans un second temps, le patient doit être envoyé en urgence chez l'**ophtalmologiste** le plus proche pour un contrôle. Le patient ne doit pas repartir seul du cabinet (151–153).

# Conclusion

Pour conclure, les accidents d'irrigation impliquant les solutions d'hypochlorite de sodium en endodontie sont potentiellement lourds de conséquences et nécessitent une attention particulière de la part des praticiens. Tout au long de ce travail, ont été exposé en détail les différents aspects inhérents aux accidents d'irrigation tel que les facteurs anatomiques dentaires comme faciaux mais aussi quelques irrigants disponibles sur le marché tel que l'hypochlorite de sodium ainsi que les diverses complications et prise en charge.

Il apparaît comme évident qu'une bonne compréhension de l'anatomie dentaire et faciale associée à la connaissance des propriétés de l'hypochlorite de sodium ainsi que la maîtrise des techniques d'irrigation sont autant d'éléments cruciaux minimisant les risques d'accidents au cours de la désinfection canalaire.

La vigilance constante et le respect des protocoles permettent d'assurer la sécurité des patients mais aussi la réussite du traitement endodontique.

Cette thèse vise avant tout à sensibiliser les praticiens à ce type d'accidents pouvant survenir au cours de n'importe quel traitement endodontique, elle offre des conseils pratiques et des connaissances approfondies nécessaires à la prise en charge de ces accidents. Le but étant de délivrer les dernières données de la science en vue de garantir des résultats optimaux pour les patients et de toujours promouvoir l'excellence au sein de la profession.



# Bibliographie

1. Netter FH. Atlas d'anatomie humaine. 6<sup>e</sup> éd. Elsevier Masson; 2015.
2. Hovland N, Phuong A, Lu GN. Anatomy of the facial nerve. *Oper Tech Otolaryngol-Head Neck Surg.* 1 déc 2021;32(4):190-6.
3. Touré G, Tran M, Randriamanantena T, Priano V, Vacher C. Le rameau marginal mandibulaire du nerf facial – rapports vasculaires et nerveux : intérêts cliniques. *Morphologie.* 1 sept 2018;102(338):193-4.
4. UFSBD [Internet]. [cité 11 oct 2024]. Anatomie de la dent, nom et fonction des dents, éruption des dents... les dents n'auront bientôt plus aucun secret pour vous ! Disponible sur: <https://www.ufsbd.fr/espace-grand-public/espace-enfants/anatomie-et-fonction-de-la-dent/>
5. Vertucci FJ. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endod Top.* 2005;10(1):3-29.
6. Ahmed HMA, Versiani MA, De-Deus G, Dummer PMH. A new system for classifying root and root canal morphology. *Int Endod J.* 2017;50(8):761-70.
7. Ahmed HMA, Dummer PMH. A new system for classifying tooth, root and canal anomalies. *Int Endod J.* 2018;51(4):389-404.
8. Topouzelis N, Tsaousoglou P, Pisoka V, Zouloumis L. Dilaceration of maxillary central incisor: a literature review. *Dent Traumatol.* 2010;26(5):427-33.
9. Karabucak B, Ishii H, Kratchman SI. Conventional and surgical endodontic retreatment of a maxillary lateral incisor with unusual anatomy. *Int Endod J.* 2008;41(6):524-31.
10. Walia PS, Rohilla AK, Choudhary S, Kaur R. Review of Dilaceration of Maxillary Central Incisor: A Multidisciplinary Challenge. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2016;9(1):90-8.
11. Weinstein T, Rosano G, Del Fabbro M, Taschieri S. Endodontic treatment of a geminated maxillary second molar using an endoscope as magnification device. *Int Endod J.* 2010;43(5):443-50.
12. Braun A, Appel T, Frentzen M. Endodontic and surgical treatment of a geminated maxillary incisor. *Int Endod J.* 2003;36(5):380-6.
13. Tsesis I, Steinbock N, Rosenberg E, Kaufman AY. Endodontic treatment of developmental anomalies in posterior teeth: treatment of geminated/fused teeth – report of two cases. *Int Endod J.* 2003;36(5):372-9.
14. Salem MB, Chouchene F, Masmoudi F, Baaziz A, Maatouk F, Ghedira H. Fusion or Gemination ? Diagnosis and Management in Primary Teeth: A Report of Two Cases. *Case Rep Dent.* 2 juin 2021;2021:6.
15. Cunha RS, Junaid A, Mello I. Unilateral Fusion of a Supernumerary Tooth to a Maxillary Permanent Lateral Incisor: A Report of a Rare Case. *J Endod.* 1 mars 2015;41(3):420-3.
16. Hou GL, Tsai CC. Fusion of maxillary third and supernumerary fourth molars. Case report. *Aust Dent J.* 1989;34(3):219-22.
17. George R, Moule AJ, Walsh LJ. A rare case of dens invaginatus in a mandibular canine. *Aust Endod J.* 2010;36(2):83-6.
18. Oehlers FAC. Dens invaginatus (dilated composite odontome): I. Variations of the invagination process and associated anterior crown forms. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1 nov 1957;10(11):1204-18.
19. McAllan LH, Defteros PA. Dens evaginatus. *Aust Dent J.* 1989;34(2):130-1.
20. Ayer A, Vikram M, Suwal P. Dens Evaginatus: A Problem-Based Approach.

Case Rep Dent. 8 déc 2005;2015(1):4.

21. Witkop Jr. CJ, Keenan KM, Červenka J, Jaspers MT, Opitz JM, Reynolds JF, et al. Taurodontism: An anomaly of teeth reflecting disruptive developmental homeostasis. *Am J Med Genet.* 1988;31(S4):85-97.
22. Cia C. *Le taurodontisme: vers une nouvelle définition?* [Bordeaux]: Université Bordeaux; 2018.
23. Timme M, Smit C, Robinson L, Bernitz H, Guo Y, Schmelting A. The relevance of taurodontism in forensic dental age estimation. *Leg Med.* 1 sept 2024;70:102462.
24. Barnett F. Mandibular molar with C-shaped canal. *Dent Traumatol.* 1986;2(2):79-81.
25. Melton DC, Krell KV, Fuller MW. Anatomical and histological features of C-shaped canals in mandibular second molars. *J Endod.* 1 août 1991;17(8):384-8.
26. Martins JNR, Marques D, Silva EJNL, Caramês J, Mata A, Versiani MA. Prevalence of C-shaped canal morphology using cone beam computed tomography – a systematic review with meta-analysis. *Int Endod J.* 2019;52(11):1556-72.
27. Schäfer E, Cankay R, Ott K. Malformations in maxillary incisors: case report of radicular palatal groove. *Dent Traumatol.* 2000;16(3):132-7.
28. Friedman S, Goultchin J. The radicular palatal groove – a therapeutic modality. *Dent Traumatol.* 1988;4(6):282-6.
29. Mayne JR, Martin IG. The palatal radicular groove. Two case reports. *Aust Dent J.* 1990;35(3):277-81.
30. Peikoff MD, Trott JR. An endodontic failure caused by an unusual anatomical anomaly. *J Endod.* 1 sept 1977;3(9):356-9.
31. Abbott PV, Lin S. Tooth resorption—Part 2: A clinical classification. *Dent Traumatol.* 2022;38(4):267-85.
32. Lin S, Moreinos D, Kaufman AY, Abbott PV. Tooth Resorption – Part 1: The evolvment, rationales and controversies of tooth resorption. *Dent Traumatol.* 2022;38(4):253-66.
33. Blum JS. The various forms of tooth resorption. *Aust Endod J.* 2024;50(2):191-201.
34. Heithersay G. Management of tooth resorption. *Aust Dent J.* 2007;52(1):S105-21.
35. Regan JD, Witherspoon DE, Foyle D. Surgical repair of root and tooth perforations. *Endod Top.* 2005;11(1):152-78.
36. Lysell L. Surgical treatment of juxtaradicular periodontitis. *Int J Oral Surg.* 1 oct 1981;10(5):348-53.
37. Kleier DJ, Averbach RE, Mehdipour O. The Sodium Hypochlorite Accident: Experience of Diplomates of the American Board of Endodontics. *J Endod.* 1 nov 2008;34(11):1346-50.
38. Harlamb S. Management of incompletely developed teeth requiring root canal treatment. *Aust Dent J.* 2016;61(1):95-106.
39. McCabe P. Revascularization of an immature tooth with apical periodontitis using a single visit protocol: a case report. *Int Endod J.* 2015;48(5):484-97.
40. Gutmann JL, Lovdahl PE. Problem solving in endodontics : Prevention, identification, and management. 1992. 164 p.
41. Love RM, Jenkinson HF. Invasion of Dentinal Tubules by Oral Bacteria. *Crit Rev Oral Biol Med.* 1 mars 2002;13(2):171-83.
42. Siqueira Jr. JF, Rôças IN. Present status and future directions: Microbiology of endodontic infections. *Int Endod J.* 2022;55(3):512-30.
43. Donlan RM, Costerton JW. Biofilms: Survival Mechanisms of Clinically Relevant Microorganisms. *Clin Microbiol Rev.* avr 2002;15(2):167-93.
44. Wolcott R, Costerton JW, Raoult D, Cutler SJ. The polymicrobial nature of biofilm infection. *Clin Microbiol Infect.* 1 févr 2013;19(2):107-12.



45. Siqueira JF, Rôças IN, Ricucci D. Biofilms in endodontic infection. *Endod Top.* 2010;22(1):33-49.
46. Lazazzera BA. Quorum sensing and starvation: signals for entry into stationary phase. *Curr Opin Microbiol.* 1 avr 2000;3(2):177-82.
47. Molven O, Olsen I, Kerekes K. Scanning electron microscopy of bacteria in the apical part of root canals in permanent teeth with periapical lesions. *Dent Traumatol.* 1991;7(5):226-9.
48. Gutierrez JH, Jofre A, Villena F. Scanning electron microscope study on the action of endodontic irrigants on bacteria invading the dentinal tubules. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1 avr 1990;69(4):491-501.
49. Sen BH, Piskin B, Demirci T. Observation of bacteria and fungi in infected root canals and dentinal tubules by SEM. *Dent Traumatol.* 1995;11(1):6-9.
50. Rôças IN, Siqueira JF. Root Canal Microbiota of Teeth with Chronic Apical Periodontitis. *J Clin Microbiol.* nov 2008;46(11):3599-606.
51. Shin JM, Luo T, Lee KH, Guerreiro D, Botero TM, McDonald NJ, et al. Deciphering Endodontic Microbial Communities by Next-generation Sequencing. *J Endod.* 1 juill 2018;44(7):1080-7.
52. Baumgartner JC, Watkins BJ, Bae K, Xia T. Association of black-pigmented bacteria with endodontic infections. *J Endod.* 1 juin 1999;25(6):413-5.
53. Keskin C, Demiryürek EÖ, Onuk EE. Pyrosequencing Analysis of Cryogenically Ground Samples from Primary and Secondary/Persistent Endodontic Infections. *J Endod.* 1 août 2017;43(8):1309-16.
54. Fouad AF, Barry J, Caimano M, Clawson M, Zhu Q, Carver R, et al. PCR-Based Identification of Bacteria Associated with Endodontic Infections. *J Clin Microbiol.* sept 2002;40(9):3223-31.
55. Sundqvist G. Associations between microbial species in dental root canal infections. *Oral Microbiol Immunol.* 1992;7(5):257-62.
56. Sundqvist G, Figdor D. Life as an endodontic pathogen. *Endod Top.* 2003;6(1):3-28.
57. Molander A, Reit C, Dahlén G, Kvist T. Microbiological status of root-filled teeth with apical periodontitis. *Int Endod J.* 1998;31(1):1-7.
58. Jung I, Choi BM status of root-filled teeth with apical periodontitis, Kum K, Roh B, Lee S, Lee C, et al. Molecular Epidemiology and Association of Putative Pathogens in Root Canal Infection. *J Endod.* 1 oct 2000;26(10):599-604.
59. Gomes BPF, Lilley JD, Drucker DB. Variations in the susceptibilities of components of the endodontic microflora to biomechanical procedures. *Int Endod J.* 1996;29(4):235-41.
60. Sundqvist G, Figdor D, Persson S, Sjögren U. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 1 janv 1998;85(1):86-93.
61. Jett BD, Huycke MM, Gilmore MS. Virulence of enterococci. *Clin Microbiol Rev.* oct 1994;7(4):462-78.
62. Kayaoglu G, Ørstavik D. Virulence Factors of *Enterococcus faecalis*: Relationship to Endodontic Disease. *Crit Rev Oral Biol Med.* 1 sept 2004;15(5):308-20.
63. Stevens RH, Grossman LI. Evaluation of the antimicrobial potential of calcium hydroxide as an intracanal medicament. *J Endod.* 1 sept 1983;9(9):372-4.
64. Haapasalo M, Endal U, Zandi H, Coil JM. Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endod Top.* 2005;10(1):77-102.
65. Emery O. L'irrigation canalaire : Pourquoi ? Quand ? Comment ? L'information dentaire. 1 janv 2000;?(?):21-7.
66. Hsieh YD, Gau CH, Kung Wu SF, Shen EC, Hsu PW, Fu E. Dynamic recording of irrigating fluid distribution in root canals using thermal image analysis. *Int*

Endod J. 2007;40(1):11-7.

67. Teja KV, Ramesh S, Battineni G, Vasundhara KA, Jose J, Janani K. The effect of various in-vitro and ex-vivo parameters on irrigant flow and apical pressure using manual syringe needle irrigation: Systematic review. *Saudi Dent J.* 1 févr 2022;34(2):87-99.
68. Dioguardi M, Di Gioia G, Illuzzi G, Laneve E, Cocco A, Troiano G. Endodontic irrigants: Different methods to improve efficacy and related problems. *Eur J Dent.* 2018;12(3):459-66.
69. Dioguardi M, Crincoli V, Sovereto D, Caloro GA, Aiuto R, Illuzzi G, et al. Effectiveness of Vapor Lock Effect Removal in Endo Training Blocks: Manual Dynamic Agitation versus Passive Ultrasonic Irrigation. *Appl Sci.* janv 2019;9(24):5411.
70. Gu L, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of Contemporary Irrigant Agitation Techniques and Devices. *J Endod.* 1 juin 2009;35(6):791-804.
71. Machtou P. Manual dynamic activation technique. *Clin Dent Rev.* 20 sept 2018;2(1):1-5.
72. McGill S, Gulabivala K, Mordan N, Ng YL. The efficacy of dynamic irrigation using a commercially available system (RinsEndo®) determined by removal of a collagen 'bio-molecular film' from an ex vivo model. *Int Endod J.* 2008;41(7):602-8.
73. Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: An insight into the mechanisms involved. *J Endod.* 1 mars 1987;13(3):93-101.
74. Krell KV, Johnson RJ, Madison S. Irrigation patterns during ultrasonic canal instrumentation. Part I. K-type files. *J Endod.* 1 févr 1988;14(2):65-8.
75. Lumley PJ, Walmsley AD, Laird WRE. Streaming patterns produced around endosonic files. *Int Endod J.* 1991;24(6):290-7.
76. Devillard R, Zunzarren R. Intérêt de la désinfection par photoactivation en endodontie. *Actual Odonto-Stomatol.* déc 2010;(252):367-73.
77. Kishen A. Advanced therapeutic options for endodontic biofilms. *Endod Top.* 2010;22(1):99-123.
78. Jori G, Fabris C, Soncin M, Ferro S, Coppellotti O, Dei D, et al. Photodynamic therapy in the treatment of microbial infections: Basic principles and perspective applications. *Lasers Surg Med.* 2006;38(5):468-81.
79. Plotino G, Cortese T, Grande NM, Leonardi DP, Di Giorgio G, Testarelli L, et al. New Technologies to Improve Root Canal Disinfection. *Braz Dent J.* févr 2016;27(1):3-8.
80. Bergmans L, Moisiadis P, Huybrechts B, Van Meerbeek B, Quirynen M, Lambrechts P. Effect of photo-activated disinfection on endodontic pathogens ex vivo. *Int Endod J.* 2008;41(3):227-39.
81. Callens J. Activation des solutions d'irrigation en endodontie : une revue de littérature illustrée par des vidéos cliniques. [Lille]: Université de Lille; 2024.
82. Kandaswamy D, Venkateshbabu N. Root canal irrigants. *J Conserv Dent JCD.* 2010;13(4):256-64.
83. Mohammadi Z. Sodium hypochlorite in endodontics: an update review. *Int Dent J.* 2008;58(6):329-41.
84. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Br Dent J.* mars 2014;216(6):299-303.
85. Pebay C. Du bon usage de l'hypochlorite de sodium [Internet]. CNRS – PRC. 2019 [cité 22 août 2023]. Disponible sur: <https://www.prc.cnrs.fr/du-bon-usage-de-lhypochlorite-de-sodium/>
86. Estrela C, Estrela CRA, Barbin EL, Spanó JCE, Marchesan MA, Pécora JD. Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Braz Dent J.* 2002;13(2):113-7.
87. Siqueira Jr JF, Lopes HP. Mechanisms of antimicrobial activity of calcium hydroxide: a critical review. *Int Endod J.* 1999;32(5):361-9.

88. Siqueira JF, Sen BH. Fungi in endodontic infections. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. 1 mai 2004;97(5):632-41.
89. Siqueira Jr J f., Machado A g., Silveira R m., Lopes H p., de UZEDA M. Evaluation of the effectiveness of sodium hypochlorite used with three irrigation methods in the elimination of *Enterococcus faecalis* from the root canal, in vitro. *Int Endod J*. 1997;30(4):279-82.
90. Byström A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the effect of 0.5 percent sodium hypochlorite in endodontic therapy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1 mars 1983;55(3):307-12.
91. Gomes BPFA, Ferraz CCR, Vianna ME, Berber VB, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J*. 2001;34(6):424-8.
92. Smith JJ, Wayman BE. An evaluation of the antimicrobial effectiveness of citric acid as a root canal irrigant. *J Endod*. 1 janv 1986;12(2):54-8.
93. Ayhan H, Sultan N, Çirak M, Ruhi MZ, Bodur H. Antimicrobial effects of various endodontic irrigants on selected microorganisms. *Int Endod J*. 1999;32(2):99-102.
94. Hand RE, Smith ML, Harrison JW. Analysis of the effect of dilution on the necrotic tissue dissolution property of sodium hypochlorite. *J Endod*. 1 févr 1978;4(2):60-4.
95. Clarkson R, Moule A, Podlich H, Kellaway R, Macfarlane R, Lewis D, et al. Dissolution of porcine incisor pulps in sodium hypochlorite solutions of varying compositions and concentrations. *Aust Dent J*. 2006;51(3):245-51.
96. Harrison JW, Hand RE. The effect of dilution and organic matter on the antibacterial property of 5.25% sodium hypochlorite. *J Endod*. 1 mars 1981;7(3):128-32.
97. Macedo RG, Wesselink PR, Zaccheo F, Fanali D, Van Der Sluis LWM. Reaction rate of NaOCl in contact with bovine dentine: effect of activation, exposure time, concentration and pH. *Int Endod J*. 2010;43(12):1108-15.
98. Sirtes G, Waltimo T, Schaetzle M, Zehnder M. The Effects of Temperature on Sodium Hypochlorite Short-Term Stability, Pulp Dissolution Capacity, and Antimicrobial Efficacy. *J Endod*. 1 sept 2005;31(9):669-71.
99. Paragliola R, Franco V, Fabiani C, Mazzoni A, Nato F, Tay FR, et al. Final Rinse Optimization: Influence of Different Agitation Protocols. *J Endod*. 1 févr 2010;36(2):282-5.
100. Zeltner M, Peters OA, Paqué F. Temperature Changes During Ultrasonic Irrigation with Different Inserts and Modes of Activation. *J Endod*. 1 avr 2009;35(4):573-7.
101. Macedo RG, Verhaagen B, Wesselink PR, Versluis M, van der Sluis LWM. Influence of refreshment/activation cycles and temperature rise on the reaction rate of sodium hypochlorite with bovine dentine during ultrasonic activated irrigation. *Int Endod J*. 2014;47(2):147-54.
102. Jiang L, Verhaagen B, Versluis M, Zangrillo C, Cuckovic D, Van der Sluis LWM. An Evaluation of the Effect of Pulsed Ultrasound on the Cleaning Efficacy of Passive Ultrasonic Irrigation. *J Endod*. 1 nov 2010;36(11):1887-91.
103. Boutsoukis C, Arias-Moliz MT. Present status and future directions – irrigants and irrigation methods. *Int Endod J*. mai 2022;55(Suppl 3):588-612.
104. Vianna ME, Gomes BPFA, Berber VB, Zaia AA, Ferraz CCR, de Souza-Filho FJ. In vitro evaluation of the antimicrobial activity of chlorhexidine and sodium hypochlorite. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. 1 janv 2004;97(1):79-84.
105. Ferraz CCR, de Almeida Gomes BPF, Zaia AA, Teixeira FB, de Souza-Filho

- FJ. In Vitro Assessment of the Antimicrobial Action and the Mechanical Ability of Chlorhexidine Gel as an Endodontic Irrigant. *J Endod.* 1 juill 2001;27(7):452-5.
106. Gomes BPFA, Souza SFC, Ferraz CCR, Teixeira FB, Zaia AA, Valdrighi L, et al. Effectiveness of 2% chlorhexidine gel and calcium hydroxide against *Enterococcus faecalis* in bovine root dentine in vitro. *Int Endod J.* 2003;36(4):267-75.
107. Athanassiadis B, Abbott P, Walsh L. The use of calcium hydroxide, antibiotics and biocides as antimicrobial medicaments in endodontics. *Aust Dent J.* 2007;52(s1):S64-82.
108. Kanisavaran ZM. Chlorhexidine gluconate in endodontics: an update review. *Int Dent J.* 2008;58(5):247-57.
109. Siqueira JF, Rôças IN, Lopes HP, Magalhães FAC, de Uzeda M. Elimination of *Candida albicans* Infection of the Radicular Dentin by Intracanal Medications. *J Endod.* 1 août 2003;29(8):501-4.
110. Haapasalo HK, Sirén EK, Waltimo TMT, Ørstavik D, Haapasalo MPP. Inactivation of local root canal medicaments by dentine: an in vitro study. *Int Endod J.* 2000;33(2):126-31.
111. Naenni N, Thoma K, Zehnder M. Soft Tissue Dissolution Capacity of Currently Used and Potential Endodontic Irrigants. *J Endod.* 1 nov 2004;30(11):785-7.
112. White RR, Hays GL, Janer LR. Residual antimicrobial activity after canal irrigation with chlorhexidine. *J Endod.* 1 avr 1997;23(4):229-31.
113. Leonardo MR, Filho MT, Silva LAB, Filho PN, Bonifácio KC, Ito IY. In vivo antimicrobial activity of 2% chlorhexidine used as a root canal irrigating solution. *J Endod.* 1 mars 1999;25(3):167-71.
114. Basrani BR, Manek S, Sodhi RNS, Fillery E, Manzur A. Interaction between Sodium Hypochlorite and Chlorhexidine Gluconate. *J Endod.* 1 août 2007;33(8):966-9.
115. Bui TB, Baumgartner JC, Mitchell JC. Evaluation of the Interaction between Sodium Hypochlorite and Chlorhexidine Gluconate and its Effect on Root Dentin. *J Endod.* 1 févr 2008;34(2):181-5.
116. Mortenson D, Sadilek M, Flake NM, Paranjpe A, Heling I, Johnson JD, et al. The effect of using an alternative irrigant between sodium hypochlorite and chlorhexidine to prevent the formation of para-chloroaniline within the root canal system. *Int Endod J.* 2012;45(9):878-82.
117. Mader CL, Baumgartner JC, Peters DD. Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *J Endod.* 1 oct 1984;10(10):477-83.
118. Horiba N, Maekawa Y, Matsumoto T, Nakamura H. A study of the distribution of endotoxin in the dentinal wall of infected root canals. *J Endod.* 1 juill 1990;16(7):331-4.
119. Goldman M, Goldman LB, Cavaleri R, Bogis J, Sun Lin P. The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study: part 2. *J Endod.* 1 nov 1982;8(11):487-92.
120. Baumgartner JC, Mader CL. A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *J Endod.* 1 avr 1987;13(4):147-57.
121. Grawehr M, Sener B, Waltimo T, Zehnder M. Interactions of ethylenediamine tetraacetic acid with sodium hypochlorite in aqueous solutions. *Int Endod J.* 2003;36(6):411-5.
122. Chen G, Chang Y. Effects of liquid- and paste-type EDTA on smear-layer removal during rotary root-canal instrumentation. *J Dent Sci.* 1 mars 2011;6(1):41-7.
123. Mohammadi Z. An update on the antibiotic-based root canal irrigation solutions. *Iran Endod J.* 2008;3(2):1-7.
124. Torabinejad M, Shabahang S, Aprecio RM, Kettering JD. The Antimicrobial

- Effect of MTAD: An In Vitro Investigation. *J Endod.* 1 juin 2003;29(6):400-3.
125. Mohammadi Z, Giardino L, Mombeinipour A. Antibacterial substantivity of a new antibiotic-based endodontic irrigation solution. *Aust Endod J.* 2012;38(1):26-30.
  126. Tay FR, Hiraishi N, Schuster GS, Pashley DH, Loushine RJ, Ounsi HF, et al. Reduction in Antimicrobial Substantivity of MTAD After Initial Sodium Hypochlorite Irrigation. *J Endod.* 1 oct 2006;32(10):970-5.
  127. Torabinejad M, Khademi AA, Babagoli J, Cho Y, Johnson WB, Bozhilov K, et al. A New Solution for the Removal of the Smear Layer. *J Endod.* 1 mars 2003;29(3):170-5.
  128. Singla MG, Garg A, Gupta S. MTAD in endodontics: an update review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 1 sept 2011;112(3):70-6.
  129. de Sermeño RF, da Silva LAB, Herrera H, Herrera H, Silva RAB, Leonardo MR. Tissue damage after sodium hypochlorite extrusion during root canal treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 1 juill 2009;108(1):46-9.
  130. Salvadori M, Venturi G, Bertolotti P, Francinelli J, Tonini R, Garo M, et al. Sodium Hypochlorite Accident during Canal Treatment: Report of Four Cases Documented According to New Standards. *Appl Sci.* 26 août 2022;12(17):1-13.
  131. Pelka M, Petschelt A. Permanent mimic musculature and nerve damage caused by sodium hypochlorite: a case report. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 1 sept 2008;106(3):80-3.
  132. Witton R, Brennan PA. Severe tissue damage and neurological deficit following extravasation of sodium hypochlorite solution during routine endodontic treatment. *Br Dent J.* juin 2005;198(12):749-50.
  133. Behrents KT, Speer ML, Noujeim M. Sodium hypochlorite accident with evaluation by cone beam computed tomography. *Int Endod J.* 2012;45(5):492-8.
  134. Al-Sebaei MO, Halabi OA, El-Hakim IE. Sodium hypochlorite accident resulting in life-threatening airway obstruction during root canal treatment: a case report. *Clin Cosmet Investig Dent.* 4 mars 2015;7:41-4.
  135. Bowden JR, Ethunandan M, Brennan PA. Life-threatening airway obstruction secondary to hypochlorite extrusion during root canal treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 1 mars 2006;101(3):402-4.
  136. Ehrich DG, Brian JD, Walker WA. Sodium hypochlorite accident: Inadvertent injection into the maxillary sinus. *J Endod.* 1 avr 1993;19(4):180-2.
  137. Sleiman P. *Dental Tribune.* 2013 [cité 15 déc 2023]. Irrigation for the root canal and nothing but the root canal. Disponible sur: <https://www.dental-tribune.com/news/irrigation-for-the-root-canal-and-nothing-but-the-root-canal/?time=1511365337>
  138. Zhu W, Gyamfi J, Niu L, Schoeffel GJ, Liu S, Santarcangelo F, et al. Anatomy of Sodium Hypochlorite Accidents Involving Facial Ecchymosis – A Review. *J Dent.* nov 2013;41(11):935-48.
  139. Bither R, Bither S. Accidental extrusion of sodium hypochlorite during endodontic treatment: A case report. *Glob Sci Res J.* 11 mars 2013;1(1):41-4.
  140. Pontes F, Pontes H, Adachi P, Rodini C, Almeida D, Pinto Jr D. Gingival and bone necrosis caused by accidental sodium hypochlorite injection instead of anaesthetic solution. *Int Endod J.* 2008;41(3):267-70.
  141. Gursoy UK, Bostancı V, Kosger HH. Palatal mucosa necrosis because of accidental sodium hypochlorite injection instead of anaesthetic solution. *Int Endod J.* 2006;39(2):157-61.
  142. Ingram TA. Response of the human eye to accidental exposure to sodium hypochlorite. *J Endod.* 1 mai 1990;16(5):235-8.
  143. Çalışkan MK, Türkün M, Alper S. Allergy to sodium hypochlorite during root canal therapy: a case report. *Int Endod J.* 1994;27(3):163-7.
  144. Osmundsen PE. Contact dermatitis due to sodium hypochlorite. *Contact*

Dermatitis. 1978;4(3):177-8.

145. Habets JMW, Geursen-Reitsma AM, Stolz E, van Joost T. Sensitization to sodium hypochlorite causing hand dermatitis. *Contact Dermatitis*. 1986;15(3):140-2.

146. Les Réactions d'Oxydoréduction et le Corps Humain ou Comment la cellule produit de « l'eau de javel » pour nous défendre ? [Internet]. Université Libre de Bruxelles; 2008 [cité 13 oct 2024]. Disponible sur:

[https://sciences.brussels/printemps2/pds2008/activite/cha38-1\\_dossier.pdf](https://sciences.brussels/printemps2/pds2008/activite/cha38-1_dossier.pdf)

147. Officiel prevention [Internet]. 2014 [cité 11 oct 2024]. La prévention des risques professionnels des soins dentaires. Disponible sur: <https://www.officiel-prevention.com/dossier/formation/fiches-metier/la-prevention-des-risques-professionnels-des-soins-dentaires>

148. Berthelot E. Gestion des conflits patients/chirurgiens-dentistes. Université Nantes; 2010.

149. Flouriot AC, Simon S. Injection accidentelle d'hypochlorite de sodium au cours d'un traitement endodontique : Conduite à tenir. *Clinic (Paris)*. 1 sept 2012;33(09).

150. Hatton J, Walsh S, Wilson A. Management of the sodium hypochlorite accident: a rare but significant complication of root canal treatment. *BMJ Case Rep*. 25 mars 2015;2015.

151. Rutala WA, Weber DJ. Uses of inorganic hypochlorite (bleach) in health-care facilities. *Clin Microbiol Rev*. oct 1997;10(4):597-610.

152. Spencer HR, Ike V, Brennan PA. Review: the use of sodium hypochlorite in endodontics — potential complications and their management. *Br Dent J*. mai 2007;202(9):555-9.

153. Hülsmann M, Rödiger T, Nordmeyer S. Complications during root canal irrigation. *Endod Top*. 2007;16(1):27-63.

# Table des figures

Figure 1. Vue antérieure d'un crâne permettant d'observer les différents os de la face (1).....	14
Figure 2. Coupe latérale du crâne mettant en évidence l'os maxillaire gauche recevant l'arcade dentaire maxillaire ainsi que son sinus et le méat nasal moyen ; à noter la proximité dentaire avec le sinus (1). ....	16
Figure 3. Vue de trois quarts de la mandibule (1). ....	17
Figure 4. Vue latérale d'un crâne mettant en évidence les insertions des ptérygoïdiens médial et latéral (1). ....	19
Figure 5. Vue latérale de la tête et du coup mettant en évidence l'anatomie superficielle de la face (1). ....	20
Figure 6. Vue latérale de la région de la bouche mettant en évidence la complexité musculaire linguale (1). ....	22
Figure 7. Vue latérale de la face mettant en évidence le trajet ascendant superficiel de l'artère faciale, branche collatérale de l'artère carotide externe (1). ....	24
Figure 8. Coupe médiane de la région du nez mettant en évidence les différentes branches et rameaux nerveux issues du nerf maxillaire V2 (1). ....	26
Figure 9. Coupe médiane de la région du nez mettant en évidence les différentes branches et rameaux nerveux issues du nerf mandibulaire V3 (1). ....	27
Figure 10. Vue de trois quarts de la tête montrant les différents rameaux du nerf facial VII émergents de la glande parotide (1). ....	28
Figure 11. Schéma représentant les différentes structures de la dent (4). ....	29
Figure 12. Classification de Weine (1969) concernant la morphologie canalaire (6). ....	30
Figure 13. Classification de Vertucci (1974) concernant la morphologie du système canalaire (5). ....	31
Figure 14. Exemples de morphologies canalaires classées selon la classification de Ahmed (6). ....	33
Figure 15. Autres exemples de morphologies canalaires classées selon la classification de Ahmed (6). ....	33
Figure 16. Radiographie rétro alvéolaire mettant en évidence le phénomène appelé "bull's eye" sur une incisive centrale maxillaire portant une dilacération radiculaire (11).....	35
Figure 17. Radiographies rétro alvéolaires d'une incisive latérale maxillaire traitée endodontiquement montrant une fausse route (a), la même dent retraitée (b) (9). ...	36
Figure 18. Radiographie rétro alvéolaire de cette même incisive latérale maxillaire traitée dans un deuxième temps chirurgicalement (a) permettant sa cicatrisation (b) (9).....	36
Figure 19. Photographie clinique et radiographie rétro alvéolaire d'une incisive centrale maxillaire ayant subi une gémation (13).....	37
Figure 20. Radiographie rétro alvéolaire d'une seconde molaire mandibulaire atteinte de gémation ; cette radiographie lime en place effectuée lors du traitement	

endodontique met en évidence la complexité du système endocanalaire d'une dent géminée (14).....	38
Figure 21. Photo endobuccale montrant la fusion entre l'incisive latérale maxillaire droite et une dent surnuméraire (16).....	38
Figure 22. Radiographie rétro-alvéolaire finale du traitement endodontique de la dent surnuméraire fusionnée à une incisive latérale maxillaire droite (16). ....	39
Figure 23. Radiographies rétro alvéolaires mettant en évidence la complexité de l'anatomie endodontique d'une dens in dente sur une canine mandibulaire (18). ....	40
Figure 24. Photo endobuccale centrée sur les prémolaires mandibulaires droites, les tubercules amélaire caractéristiques sont visibles sur les faces occlusales des dents (21).....	41
Figure 25. Radiographie rétro-alvéolaire montrant une radio clarté apicale signe d'infection à l'apex de la dent n°44 présentant une dens evaginatus (21).....	42
Figure 26. Schéma montrant différents degrés de taurodontisme (22).....	42
Figure 27. Panoramique coupée et centrée sur la dent n°37 présentant un taurodontisme (24). ....	43
Figure 28. Coupe transversale d'une racine de molaire mandibulaire, coupe réalisée à mis hauteur radiculaire mettant en évidence un canal en C (X25) (26). ....	44
Figure 29. Radiographie rétro-alvéolaire montrant l'obturation d'un canal en C sur une molaire mandibulaire (25). ....	45
Figure 30. Incisive latérale gauche extraite permettant d'observer le sillon palatin partant du cingulum jusqu'aux 2/3 apical, communiquant avec le réseau le système canalaire (31). ....	46
Figure 31. Schéma de la "triade de la résorption" (32). ....	47
Figure 32. Les onze types de résorptions différents selon leur processus pathologique ou physiologique (32). ....	48
Figure 33. Radiographie rétro-alvéolaire mettant en évidence une résorption inflammatoire externe d'une incisive centrale maxillaire droite (32). ....	48
Figure 34. Radiographie rétro-alvéolaire mettant en évidence une résorption inflammatoire interne induite par la nécrose de la pulpe d'une incisive centrale maxillaire droite (35).....	49
Figure 35. Photo endobuccale centrée sur les incisives centrales maxillaires mettant en évidence un "pink spot" sur la dent n°21, signe pathognomonique d'une résorption de remplacement interne (35).....	49
Figure 36. Radiographie rétro-alvéolaire et vue clinique occlusale d'une 36 mettant en évidence la perforation du canal mésio-vestibulaire par des compacteurs de Mac Spadden (Courtoisie du Dr A. Gambiez).....	50
Figure 37. Perforation radiculaire à la suite de la préparation canalaire pour la réalisation d'un inlay-core (36). ....	51
Figure 38. Radiographie rétro-alvéolaire centrée sur les incisives centrales maxillaires permettant d'observer l'ouverture apicale des dents immatures n°11 et 21 (40).....	52
Figure 39. Diamètres recommandés pour la préparation apicale finale selon J. Gutman (41). ....	53
Figure 40. Radiographies rétro-alvéolaires mettant en évidence la différence de diamètre apicale de deux incisives maxillaires (Courtoisie du Dr A. Gambiez). ....	53



Figure 41. "Vapor lock effect" au niveau d'un canal simulé dans un bloc de résine (Dioguardi et al., 2019) (70). .....	59
Figure 42. Agitation du maître cône à l'aide de précelles avec une amplitude de 2mm (72). .....	60
Figure 43. Embout endodontique activé du système Aseptim plus® SciCan de chez MicroMega (77). .....	62
Figure 44. Les différentes réactions chimiques entre l'hypochlorite de sodium et des tissus organiques (86). .....	67
Figure 45. Réactions entre l'hypochlorite de sodium et l'eau (97). .....	71
Figure 46. Aspect clinique de l'emphysème lié à l'extravasation de la solution à l'hypochlorite de sodium lors du traitement endodontique de la canine maxillaire droite, avec ecchymoses et gonflement important du côté droit du visage (129). .....	78
Figure 47. Photo de faces de deux cas d'accident d'irrigation à l'hypochlorite de sodium montrant les signes cliniques extra-oraux habituels tels que l'emphysème et l'ecchymose (130). .....	78
Figure 48. Photo de face de la patiente, trois ans après l'accident montrant une faiblesse musculaire de la région touchée, la zone grisée étant la zone présentant une hypoesthésie permanente depuis l'accident (131). .....	79
Figure 49. Photo de face d'une patiente un mois après un accident d'irrigation, on observe très distinctement la perte de l'angle naso-labial du côté gauche et la commissure labiale droite tombante résultant de l'atteinte de la branche buccale du nerf facial (132). .....	80
Figure 50. Coupe axiale d'un CBCT mettant en évidence des bulles d'air au sein des tissus mous en regard de la zone d'extrusion de la solution de NaOCl (133). .....	81
Figure 51. Coupe coronale d'un CBCT mettant en évidence des bulles d'air au sein des tissus mous en regard de la zone d'extrusion de la solution de NaOCl (133). .....	81
Figure 52. Ecchymose et œdème du plancher de la langue visible à la suite d'une extravasation de solution d'hypochlorite de sodium au-delà de l'apex lors du traitement endodontique de la dent 37 (135). .....	83
Figure 53. Décompression chirurgicale du patient par pose de drains et intubation à la suite d'une extravasation de solution d'hypochlorite de sodium au-delà de l'apex lors du traitement endodontique de la dent 37 (135). .....	83
Figure 54. Œdème de la lèvre inférieure et du menton d'une patiente 1h après l'irrigation avec une solution à l'hypochlorite de sodium 3% lors du traitement endodontique de la dent 41 (134). .....	84
Figure 55. 8h après l'accident d'hypochlorite de sodium, l'œdème s'est étendu nécessitant la mise en place d'une intubation et d'une ventilation mécanique (134). .....	84
Figure 56. Nécrose de la muqueuse palatine au point d'injection de la solution de NaOCl en regard des dents 14/15 (141). .....	87
Figure 57. Vue clinique de la lésion et séquestre osseux résultant de l'injection de NaOCl à la place d'anesthésique local (140). .....	87
Figure 58. Photo mettant en évidence la protection du patient avec une tunique bleue ainsi qu'une bavette hydrophobe. A noter l'absence de cupule de solution sur le plateau transthoracique, évitant tout incident en cas de geste brusque du patient (Courtoisie du Dr A. Gambiez). .....	90



Les accidents à l'hypochlorite en endodontie. / **Valentin Duporge**. - p. : ill. 59 ; réf. 153.

**Domaines** : Endodontie.

Mots clés Libres : Endodontie, accident d'irrigation, hypochlorite de sodium.

Résumé de la thèse :

L'endodontie est un domaine complexe et exigeant de la dentisterie, à l'origine des traitements canaux et de la résolution des affections pulpaires. Le traitement endodontique se décompose en plusieurs étapes importantes, la mise en forme, la désinfection et l'obturation. La désinfection canalaire à l'aide d'irrigants représente une étape cruciale et nécessaire à la guérison de la dent.

Parfois, au cours de ces traitements, des complications peuvent survenir. L'hypochlorite de sodium est aujourd'hui considéré comme le chef de file des irrigants canaux de par sa grande efficacité. Toute extrusion ou mauvaise utilisation représente cependant un danger pour les tissus et structures environnantes engendrant un accident d'irrigation.

Plusieurs aspects anatomiques augmentant les risques de ce type d'accident sont identifiables. De plus, les mécanismes d'actions des irrigants ainsi que les différents accidents pouvant se produire et leurs conséquences sont importantes à connaître. Ces connaissances permettent de prévenir ces accidents mais aussi de garantir leur bonne gestion.

**JURY** :

Président : **Monsieur le Professeur L. Robberecht**

Assesseurs : **Monsieur le Docteur A. Gambiez**

**Madame le Docteur D. Lunardi**

**Monsieur le Docteur X. Coutel**

