

UNIVERSITE DU DROIT ET DE LA SANTE DE LILLE 2

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

[Année de soutenance : 2017]

N°:

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

Présentée et soutenue publiquement le 05 décembre 2017

Par David DOLÉ

Né le 19 juin 1989 à Fontainebleau

**La variabilité intra-individuelle de la
cémentogenèse : étude comparative microscopique**

JURY

Président : Monsieur le Professeur Thomas COLARD

Assesseurs : Madame le Docteur Mathilde SAVIGNAT

Madame la Docteur Amélie de BROUCKER

Madame le Docteur Cécile OLEJNIK

ACADÉMIE DE LILLE
UNIVERSITÉ DU DROIT ET DE LA SANTÉ LILLE 2

FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE
PLACE DE VERDUN
59000 LILLE

Président de l'Université	:	Pr. X. VANDENDRIESSCHE
Directeur Général des Services	:	P-M. ROBERT
Doyen	:	Pr. E. DEVEAUX
Vice-Doyens :	:	Dr. E. BOCQUET, Dr. L. NAWROCKI et Pr. G. PENEL
Responsable des Services :	:	S. NEDELEC
Responsable de la Scolarité :	:	M. DROPSIT

PERSONNEL ENSEIGNANT DE L'U.F.R.

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS :

P. BEHIN	Prothèses
T. COLARD	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques, Biomatériaux, Biophysiques, Radiologie
E. DEVEAUX	Odontologie Conservatrice - Endodontie Doyen de la Faculté
G. PENEL	Responsable de la Sous-Section des Sciences Biologiques

MAITRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS

T. BECAVIN	Responsable de la Sous-Section d'Odontologie Conservatrice - Endodontie
F. BOSCHIN	Parodontologie
E. BOCQUET	Responsable de la Sous-Section d'Orthopédie Dento-Faciale
C. CATTEAU	Responsable de la Sous-Section de Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale
A. de BROUCKER	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques, Biomatériaux, Biophysiques, Radiologie
T. DELCAMBRE	Prothèses
C. DELFOSSE	Responsable de la Sous-Section d'Odontologie Pédiatrique
F. DESCAMP	Prothèses
A. GAMBIEZ	Odontologie Conservatrice - Endodontie
F. GRAUX	Prothèses
P. HILDELBERT	Odontologie Conservatrice - Endodontie
J.M. LANGLOIS	Responsable de la Sous-Section de Chirurgie Buccale, Pathologie et Thérapeutique, Anesthésiologie et Réanimation
C. LEFEVRE	Prothèses
J.L. LEGER	Orthopédie Dento-Faciale
M. LINEZ	Odontologie Conservatrice - Endodontie
G. MAYER	Prothèses
L. NAWROCKI	Chirurgie Buccale, Pathologie et Thérapeutique, Anesthésiologie et Réanimation Chef du Service d'Odontologie A. Caumartin – CHRU Lille
C. OLEJNIK	Sciences Biologiques
P. ROCHER	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques, Biomatériaux, Biophysiques, Radiologie
M. SAVIGNAT	Responsable de la Sous-Section des Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques, Biomatériaux, Biophysiques, Radiologie
T. TRENTESAUX	Odontologie Pédiatrique
J. VANDOMME	Responsable de la Sous-Section de Prothèses

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 2 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.

Je dédie cette thèse...

Aux membres du jury,

Monsieur le Professeur Thomas COLARD

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD

*Sous-Section Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques,
Biomatériaux, Biophysique et Radiologie.*

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur au Muséum National d'Histoire Naturelle en Anthropologie Biologique

Que ce soit lors de l'option paléopathologie, le master de taphonomie, les séances à l'insp ou les travaux pratiques de sciences anatomiques, j'ai pris plaisir à découvrir cet univers qu'est le vôtre. Aujourd'hui vous me faites l'honneur de présider cette thèse dont le sujet vous est familier.

Je vous en remercie sincèrement.

Recevez ici l'expression de mon profond respect.

Madame le Docteur Mathilde SAVIGNAT

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD

*Sous-Section Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques,
Biomatériaux, Biophysique et Radiologie.*

Docteur en Chirurgie Dentaire

Doctorat de l'Université de Lille 2 (mention Odontologie)

Master Recherche Biologie Santé, spécialité Physiopathologie et Neurosciences

Responsable de la Sous-Section Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques,
Biomatériaux, Biophysique et Radiologie.

Vous me faites l'honneur de siéger au sein de ce jury et je vous en remercie.

*J'ai apprécié au cours de mon cursus la qualité de votre enseignement mais surtout la
patience et la douceur avec lesquelles vous le transmettez ; être compétent est une chose,
mais être pédagogue en est une autre ... vous avez le don de regrouper les deux.*

Veuillez trouver à cette occasion l'expression de ma profonde estime.

Madame le Docteur Amélie de BROUCKER

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD

*Sous-Section Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques,
Biomatériaux, Biophysique et Radiologie.*

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université de Lille 2

Lorsque je vous ai demandé de diriger cette thèse, c'était sur les conseils de Thomas. Je ne vous connaissais pas bien car nous n'avions pas vraiment eu l'occasion de travailler ensemble en clinique.

Aujourd'hui j'ai conscience de la chance que j'ai eue de vous avoir comme directrice.

J'ai découvert une personne extrêmement professionnelle, franche et généreuse.

Vous vous êtes surpassée pour me sortir des nombreuses impasses.

Vous avez gagné ma confiance et mon profond respect.

Soyez assurée de ma sincère reconnaissance.

Madame le Docteur Cécile OLEJNIK

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD

Sous-Section Sciences Biologiques

Docteur en Chirurgie Dentaire

Doctorat de l'Université Lille2 (mention Odontologie)

Vous avez accepté avec enthousiasme et spontanéité de faire partie du jury de cette thèse.

C'est pour moi, un grand honneur.

Je garde des vacances « paro » du mardi soir un excellent souvenir à vos côtés.

Soyez sûre de mes sincères remerciements et du témoignage de toute ma sympathie.

Table des matières

1. Introduction.....	16
2. Généralités.....	17
2.1. Définition.....	17
2.2. La découverte du ciment	18
2.3. Rôles du ciment	19
2.4. Composition du ciment.....	21
2.4.1. La fraction organique.....	21
2.4.2. La fraction minérale.....	22
2.5. Classification du ciment.....	22
2.5.1. Ciments Acellulaires	22
2.5.1.1. Le Ciment Acellulaire à Fibres Extrinsèques (CAFE)	22
2.5.1.2. Le Ciment Acellulaire Afibrillaire (CAA).....	23
2.5.2. Ciments Cellulaires	24
2.5.2.1. Le Ciment Cellulaire à Fibres Intrinsèques (CCFI).....	24
2.5.2.2. Le Ciment Cellulaire Mixte Stratifié (CCMS)	25
2.5.3. Le Ciment Intermédiaire	25
2.6. La Cémentogenèse.....	26
2.6.1. La cémentogenèse primaire	26
2.6.2. La cémentogenèse secondaire.....	31
2.7. Cémentochronologie	31
2.7.1. Phénomène de bandes.....	31
2.7.2. Détermination de l'âge au décès (Tooth Cementum Annulation)	33
2.7.2.1. Principe de base.....	33
2.7.2.2. En fonction du sexe	33
2.7.2.3. En cas de maladie parodontale	33
2.7.2.4. En fonction du quadrant dentaire étudié.....	35
2.7.3. Détermination de la saison au décès (Dental Cementum Increment Analysis)	35
2.7.4. Applications chez l'Homme.....	36
2.7.4.1. Anthropologie.....	36
2.7.4.2. À but médico-légal	37
2.7.5. Avantages de la méthode	37
2.7.5.1. Fiabilité de la méthode	37
2.7.5.2. Précision de la méthode.....	38
2.7.6. Inconvénients.....	38
2.7.6.1. Destruction du matériel dentaire	38
2.7.6.2. Coût	38
2.7.6.3. Une technique chronophage	39
2.7.6.4. Variabilité interindividuelle.....	39
2.7.6.5. Facteurs taphonomiques	39
2.7.6.6. Cémentogenèse méconnue	40
3. Étude de la variabilité intra-individuelle de la méthode TCA.....	41
3.1. Objectifs de l'étude.....	41
3.2. Matériels et Méthodes	41
3.2.1. Matériels	41
3.2.2. Méthodes.....	42
3.2.2.1. Inclusion de l'échantillon.....	43
3.2.2.2. Réalisation des coupes transversales.....	46
3.2.2.3. Préparation des lames microscopiques.....	49
3.2.2.4. Analyse microscopique des coupes et sélection des zones d'intérêts	50
3.2.2.5. Comptage des anneaux cémentaires.....	52
3.2.2.6. Calcul de l'âge au décès	52
3.3. Résultats	53
3.3.1. Échantillons exploitables.....	53
3.3.2. Tableau des résultats	54

3.3.3.	Analyse du « nombre de stries moyen par individu » en fonction de l'« âge civil »	61
3.3.3.1.	Analyse qualitative	61
3.3.3.2.	Analyse quantitative	62
3.3.4.	Analyse du « nombre de stries moyen par dent » en fonction de l'« âge civil »	62
3.3.4.1.	Analyse qualitative	62
3.3.4.2.	Analyse quantitative	64
3.3.5.	Variabilité des comptages entre sections d'une même dent.....	64
3.3.6.	Variabilité intra-individuelle	65
3.4.	Discussion	66
3.4.1.	Exclusions.....	66
3.4.2.	Concernant la qualité des préparations	67
3.4.2.1.	Épaisseur de coupe	67
3.4.2.2.	En cas de ré-inclusion d'un échantillon	69
3.4.2.3.	Cas particulier des dents présentant un morceau d'os cortical adhérent à la racine	69
3.4.3.	Concernant la sélection des images microscopiques	70
3.4.4.	Concernant la méthode TCA	71
4.	Conclusion	73
5.	Références bibliographiques	74
6.	Table des illustrations	78
7.	Annexes	79

Abréviations

CAFE	Cément acellulaire à fibres extrinsèques
CCFI	Cément cellulaire à fibres intrinsèques
CCA	Cément cellulaire afibrillaire
CCMS	Cément cellulaire mixte stratifié
GEH	Gaine épithéliale de Hertwig
REM	Restes épithéliaux de Malassez
TCA	Tooth cementum annulation
DCIA	Dental cementum increment analysis

1. Introduction

La cémentochronologie se définit par l'étude des structures du ciment.

Cette discipline fut initialement utilisée par les zooarchéologues dans le but d'estimer l'âge et/ou la saison au décès chez les animaux, puis fut plus récemment appliquée à l'Homme.

Jusqu'à présent, les anthropologues utilisaient volontiers l'étude des sutures crâniennes (Masset, 1989) ou encore l'étude de la symphyse pubienne (Suchey-Brooks 1990) afin de déterminer l'âge au décès d'un adulte. Mais ces techniques comportent toutes un handicap : elles vont calculer un âge biologique basé sur des critères dégénératifs, sensibles aux facteurs génétiques, environnementaux et culturels.

La méthode de datation à partir des anneaux du ciment dit « Tooth Cementum Annulation » permet à l'inverse de calculer un âge chronologique.

Nous verrons donc dans une première partie, sur quels principes physiologiques se base la méthode pour comprendre son fonctionnement puis dans une deuxième partie, nous procéderons à une mise en application sur un échantillon de 50 dents provenant de 10 individus d'âge connu.

Lors de cette étude, l'âge des individus est rendu imperceptible pour l'observateur et ne sera révélé que lorsque l'ensemble des estimations seront terminées.

Cette étude à l'aveugle se veut novatrice en ce sens, où l'échantillon est composé uniquement de patients sur lesquels des avulsions multiples étaient programmées, nous permettant ainsi de s'assurer d'une part, de la précision de la méthode TCA ; d'autre part de quantifier la variabilité intra-individuelle dans l'estimation de l'âge au décès. Cela n'avait alors été effectué que dans un article, publié par L. Lanteri en 2014.

2. Généralités

2.1. Définition

Le cément dentaire est un tissu conjonctif minéralisé qui recouvre chez les mammifères la surface radiculaire des dents, depuis la jonction amélo-dentinaire jusqu'à l'apex (Figure 01).

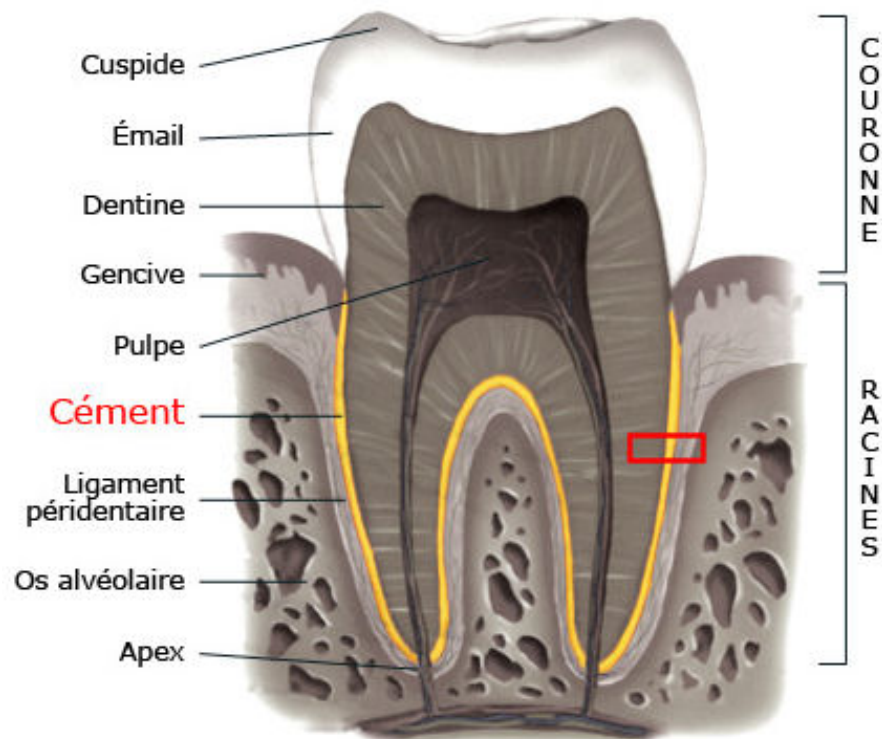


Figure 01: Coupe axiale de dent schématisée mettant en évidence le cément (1).

Il existe également un cément dit « coronaire » retrouvé chez certains animaux comme le cheval, le lapin, le cochon d'inde ou encore le mouton mais chez l'Homme il n'est retrouvé qu'occasionnellement et de façon isolée.

La structure du cément est similaire à celle de l'os à quelques importances près : il est avasculaire ; ne subit aucun remodelage physiologique et croît en épaisseur tout au long de notre vie (2).

Comme il est avasculaire, il reçoit ses nutriments directement du ligament parodontal *via* les prolongements cytoplasmiques de ses cellules.

C'est également un tissu dépourvu d'innervation.

Le ciment appartient à un ensemble de tissus qui forment le « parodonte ». Il tire son étymologie du grec : « para » qui signifie « autour » et « odontos » : la « dent ».

En effet, le parodonte est l'ensemble des tissus qui vont soutenir la dent, mais on distingue un « parodonte profond » dont fait partie le ciment, au même titre que l'os alvéolaire et le ligament, d'un « parodonte superficiel » composé de la gencive.

Le ciment est un tissu dur (sa dureté est inférieure à celle de la dentine, elle-même inférieure à celle de l'émail) dont l'épaisseur est plus importante au niveau du (des) apex et dans la zone inter-radiculaire des dents pluriradiculées (50 à 200 microns) alors qu'il ne mesure que 10 à 50 microns dans sa portion cervicale, à la jonction cémento-amélaire (3).

2.2. La découverte du ciment (4)

Des trois tissus durs composant la dent humaine, le ciment fut le dernier à être découvert.

Ceci est principalement dû à sa faible épaisseur ainsi qu'à une jonction cémento-dentinaire mal définie.

C'est grâce à l'apparition du microscope au XVII^e siècle que le ciment fut observé initialement chez certaines espèces herbivores (notamment l'éléphant et le cheval) à la partie coronaire des molaires. On pense alors que la fonction de ce tissu est d'augmenter la résistance des dents lors de la mastication.

D'abord qualifié de « *substantia tartarea* » par Marcello Malpighi en 1667, puis de « *crusta petrosa* » en 1798 par Robert Blake ou encore de « cortical osseux » par Jacques René Tenon, c'est finalement au début du XIX^e siècle qu'apparu pour la première fois le terme de « ciment » inventé par Georges Cuvier, naturaliste et anatomiste français.

Cette dénomination fut par la suite reprise par Richard Owen pour finalement s'imposer aux autres à la fin du XIXe siècle.

Il faudra attendre 1835 pour que Jan Evangelista Purkinje et son équipe, aidés d'un microscope plus performant (fourni par le designer Plössl) et de techniques de préparation histologiques avancées, identifient un troisième tissu dur à la surface radiculaire des dents humaines qu'ils qualifieront de « *substantia ossea* ». Jusqu'alors, la dent humaine était considérée comme composée de seulement deux tissus durs : l'émail et la dentine.

Ils décrivent un tissu qui augmente en épaisseur au niveau des apex et objectivent même la présence de corpuscules dits de « Purkinje » dans ces zones. Ces corpuscules sont connus aujourd'hui sous le nom de « cémentocytes ».

Simultanément, Anders Retzius explique que le ciment radiculaire des dents humaines (qu'il nomme « *cortical substansen* ») croît tout au long de notre vie ce qui explique qu'il soit plus épais chez les personnes avancées en âge. Il étudia la structure du ciment et la compara chez près de deux douzaines d'espèces (lièvre, castor, paresseux, mouton, cheval, vache ...) avant que sa vue ne se détériore dans les années 1840, l'obligeant ainsi à arrêter ses observations anatomiques.

En 1887, Greene Vardiman Black publia un travail intitulé « A Study of the Periosteum and Peridental Membrane » dans lequel il réalise une étude microscopique détaillée du ligament alvéolo dentaire. Dans ses écrits, il reprend les observations réalisées auparavant par William Sharpey et va à l'encontre de ce dernier en affirmant que les fibres de Sharpey n'ont pas un rôle dynamique associé à la croissance osseuse mais un rôle passif de moyen de liaison entre les différents tissus : la question du rôle du ciment semble enfin intéresser la communauté scientifique.

2.3. Rôles du ciment

Son rôle principal est de participer à l'ancrage de la dent dans son alvéole *via* le ligament parodontal (ou desmodonte ou ligament alvéolo-dentaire).

En effet, les fibres collagéniques ligamentaires (d'origine fibroblastique) vont être incluses au ciment par minéralisation. Ces fibres collagéniques d'origine extrinsèque et

retrouvées dans le ciment sont connues sous le nom de « fibres de Sharpey ». Leur axe est globalement perpendiculaire à la surface radiculaire.

Elles seront également retrouvées de l'autre côté du ligament, au niveau de l'os alvéolaire, assurant ainsi l'ancrage de la dent (Figure 02).

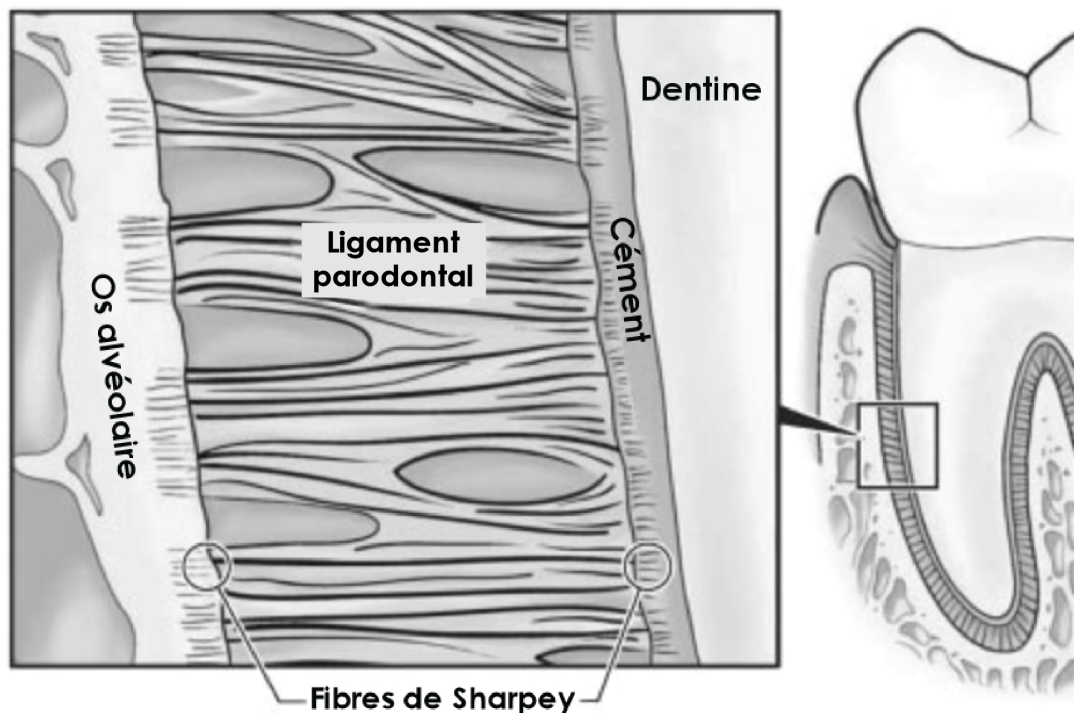


Figure 02 : Fibres de Sharpey de part et d'autre du desmodonte (5).

Le ciment a d'autres rôles plus secondaires mais toutefois importants comme un rôle de protection de la dentine : un phénomène d'hyperesthésie du collet apparaît lorsque la dentine n'est plus protégée par le ciment (6).

Le ciment a aussi un rôle d'adaptation, pour compenser les pertes de substances dentaires liées à l'usure occlusale. Pour cela, on aura une apposition de ciment en plus grande quantité dans la zone des apex et furcations pour maintenir les dents en occlusion.

Enfin il dispose d'un rôle de réparation des zones de résorption radiculaire.

2.4. Composition du ciment

C'est un tissu composé, en poids relatif, d'une fraction organique (27%), d'une fraction minérale (61%) et d'eau (12%).

2.4.1. La fraction organique

Elle est principalement constituée de collagène : type I (90%) et type III (5%) (7).

Le collagène peut avoir deux origines : une origine extrinsèque, à partir des fibroblastes du desmodonte (ce sont les fibres de Sharpey) ou bien une origine intrinsèque, à partir des cémentoblastes.

Les fibres extrinsèques (responsables de l'ancrage de la dent) font un angle de 90° avec la jonction cémento-dentinaire alors que les fibres intrinsèques leur sont perpendiculaires (Figure 03).

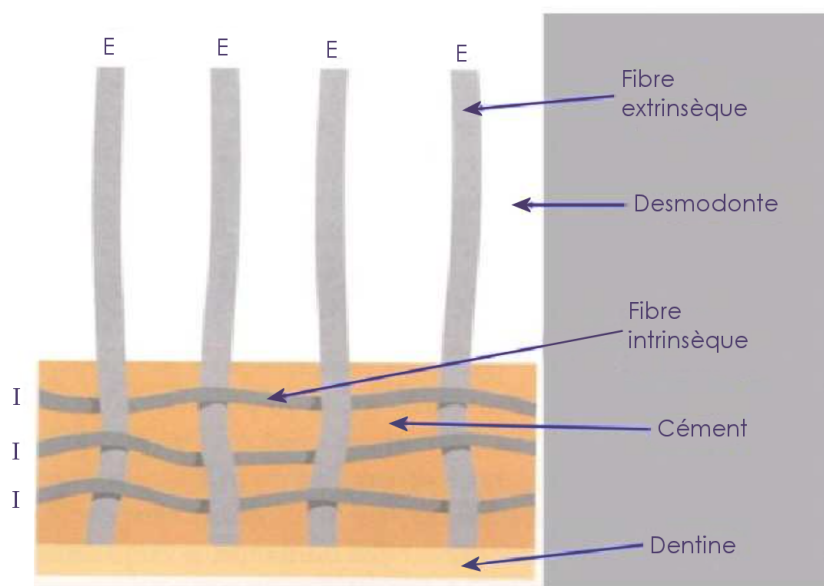


Figure 03 : Entrecroisement des fibres collagéniques extrinsèques et intrinsèques sous forme de maillage (8).

La fraction non collagénique de la matrice organique est constituée principalement d'un complexe de glucoprotéines dont les deux principales sont la sialoprotéine osseuse et l'ostéopontine ainsi que de mucopolysaccharides neutres et acides.

2.4.2. La fraction minérale du ciment

Elle est pour l'essentiel composée de phosphate et de calcium organisés sous la forme de cristaux d'hydroxyapatite $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2]$.

Cette fraction inorganique est retrouvée dans la dentine et l'émail mais dans des proportions plus importantes (respectivement 70 et 97%) et apparaissent de fait plus radio-opaques sur un cliché radiographique.

Le degré de cristallinité du ciment est inférieur à celui des autres tissus calcifiés, il peut donc se décalcifier plus facilement (9).

En outre il dispose d'une plus grande affinité à l'adsorption des ions environnementaux tels que l'ion fluorure. On aura donc en général chez l'adulte, un taux en ion fluorure supérieur dans le ciment dentaire que dans les autres tissus calcifiés (10).

On trouve également dans cette fraction inorganique : du magnésium, qui sera en concentration croissante de la périphérie vers les couches profondes et quelques éléments chimiques à l'état de trace comme le zinc, le cuivre et le sodium.

2.5. Classification du ciment

Il a été décrit dans la littérature 5 variétés de ciments différents (11) qu'il convient de classer selon qu'ils sont cellulaires ou acellulaires, c'est à dire selon qu'ils incorporent dans leur matrice des cémentocytes ou non.

2.5.1. Ciments Acellulaires

2.5.1.1. Le Ciment Acellulaire à Fibres Extrinsèques (CAFE)

Il représente la majorité du ciment qui recouvre la racine (40 à 70%) (12).

On le retrouve au niveau des 2/3 coronaires de la racine.

Sur les dents antérieures le CAFE ou « ciment primaire » ou « ciment fibrillaire » s'étend davantage à la zone apicale que sur les dents postérieures.

Il sert de point d'attache aux fibres collagéniques extrinsèques (les fibres de Sharpey) et aura donc essentiellement une fonction d'ancrage de la dent au sein de l'alvéole.

Il est caractérisé par une formation lente et régulière : 2 à 3 microns d'épaisseur par an chez l'Homme (13)(14)(15).

Aucune cellule cémentaire n'y est présente.

Dans cette thèse, nous étudierons uniquement le CAFE (Figure 04).

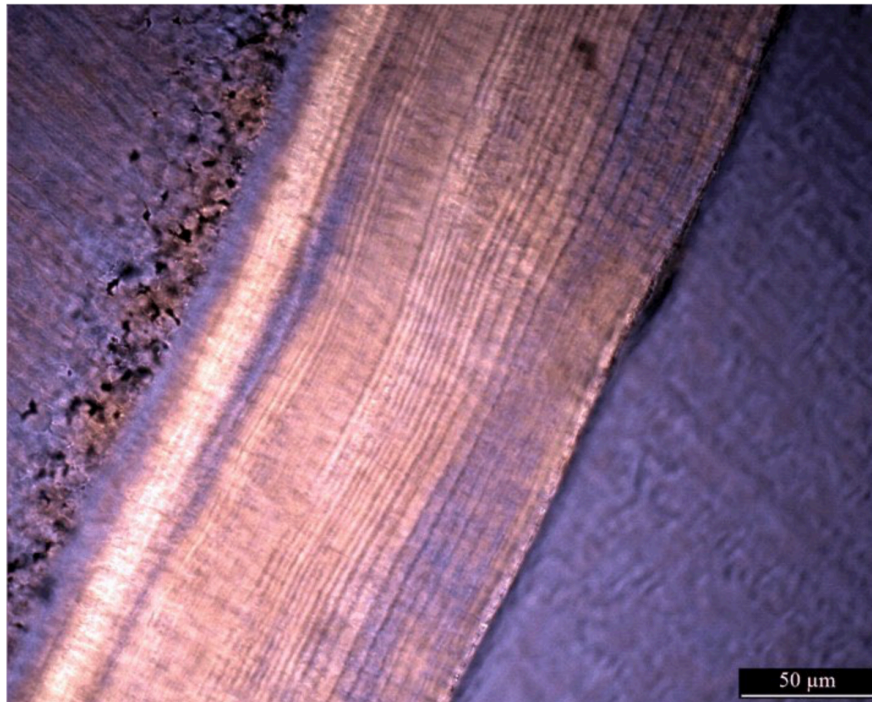


Figure 04: Image microscopique de ciment acellulaire à fibres extrinsèques après retouches (16).

2.5.1.2. Le Cément Acellulaire Afibrillaire (CAA)

C'est un ciment parfois retrouvé chez l'Homme et qui recouvre ponctuellement de petites zones d'émail le long de la jonction amélo-cémentaire ; on parle de « ciment coronaire ».

La présence de ce ciment varie d'une dent à l'autre et varie aussi le long de la jonction amélo-cémentaire d'une même dent (17).

Aucune fonction particulière ne lui a été attribuée jusqu'à présent.

2.5.2. Ciments Cellulaires

2.5.2.1. Le Cément Cellulaire à Fibres Intrinsèques (CCFI)

Il s'agit du second type de ciment « majoritaire » après le CAFE.

Le CCFI est situé au niveau de la zone apicale (1/3 apical) des dents antérieures et postérieures ainsi qu'au niveau de la furcation des dents pluriradiculées.

Il contient des cémentocytes visibles au microscope optique sous forme de cellules étoilées (Figure 05). À l'origine ces cellules étaient des cémentoblastes, mais elles ont synthétisé une matrice collagénique à une vitesse beaucoup plus rapide que dans le cas du CAFE.

Par conséquent, les cémentoblastes se sont progressivement emmurés pour devenir par la suite des cémentocytes (formes adultes). Ils émettent des prolongements cytoplasmiques entre eux qui vont permettre le transport d'éléments nutritifs nécessaires au maintien de leur vitalité.

Parfois, le cémentocyte se détériore, laissant ainsi un espace vide au cœur de la matrice : la lacune cémentaire ou cémentoplaste.

Le CCFI, de par sa rapidité de formation est un ciment qui est déposé en réponse à un processus de résorption de la racine (rôle de réparation) mais aussi il assure le maintien de l'occlusion par compensation de l'attrition des dents.

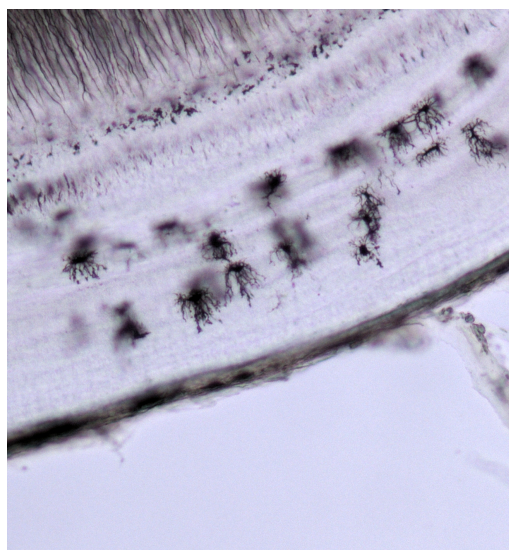


Figure 05 : Acquisition microscopique (Gx100) de CCFI avec inclusion de cémentocytes (cliché personnel).

2.5.2.2. Le Cément Cellulaire Mixte Stratifié (CCMS)

Il s'agit d'une zone où l'on aura une combinaison des deux types de ciments majoritaires soit par inclusions ponctuelles de cémentocytes dans le CAFE soit par une alternance de couches de CAFE et de CCFI (18).

2.5.3. Le Cément Intermédiaire

Son origine histologique fait débat, certains auteurs disent que cette couche a une origine dentinaire comme Hopewell-Smith (19), alors que d'autres lui trouvent une origine cémentaire comme Bencze.

Quoi qu'il en soit il s'agit d'une couche homogène située à la jonction cémento-dentinaire, en regard du cément cellulaire. C'est l'équivalent de la couche hyaline de Hopewell Smith qui avait été décrite auparavant entre la couche granulaire de Tomes et le CAFE mais cette fois ci au niveau du CCFI.

Tableau résumant les principales caractéristiques des deux types de ciments prédominants :

CAFE	CCFI
– Majoritaire : recouvre les 2/3 coronaires de la racine – Formation lente et régulière – Absence de cellule – Fonction d'attache	– Au niveau des apex et de la zone de furcation – Formation rapide et irrégulière – Présence de cémentocytes – Fonction de réparation et de compensation occlusale

2.6. La Cémentogenèse

2.6.1. La cémentogenèse primaire

À la fin de la formation coronaire, l'épithélium adamantin interne et externe se rejoignent pour former la « zone de réflexion » ou « boucle cervicale » (au niveau du futur collet anatomique).

Ce double feuillet épithélial va progressivement s'étendre apicalement : c'est la « gaine épithéliale de Hertwig Von Brunn » (GEH) qui sera à la base de la rhizogenèse.

Cette gaine va séparer la papille dentaire (future pulpe dentaire) d'une part, du sac folliculaire d'autre part. La face interne de cette gaine est donc en contact avec la papille dentaire et va induire une différenciation de ses cellules en odontoblastes (Figure 06) qui seront responsables de la dentinogenèse (et donc de l'édification radiculaire) au fur et à mesure que la gaine de Hertwig progresse apicalement.

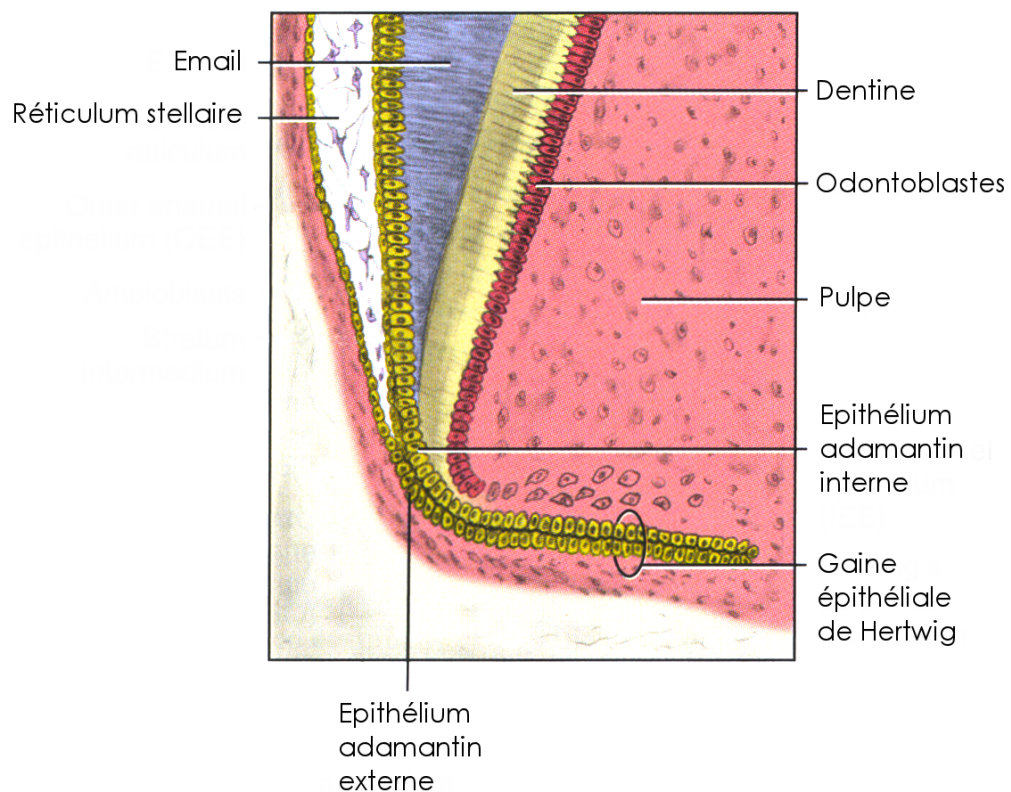


Figure 06: Différenciation des cellules en contact avec la face interne de la GEH, en odontoblastes (3).

À mesure que l'édification radiculaire progresse, on va assister au niveau des zones cervicales (où la dentine a déjà été formée) à des perforations de la gaine épithéliale de Hertwig par des cellules ectomésenchymateuses qui proviennent du sac folliculaire et atteignent la surface dentinaire (20).

La GEH se fragmente en plages plus ou moins interconnectées : ce sont les « restes (ou débris) épithéliaux de Malassez » (REM) (Figure 07).

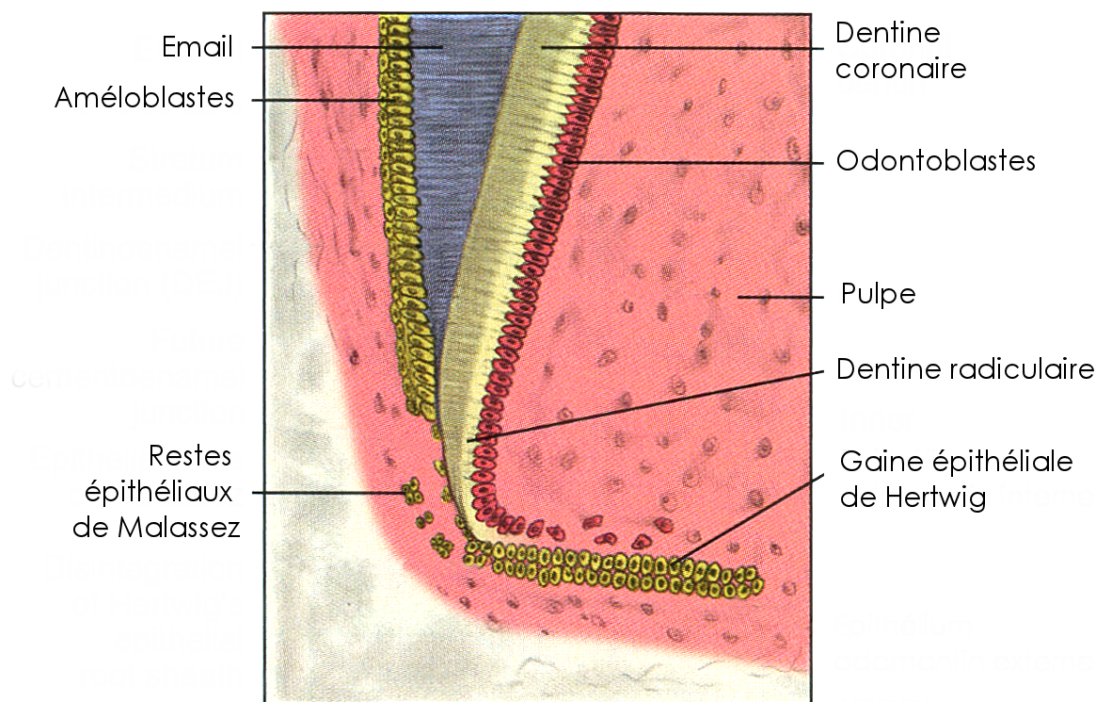


Figure 07: Perforation de la GEH et formation des « restes épithéliaux de Malassez » à mesure que l'édification radiculaire progresse (3).

Cette migration de cellules ectomésenchymateuses semble facilitée par un tropisme positif exercé par la « couche hyaline de Hopewell-Smith » qui agirait comme un précurseur nécessaire à la cémentogenèse. L'origine de cette couche est très controversée : odontoblastique pour certains, cémentoblastique pour d'autres ou encore directement dérivée de la face interne de la GEH ; cette couche hautement calcifiée, homogène et non collagénique, épaisse de 7 à 10 microns précède la mise en place du CAFÉ.

Théorie classique (la plus largement reconnue) : les cémentoblastes dérivent des cellules ectomésenchymateuses issues du follicule dentaire : ces cellules sont qualifiées de « pré-cémentoblastes ».

Lorsque ces pré-cémentoblastes traversent la GEH, ils entrent en contact avec la dentine radiculaire et se différencient en cémentoblastes : cela constitue la première étape de la cémentogenèse.

Puis, les cémentoblastes vont recouvrir la surface dentinaire et vont déposer une matrice collagénique (non minéralisée) appelée « précément » ou « tissu cémentoïde » qui éloigne les fragments de la GEH.

Enfin lors d'une troisième étape, avant que la dent ne fasse éruption dans la cavité buccale, le collagène situé contre la surface dentinaire est remodelé (Figure 08) (21) :

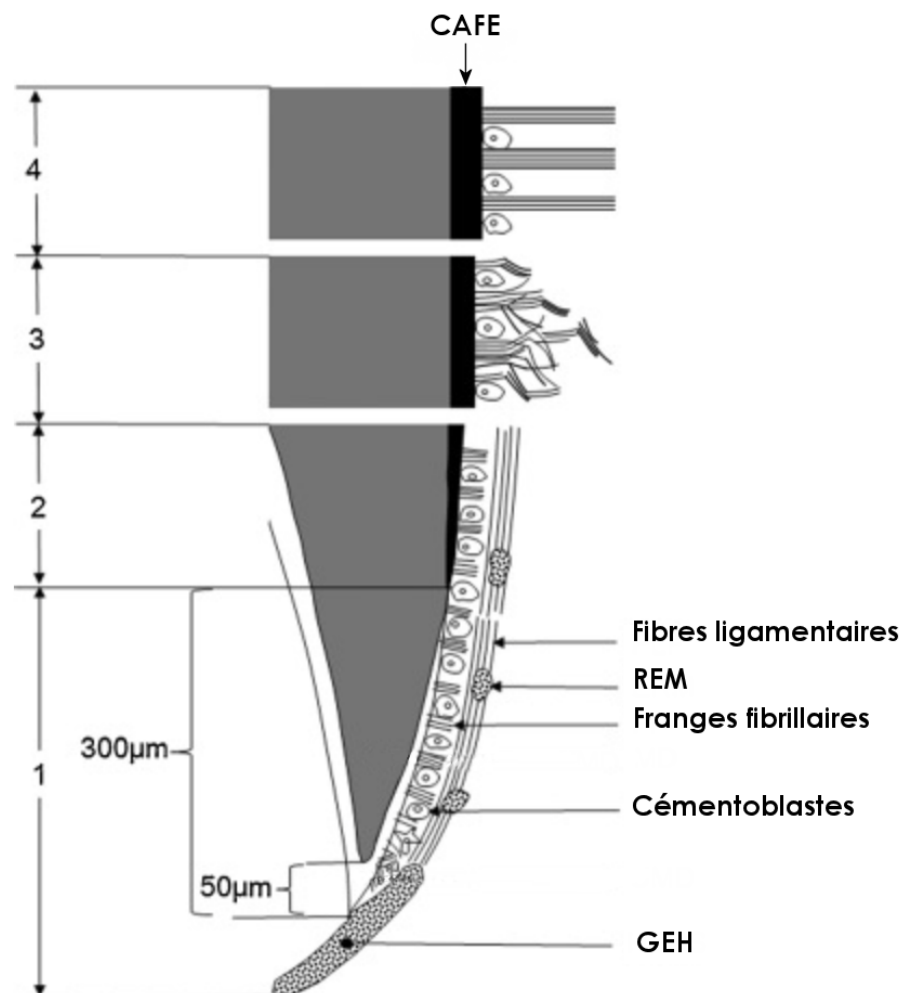


Figure 08 : Remaniement des fibres collagéniques avant éruption dans la cavité buccale (21).
GEH= Gaine épithéliale de Hertwig ; REM= Restes épithéliaux de Malassez.

1 : Les fibres collagéniques d'origine cémentoblastique vont s'entremêler avec les fibres de la surface dentinaire (celle-ci n'est toujours pas minéralisée, on parle de « pré dentine »). Ces fibres qui s'entremêlent vont se regrouper par petits paquets dont l'axe sera perpendiculaire à la surface radiculaire. Les complexes ainsi formés constituent des « franges fibrillaires » collagéniques.

Les fibres collagéniques ligamentaires, d'origine fibroblastique, sont à ce stade parallèles à la surface radiculaire.

2 : La minéralisation de la dentine s'effectue de façon centrifuge. À partir du moment où cette minéralisation atteint les franges fibrillaires et donc le précément, se met en place la première couche de CAFE. Lors de cette phase, les franges fibrillaires vont en outre gagner en densité.

3 : Le CAFE croît en épaisseur alors que les franges fibrillaires s'allongent à mesure que le front de minéralisation progresse ; elles commencent à établir une connexion avec les fibres collagéniques ligamentaires.

4 : Le système d'ancrage de la dent *via* les fibres ligamentaires principales est mature, il va donc pouvoir jouer pleinement son rôle d'amortisseurs des forces de mastication.

Lorsque la connexion entre les fibres collagéniques intrinsèques et extrinsèques est terminée, la dent va faire éruption dans la cavité buccale et du nouveau cément est déposé à la surface par les cémentoblastes qui vont reculer en direction du ligament (Figure 09).

Cette apposition de cément acellulaire se fait selon un processus lent et régulier leur évitant ainsi d'être pris au piège par la matrice secrétée.

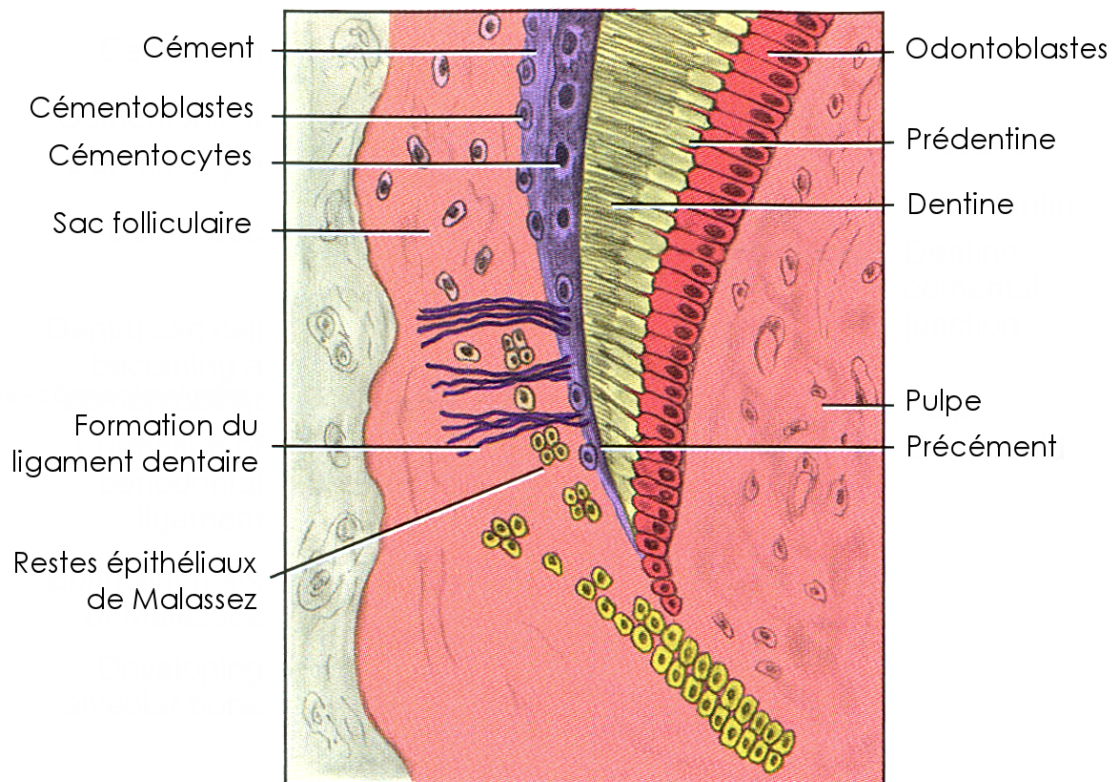


Figure 09 : Mise en place des premières couches cémentaires (3).

Cette formation débute immédiatement après l'éruption de la dent dans la cavité buccale et se poursuit jusqu'à la mort de l'individu.

C'est une formation qui est continue, centrifuge et qui se fait selon un rythme annuel bimodal que l'on peut mettre, chez un très grand nombre d'espèces de mammifères, en corrélation avec un rythme saisonnier (22).

Cela se traduit microscopiquement par une alternance de bandes concentriques sombres et claires qui seront la base de la cémentochronologie.

2.6.2. La cémentogenèse secondaire

C'est un processus de réparation et de maintenance de la dent adulte. Elle va notamment permettre de compenser l'attrition des dents et de réparer les zones de résorptions radiculaires. Sa vitesse de formation est plus rapide et se traduit à l'échelle cellulaire par l'inclusion de cémentoblastes dans leur propre matrice, ce qui conduit à la formation de cémentocytes.

C'est pourquoi le ciment cellulaire à fibres intrinsèques est retrouvé essentiellement au niveau des zones de furcations et des 1/3 apicaux radiculaires.

2.7. Cémentochronologie

C'est l'analyse des structures du ciment dentaire.

2.7.1. Phénomène de bandes

Au microscope optique, vont pouvoir être analysées des coupes longitudinales ou transversales du ciment.

Sur ces coupes, on pourra observer des structures de croissances « expression générale désignant l'ensemble des marques histomorphologiques formées dans les tissus durs en cours de croissance, quelles que soient leur structure ou leur signification fonctionnelle » (Figure 10) (23).

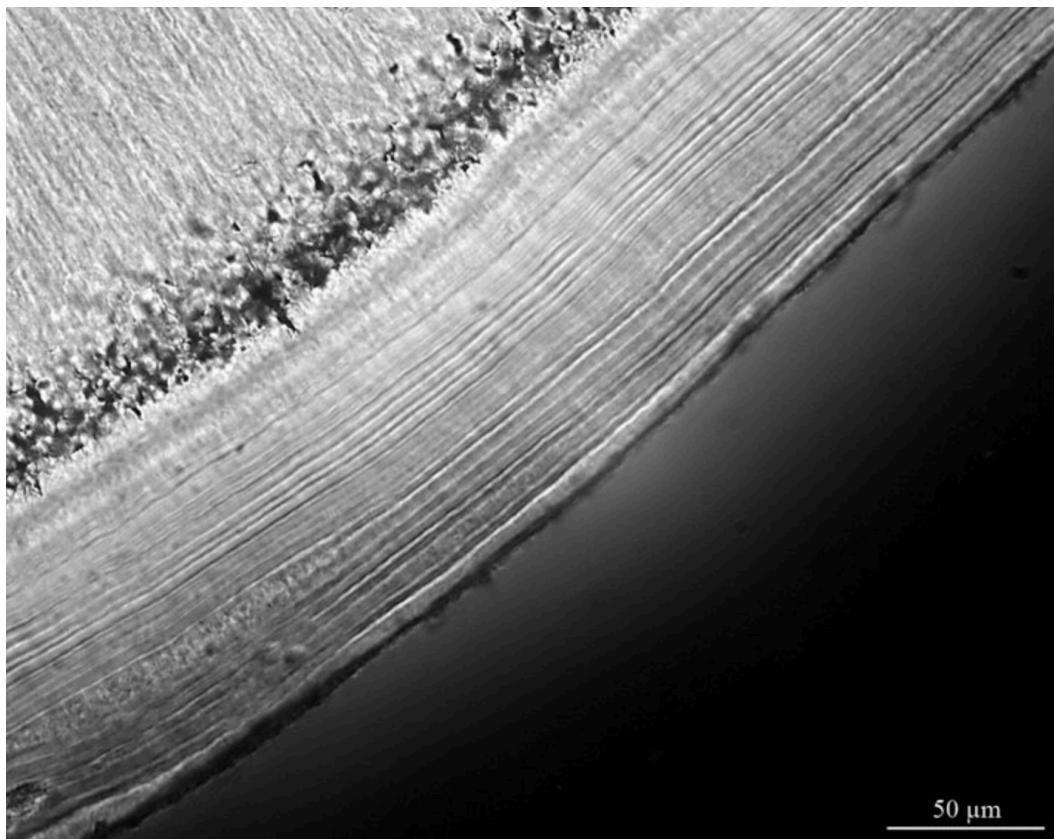


Figure 10 : Structures de croissance visibles au microscope optique sur une coupe transversale (16).

Ces structures de croissance s'apparentent à une alternance de bandes sombres et lumineuses concentriques, qui s'apposent de manière centrifuge selon un rythme périodique tout au long de la vie.

Cette alternance serait due à une modification du degré de minéralisation des fibres de collagène associée à un changement de leur orientation (2)(24).

Les bandes sombres, étroites, observées au microscope à lumière transmise correspondent à une zone de croissance ralentie et seraient plus minéralisées que les bandes claires, plus large, qui à l'inverse correspondent à une zone de croissance rapide et seraient moins minéralisées (18)(25)(26).

Il existe une confusion dans la désignation de ces bandes principalement parce que les observateurs ne précisent pas systématiquement si les coupes sont analysées au microscope à lumière réfléchie, transmise ou s'ils ont recours à un filtre polarisant.

C'est pourtant essentiel car généralement les bandes qui apparaissent opaques sous lumière transmise, apparaissent translucides sous lumière réfléchie et inversement. Ce manque de précision peut aisément conduire à des erreurs de compréhension.

2.7.2. Détermination de l'âge au décès (Tooth Cementum Annulation)

En 1952, R.M. Laws va être l'initiateur de la méthode TCA chez l'animal (notamment l'éléphant de mer) (27).

Mais c'est il y a maintenant plus de 30 ans que la méthode fut appliquée chez l'Homme pour la première fois, par Stott *et al.* en 1982 (28).

D'abord utilisée sur des dents humaines fraîchement extraites, la méthode fut ensuite élargie au domaine archéologique par B. Grosskopf en 1989 (29) pour être finalement appliquée à partir de 2001 par R. Jankauskas lors d'affaire médico-légale.

2.7.2.1. Principe de base

La méthode est basée sur le dénombrement des anneaux du ciment : une bande sombre associée à une bande lumineuse forme une paire de bande et représente un an de vie.

Pour déterminer l'âge au décès d'un individu, on va compter le nombre de paires de bandes visibles sur la coupe microscopique auquel il faut additionner l'âge présumé d'éruption de la dent observée.

2.7.2.2. En fonction du sexe

Mis à part Condon *et al.* qui ont mis en évidence en 1986 une précision de la méthode plus importante chez la femme (variation de 4,7 ans entre âge réel/âge calculé chez la femme contre 9,4 chez l'homme sur un échantillon de 55 individus) (30) aucun autre auteur n'a mis en évidence de différence significative de résultat en fonction du sexe de l'individu.

2.7.2.3. En cas de maladie parodontale

Ni Grosskopf *et al.* (1996) ni Wittwer-Backofen *et al.* (2004) n'ont observé d'influence de la maladie parodontale sur l'application de la méthode TCA. Ces conclusions vont à l'encontre de celles annoncées par Kagerer et Grupe en 2001.

C'est face à ce manque d'étude portant sur la corrélation de la méthode TCA et la maladie parodontale qu'en 2015, de Broucker *et al.* ont étudié l'impact de la maladie parodontale sur la fiabilité de la cémentochronologie dans la détermination de l'âge au décès (31).

L'étude porte sur 41 dents provenant de 18 individus (4 femmes et 14 hommes) âgés de 34 à 78 ans (âge moyen 55,2 ans), atteints de parodontite non traitée et de sévérité variable. Pour chacune des 41 dents, un cliché radiographique pré-extractionnel est réalisé ce qui va permettre de les répartir selon 3 degrés d'atteinte différents : alvéolyse du 1/3 cervical, du 1/3 moyen et enfin du 1/3 apical.

Les résultats de l'étude ont montré qu'en présence d'alvéolyse (peu importe son degré d'atteinte), les anneaux du 1/3 apical radiculaire étaient considérablement affectés alors que pour les anneaux du 1/3 moyen et du 1/3 cervical, cela était très limité.

L'équipe a par ailleurs montré que lorsqu'on utilise la méthode de détermination de l'âge au décès sur une coupe du 1/3 apical d'une dent associée à une alvéolyse :

- On obtient une surestimation de 6,2 ans de l'âge présumé par rapport à l'âge réel chez les personnes dont l'alvéolyse touche le 1/3 cervical
- Une surestimation de 16,25 ans pour les personnes dont l'alvéolyse atteint le 1/3 moyen
- Enfin, lorsque l'alvéolyse atteint le 1/3 apical, on obtient à nouveau une corrélation entre l'âge réel et l'âge calculé.

Cette surestimation chez les personnes atteintes d'alvéolyse du 1/3 cervical et du 1/3 moyen est liée à un phénomène d'apposition de ciment réactionnaire (hypercémentose). Mais lorsque l'alvéolyse atteint le 1/3 apical, la résorption cémentaire va contrebalancer l'hypercémentose et inverser la tendance à la surestimation de l'âge calculé.

L'étude amène donc à la conclusion que l'on peut appliquer la méthode avec fiabilité même sur les dents concernées par la maladie parodontale, à condition de réaliser les coupes au niveau du 1/3 moyen radiculaire.

Cette indépendance entre la précision de la méthode TCA et la maladie parodontale confirme l'intérêt d'une telle méthode pour l'estimation de l'âge sur des squelettes archéologiques pour qui on le sait, bon nombre d'individus souffraient à l'époque de problèmes parodontaux.

2.7.2.4. En fonction du quadrant dentaire étudié

Lippitsch et Grupe ont en 2007 réalisé une étude portant sur 17 molaires mandibulaires provenant de 13 individus du début du Moyen Age (32).

Dans cette étude, ils ont travaillé chaque dent par quadrant. Ainsi ils ont montré que dans 69 % des cas, l'épaisseur du ciment était plus importante en distal puis en mésial puis en lingual et enfin en vestibulaire. De même, ils ont pu dénombrer plus de marqueurs de croissance sur 81% des échantillons observés suivant le même ordre : distal > mésial > lingual > vestibulaire.

Comme ils ont travaillé sur des dents archéologiques, ils ne disposaient pas de l'âge réel au décès et n'ont donc pu vérifier quel quadrant donnait l'estimation la plus proche.

Ils ont émis l'hypothèse selon laquelle ces variations d'épaisseur du ciment en fonction du quadrant étaient sous l'influence des forces de mastication.

2.7.3. Détermination de la saison au décès (Dental Cementum Increment Analysis (DCIA))

C'est une technique utilisée depuis de nombreuses années par les zooarchéologues (33). Il faut pour cela isoler et identifier la dernière strie cémentaire à s'être apposée c'est à dire la strie la plus externe.

En fonction de la nature de cette strie (sombre ou lumineuse) on peut en déduire la saison au décès (2).

La première étude ayant pour but de déterminer la saison au décès chez l'homme à partir de l'analyse du ciment fut menée par Klevezal et Shishlina en 2001 (34). L'étude portait alors sur 5 individus issus d'un cimetière datant de l'âge de Bronze, situé en République de Kalmoukie (Russie). Sur ces 5 individus, seulement 3 présentaient des anneaux cémentaires. L'étude a permis de déterminer avec succès l'âge au décès de chacun de ces trois individus mais surtout, elle a permis de connaître la saison au décès, ce qui a été confirmé par analyse palynologique (étude des spores et des pollens fossilisés).

En 2007, V.L. Wedel a reproduit l'expérience mais cette fois sur des dents fraîchement extraites, dans le but de calculer la fiabilité de la méthode DCIA (35).

Au total 132 dents ont été récupérées pour l'étude, provenant de 100 individus, hommes et femmes, âgés de 15 à 90 ans et pour qui on disposait de renseignements comme la date de naissance ainsi que la date d'extraction(s) dentaire(s), assimilée ici à la date de décès du patient.

L'échantillon a finalement été réduit à 92 dents après avoir défini des critères d'exclusion (dents de sagesse non évoluées, dents invaginées, informations manquantes ...).

V.L. Wedel a donc dans son étude à l'aveugle, isolé et identifié le dernier anneau cémentaire de chaque dent puis comparé les résultats qu'elle avait obtenus avec les informations enregistrées lors des prélèvements.

Les travaux ont ainsi mis en évidence que les couches opaques (observées au microscope optique sous lumière transmise polarisée) correspondaient à une apposition qui se déroulait au cours des saisons automne/hiver et que les couches translucides correspondaient à une acquisition printemps/été.

En outre, la corrélation entre la strie la plus externe et la saison au décès s'est vérifiée dans 99% de l'étude ce qui traduit une grande fiabilité de la méthode.

2.7.4. Applications chez l'Homme

2.7.4.1. Anthropologie

L'estimation de l'âge au décès par méthode TCA est de plus en plus utilisée en anthropologie pour plusieurs raisons :

- Les pièces dentaires de par leur nombre important sont facilement retrouvées à proximité des sépultures. Cela permet de palier parfois à des restes osseux en trop faible nombre ou en trop mauvais état. En effet, de par sa dureté la dent est souvent en meilleur état de conservation que les pièces osseuses.
- C'est un outil capable d'évaluer l'index de qualité de vie des anciennes civilisations (en fonction du sexe, de la classe sociale, de la religion, de la période étudiée...) (36).

2.7.4.2. À but médico-légal

Dans le cas de l'estimation de l'âge au décès d'un adulte, on utilise encore largement l'analyse des sutures crâniennes lorsque c'est possible ou à défaut, l'étude de la symphyse pubienne, des extrémités des côtes sternales, ou la surface auriculaire alors que la cémentochronologie est actuellement la méthode la plus précise. Ce paradoxe est dû au fait qu'il y avait jusqu'à dernièrement de nombreuses techniques de préparation des échantillons avec pour conséquence, un manque de fiabilité, de reproductibilité aux yeux des utilisateurs. C'est pourquoi en 2013, la Direction de l'archéologie de Douai (FRANCE) a validé un protocole de préparation certifié ISO-9001 (37)(38).

En outre bien qu'il soit admis que le ciment radiculaire soit formé selon un rythme annuel bimodal et que les anneaux cémentaires reflètent ce rythme, la méthode souffre d'une méconnaissance des mécanismes cellulaires et moléculaires responsables de la formation du ciment ce qui constitue un frein à son utilisation plus systématique en anthropologie, notamment médico-légale.

Généralement, quand le nombre de pièces squelettiques le permet, plusieurs méthodes d'estimation de l'âge au décès seront utilisées afin d'augmenter la fiabilité des résultats obtenus.

2.7.5. Avantages de la méthode

2.7.5.1. Fiabilité de la méthode

- Le ciment est un tissu dur qui n'est pas remodelé de façon physiologique car c'est un tissu avasculaire (2).
- Malgré les facteurs extérieurs comme les forces de mastication, l'alimentation, les conditions environnementales, l'humidité, l'altitude, la température, la pollution ... on préserve un rythme d'apposition qui est cyclique.
- La cémentochronologie est chez l'adulte, le seul indicateur d'âge qui se base directement sur un tissu dont la croissance est continue et qui par conséquent, s'affranchit de population de référence ou autre calcul statistique complexe (39).

- Cette technique trouvera également son intérêt lorsque les méthodes d'estimation basées sur la morphologie du squelette ne pourront être appliquées notamment lors de pathologies qui s'accompagnent d'un impact sur la croissance et/ou la dégénérescence osseuse (achondroplasie, ostéogenèse imparfaite, rachitisme, lèpre) (40).
- On peut appliquer la méthode sur les dents concernées par la maladie parodontale, à condition de réaliser les coupes au niveau du 1/3 moyen radiculaire (31).

2.7.5.2. Précision de la méthode

La plupart des auteurs s'accordent sur la supériorité de la méthode TCA par rapport aux autres techniques de détermination de l'âge chez l'adulte (41)(42).

U. Wittwer-Backofen a d'ailleurs publié un article en 2004, dans lequel elle précise qu'en prenant soin d'exclure les dents dont la qualité du ciment ne permet pas de bien visualiser ses structures, on obtient une précision de la méthode de +/- 2,5 ans avec un intervalle de confiance à 95% (étude menée sur 363 dents)(43).

2.7.6. Inconvénients

2.7.6.1. Destruction du matériel dentaire

L'analyse des structures du ciment dans le but de déterminer l'âge et/ou la saison au décès nécessite de réaliser des coupes et constitue donc une technique délabrante.

2.7.6.2. Coût

C'est une technique qui va nécessiter du matériel comme une scie à vitesse lente ou encore un microscope ; mais au-delà de l'investissement initial que nécessite l'équipement d'un laboratoire, le surcoût engendré par cette technique (lié à la résine d'inclusion, le baume de Canada ...) a été évalué à moins de 20 dollars par dent préparée selon Colard *et al.* (38). Même si cela reste raisonnable, ce surcoût peut constituer un frein à un recours plus systématique de la méthode.

2.7.6.3. Une technique chronophage

Afin d'obtenir une estimation de l'âge d'un individu à partir d'une dent : une étape d'inclusion (et de polymérisation), de coupe histologique, de mise sous lame et d'observation microscopique seront nécessaires. Si on compare aux autres méthodes de détermination de l'âge, cela requiert plus de temps.

Si on prend l'exemple d'une seule dent, il aura fallu dans cette étude au moins une heure de travail, hors polymérisation, pour obtenir une estimation de l'âge de l'individu.

En tenant compte de la polymérisation de la résine d'inclusion, il faut compter une demi-journée de travail minimum avant d'obtenir les résultats, si celle-ci est accélérée par augmentation de la température du milieu (38).

2.7.6.4. Variabilité interindividuelle

Les résultats de la méthode vont dépendre de l'expérience de l'observateur : chaque observateur va choisir la zone d'intérêt qui lui semble la plus appropriée au comptage selon des critères qui lui sont propres.

De même il existe une difficulté à isoler la dernière apposition cémentaire lors de la détermination de la saison au décès. Cela implique un risque important d'avoir des résultats divergents d'un observateur à l'autre.

2.7.6.5. Facteurs taphonomiques

On observe dans certains cas une altération du ciment et des phénomènes de fossilisation.

À l'échelle microscopique, il existe une possibilité de dissolution des fibres de collagène lors de l'enfouissement avec précipitations de néo cristaux d'apatite. Pour mettre en évidence ces phénomènes *post-mortem* on a recours à l'utilisation d'un filtre polarisant. C'est fréquent lorsqu'on travaille sur des dents archéologiques où le risque de « faux annuli » est important. L'utilisation du filtre polarisant sur ce type de dent permet ainsi d'éviter une surestimation de l'âge calculé (44).

Une autre solution serait d'effectuer les coupes sur des dents encore enchâssées dans leur alvéole.

2.7.6.6. Cémentogenèse méconnue

Bien que la méthode soit de plus en plus utilisée car certainement la plus précise pour déterminer l'âge au décès chez l'adulte, elle souffre toujours d'une méconnaissance des principes élémentaires physiologiques qui contrôlent la mise en place du ciment.

3. Étude de la variabilité intra-individuelle de la méthode TCA

3.1. Objectifs de l'étude

Les objectifs de cette étude sont de tester d'une part la précision de la méthode TCA sur un groupe de 10 individus et de quantifier d'autre part l'impact de la variabilité intra-individuelle sur l'estimation de l'âge au décès d'un adulte.

3.2. Matériels et Méthodes

3.2.1. Matériels

L'étude porte sur un groupe de 10 patients : 6 hommes et 4 femmes, âgés de 23 à 64 ans qui ont été sélectionnés lors de consultations préopératoires en vue d'avulsions multiples sous anesthésie générale.

Pour que le patient puisse être inclus à cette étude, nous avons besoin qu'au moins 5 avulsions de dents définitives soient programmées chez ce patient.

Le groupe d'appartenance des dents était par ordre de préférence : canine puis incisive puis prémolaire.

Seul les molaires et dents dont la racine était endommagée constituaient un critère de non-inclusion. En revanche si l'état coronaire de la dent était fortement délabré mais que la racine était indemne, celle-ci pouvait être intégrée à l'étude.

Pour chaque patient, les dents ont été prélevées en un temps par le même chirurgien-dentiste lors de blocs opératoires.

Au maxillaire, ont été recueillies :

- 5 incisives centrales maxillaires droite (11)
- 5 incisives centrales maxillaires gauche (21)
- 4 incisives latérales maxillaires droite (12)
- 6 incisives latérales maxillaires gauche (22)
- 5 canines maxillaires droite (13)
- 6 canines maxillaires gauche (23)

- 1 première prémolaire maxillaire droite (14)
- 1 première prémolaire maxillaire gauche (24)

À la mandibule :

- 2 incisives centrales mandibulaires gauche (31)
- 2 incisives centrales mandibulaires droite (41)
- 2 incisives latérales mandibulaires gauche (32)
- 1 incisive latérale mandibulaire droite (42)
- 3 canines mandibulaires gauche (33)
- 4 canines mandibulaires droite (43)
- 1 première prémolaire mandibulaire gauche (34)
- 1 première prémolaire mandibulaire droite (44)
- 1 deuxième prémolaire mandibulaire droite (45)

Outre le matériel dentaire, l'étude du ciment nécessite du matériel de préparation :

- 50 seringues à insuline 2 pièces, de volume 5 ml
- 150 lames de verre 30x45mm triées (épaisseur de 1,58 mm)
- 150 lamelles couvre-objet 24x32 mm
- Résine à froid Araldite (DBF) ESCIL® et durcisseur (HY956)
- 1 flacon 25 ml de Baume de Canada Roth®
- Parafilm® M

3.2.2. Méthodes

Lors de la consultation préopératoire, une lettre de consentement à l'utilisation des échantillons dentaires dans un but de recherche est remise au patient afin qu'il la signe et nous la retourne (Annexe 11).

Le jour de l'intervention, une extraction atraumatique et sans alvéolectomie est réalisée pour ne pas altérer le ciment.

Chaque dent est placée au fur et à mesure des extractions dans des pots d'analyse individuels pré-remplis d'eau courante et sur lesquels figure un code d'identification.

3.2.2.1. Inclusion de l'échantillon

- Couper les extrémités des seringues à insuline (du côté où se fixe habituellement l'aiguille), tirer les pistons au maximum et disposer les seringues sur un plateau de rangement (Figure 11).

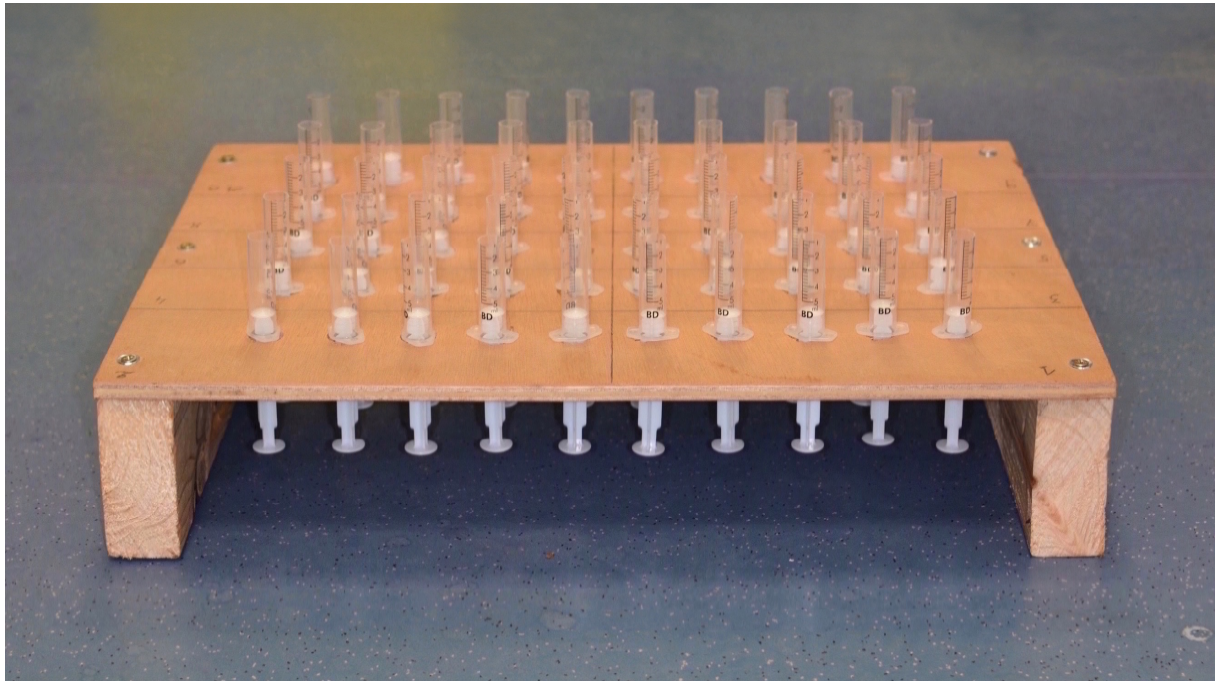


Figure 11 : Disposition des seringues découpées sur un plateau de rangement.

- Mélanger le durcisseur à la résine Araldite® dans un récipient (Figure 12) (ici on a utilisé pour le durcisseur : 30 % du volume de résine). Une fois les deux composants mélangés, les inclusions doivent être réalisées dans un laps de temps de 45 minutes (38).

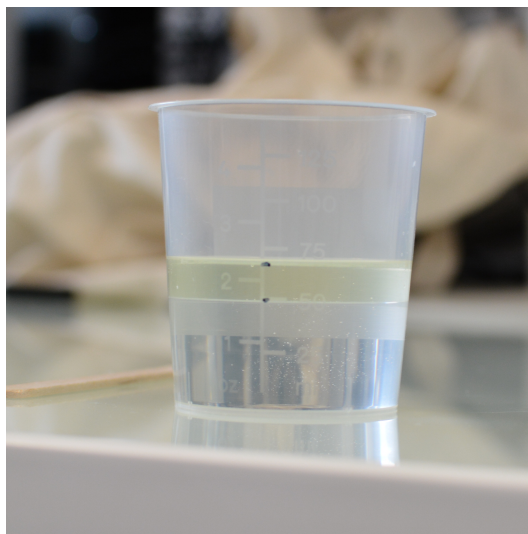


Figure 12 : Mesure des volumes de résine Araldite® (en transparent) et du durcisseur (en jaune).

- Verser en quantité suffisante la résine bi-composants dans les seringues afin que l'intégralité de la racine dentaire puisse être immergée lors du positionnement (Figure 13).



Figure 13 : Répartition de la résine d'inclusion dans les seringues (environ 3ml par seringue).

- Venir étirer sur le dessus de la seringue un film plastique de paraffine type « Parafilm® M » qui va avoir pour but de maintenir la dent lors de la polymérisation.
- Réaliser avec un bistouri une petite incision en croix au centre du film pour faciliter l'insertion de la dent.
- À l'aide du piston, remonter le niveau de la résine pour se rapprocher du film de paraffine, sans tout à fait venir au contact (laisser un espacement de 2-3mm de façon à prévoir le volume de la racine dentaire).
- Enfoncer la dent à travers la petite incision réalisée sur le film jusqu'à ce qu'il n'y ait plus que la couronne dentaire qui dépasse. La dent doit être stable, son grand axe doit être globalement parallèle à l'axe de la seringue et il ne doit pas y avoir de contact entre la dent et les parois de la seringue (Figure 14).



Figure 14 : Positionnement des dents avec leur grand axe parallèle à la seringue.

- Polymérisation :

En fonction de la résine utilisée, se référer aux données du fournisseur pour connaître le temps de polymérisation.

Cette polymérisation peut être accélérée si on augmente la température du milieu.

Dans notre étude, l'inclusion des 50 dents a été réalisée en une seule fois et laissée à polymériser durant 2 jours à température ambiante.

À titre d'exemple, avec une résine de type « Araldite® 2020 », le temps de polymérisation est de 15 heures à une température de 20° mais peut être accéléré à 3 heures si on augmente la température de prise à 60° (38).

- Une fois la résine totalement polymérisée, on va dissocier le bloc d'inclusion de la seringue.

Si on souhaite conserver la seringue dans le but de la réutiliser ultérieurement alors il est préférable d'utiliser un agent de démoulage qu'on utilisera pour rincer l'intérieur de la seringue avant d'y mettre la résine d'inclusion.

Dans notre cas, les seringues risquent d'être dégradées car nous ne disposons pas d'agent de démoulage.

Il faut donc commencer par extraire le piston de la seringue en tirant dessus fermement.

Parfois cela permet de décoller le bloc d'inclusion de la seringue, auquel cas il suffit de réintroduire le piston et de pousser le bloc de résine jusqu'à l'extraire de celle-ci.

Sinon, le bloc d'inclusion reste adhérent à la seringue après extraction du piston. Dans ce cas, soit la couronne dentaire dépasse de la seringue et on peut appuyer dessus pour tenter de décoller la résine d'inclusion du plastique de la seringue ; soit la dent ne dépasse pas ou très peu (partie coronaire fortement délabrée) et il faudra réaliser une incision du plastique au cutter ou à la lame de bistouri sur toute sa longueur.

3.2.2.2. Réalisation des coupes transversales

Pour chaque dent, 3 coupes transversales de 100 microns, non décalcifiées, à la partie haute du 1/3 moyen radiculaire sont réalisées à l'aide d'une scie diamantée à vitesse lente Isomet® Buehler® (Figure 15).

Bien que l'utilisation de coupes longitudinales ait déjà été employée par le passé (Stein et Corcoran 1994 ; Kvaal et Solheim 1995), c'est la réalisation de coupes transversales qui est aujourd'hui largement pratiquée.

Une étude de Hsiesh *et al.* (2013) aurait d'ailleurs démontré que les coupes transversales sont plus précises (45).



Figure 15 : Scie diamantée à vitesse lente Isomet® Buehler®.

- Une fois le bloc de résine dégagé, on va matérialiser notre zone d'intérêt (1/3 moyen radiculaire) en plaçant deux repères au feutre indélébile : le premier à la limite 1/3 cervical-1/3 moyen radiculaire et le second à la limite 1/3 moyen-1/3 apical.

- Puis monter le bloc d'inclusion sur le bras articulé de la scie. Dans notre étude, nous placerons systématiquement le côté apical de la dent en direction des vis de fixation.

Le positionner de façon à ce que le trait de coupe de la scie soit perpendiculaire à l'axe de la dent (Figure 16). Cette étape est normalement facilitée du fait qu'on a, lors de l'étape d'inclusion, positionné la dent avec un grand axe parallèle au bloc d'inclusion.

À ce moment il est primordial de serrer les vis de blocage avec fermeté afin de s'assurer que la résine ne bouge pas lors de la coupe.

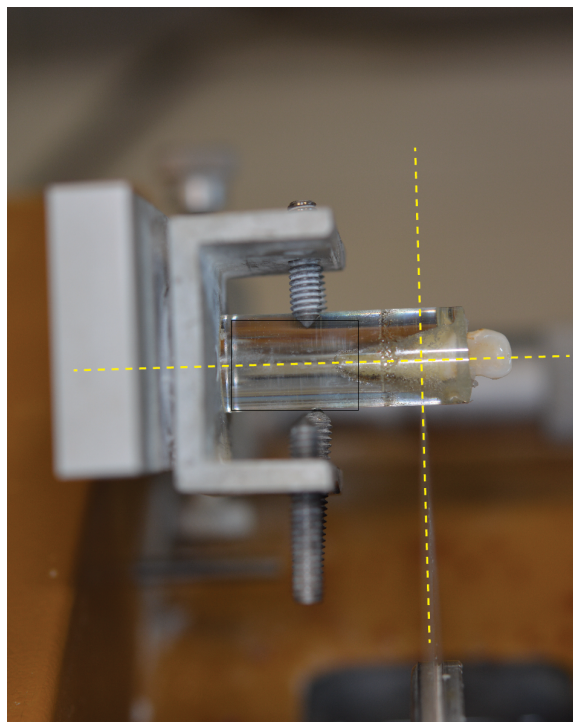


Figure 16 : La lame de scie doit être perpendiculaire à l'axe de la dent.

- La première coupe va avoir pour but de retirer la couronne dentaire ainsi que le 1/3 cervical radiculaire.

- Puis une série de 3 coupes transversales successives d'environ 100 microns est réalisée dans la partie haute du 1/3 moyen radiculaire (Figure 17).

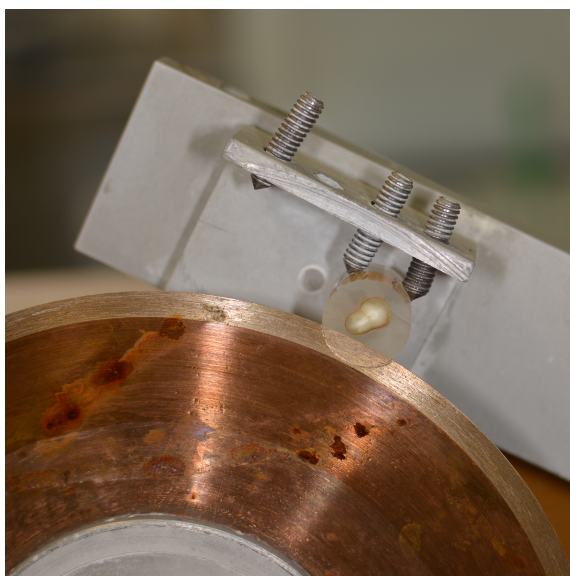


Figure 17 : Vue de profil d'une coupe transversale de 100 microns, en cours de réalisation.

Pour ce faire, on va régler notre épaisseur de coupe avec une molette graduée de 0 à 50.

Pour le premier trait de coupe (celui ayant pour but de retirer la couronne dentaire et le 1/3 cervical radiculaire), on s'arrange pour se positionner sur la valeur « 0 » (Figure 18).

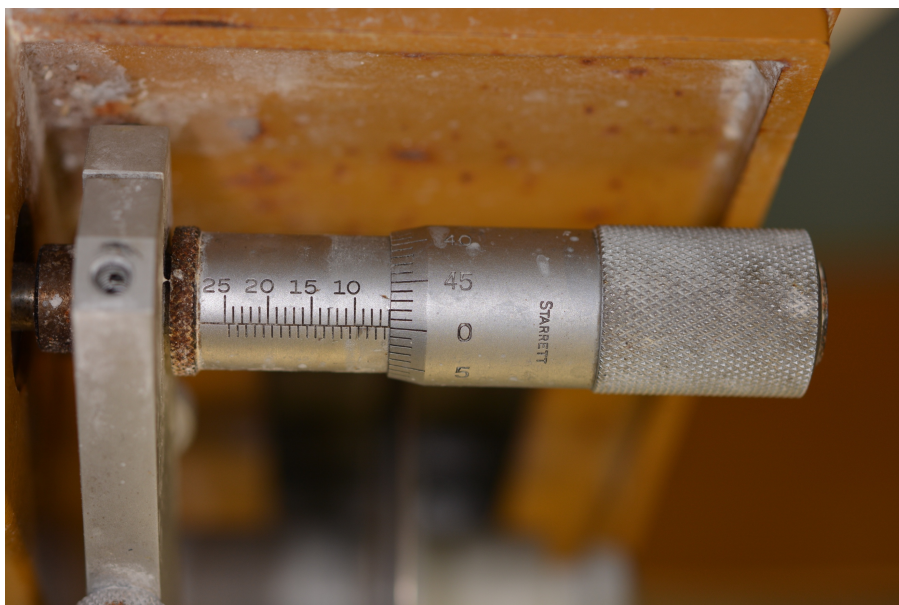


Figure 18 : Alignement des graduations pour se placer sur la valeur « 0 ».

Pour le deuxième trait de coupe (celui qui va nous permettre d'obtenir notre premier échantillon), on va visser dans le sens horaire la molette pour remonter de 53 graduations soit un peu plus d'un tour.

Ces 53 graduations ont été estimées sur des dents tests pour lesquelles on a mesuré l'épaisseur de coupe obtenue.

Ainsi, le micromètre a montré en moyenne des épaisseurs de 100 microns lorsque la scie est réglée sur cette position.

En deçà de 53 graduations, la scie a tendance à être déviée à mi-course de la coupe et le nombre d'échecs augmente significativement. Cela est dû principalement au fait que les flasques qui maintiennent la lame de scie ne sont pas assez couvrantes : cela induit une légère oscillation de la lame lorsqu'elle est en rotation, suffisante pour perturber la coupe lorsque celle-ci est trop fine.

- Concernant la vitesse de coupe, la scie dispose d'un variateur allant de 0 à 10. Dans cette étude, l'ensemble des coupes ont été réalisées à la vitesse n°5.

À cette vitesse il faut compter entre 6 et 9 minutes pour obtenir une section transversale complète du bloc de résine. Cette variation de temps dépend du diamètre de la dent : plus son diamètre est important, plus la coupe sera longue car la dureté de la dent est supérieure à la dureté de la résine, ce qui ralentit l'efficacité de la lame.

3.2.2.3. Préparation des lames microscopiques

- Chaque coupe obtenue est nettoyée par passage successif dans de l'eau distillée puis dans de l'éthanol 70%.

- La coupe effectuée est ensuite séchée sur un essuie-tout non pelucheux.

- À partir de là, on va chercher à dissocier l'échantillon dentaire de sa résine d'inclusion.

Pour ce faire, on peut s'aider de deux précelles et jouer sur la flexibilité de la résine pour la détacher doucement de l'échantillon dentaire.

- S'assurer que l'échantillon est bien sec et le monter sur une lame de verre avec du baume de Canada (Figure 19). Si l'échantillon n'est pas suffisamment séché, il y a un risque de mauvaise réaction avec le baume. Ce baume étant un milieu d'inclusion, on va en mettre en dessous et au-dessus de l'échantillon.

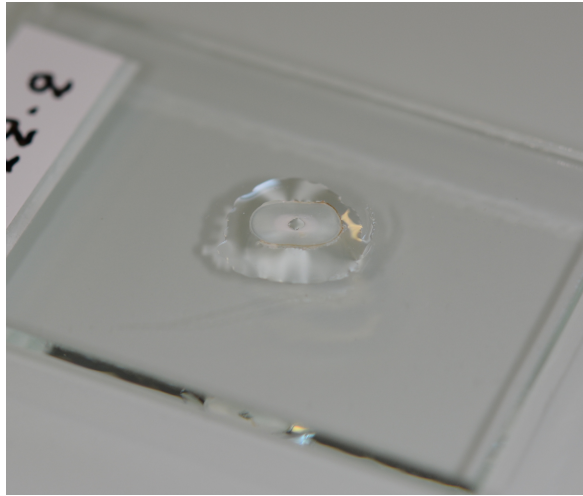


Figure 19 : Mise sous lame de l'échantillon dentaire.

Puis appliquer fermement une lamelle de verre en essayant d'étaler au maximum le baume de manière à ce que la lamelle reste plaquée sur la lame.

3.2.2.4. Analyse microscopique des coupes et sélection des zones d'intérêts

Les coupes préparées sont observées sous un microscope optique Nikon® « Eclipse 50i » à lumière transmise, équipé d'une caméra numérique couleur « DS-Fi1 » de 5 millions de pixels.

Dans notre étude, le filtre polarisant est désactivé car nous travaillons sur des dents récemment prélevées ne présentant pas de risque de « faux annuli ».

Le microscope utilisé dispose d'une tourelle porte objectifs sur lequel sont fixés trois objectifs : un objectif à grossissement Gx100 (Figure 20), un deuxième à grossissement Gx200 (Figure 21) et enfin un troisième doté d'un grossissement Gx400 (Figure 22).

Il convient de commencer l'observation avec le plus faible grossissement (Gx100) et de faire la mise au point pour se repérer sur la coupe histologique et voir d'un rapide coup

d'œil les zones de ciment exploitables (où les lignes sont contrastées, parallèles avec absence de cémentocytes).

Puis on passe successivement les différents objectifs afin d'obtenir un maximum d'informations à Gx400.

À chaque passage vers un objectif plus puissant, une mise au point de plus en plus sensible sera nécessaire.

Puis on permute du binoculaire vers la caméra numérique *via* une molette de façon à obtenir l'image sur ordinateur. Cela nécessite un logiciel compatible avec la caméra : ici Nikon® NIS Elements « Documentation ».

On peut alors faire une capture d'image de façon à pouvoir la retoucher en « post-acquisition ». Dans cette étude, seul le contraste, la luminosité et la saturation ont été modifiés avant l'étape de comptage. L'avantage majeur est aussi de pouvoir travailler sur une image identique lorsque plusieurs chercheurs effectuent le comptage indépendamment et ainsi limiter la variabilité inter-observateurs.

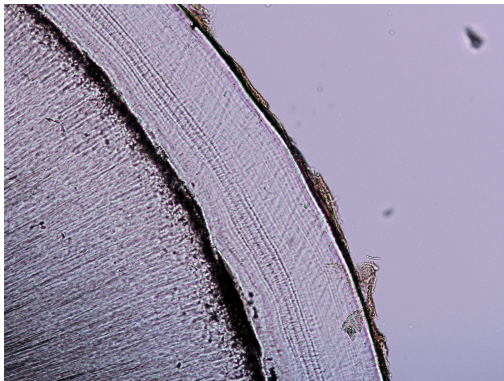


Figure 20 : Grossissement X100

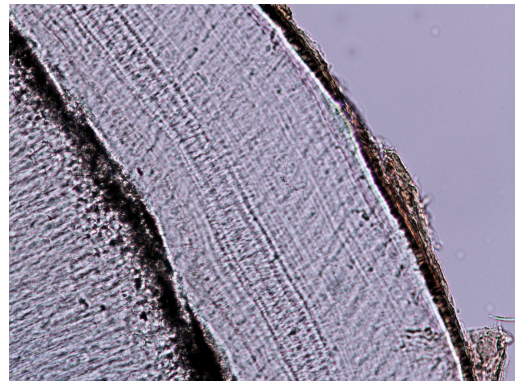


Figure 21 : Grossissement X200

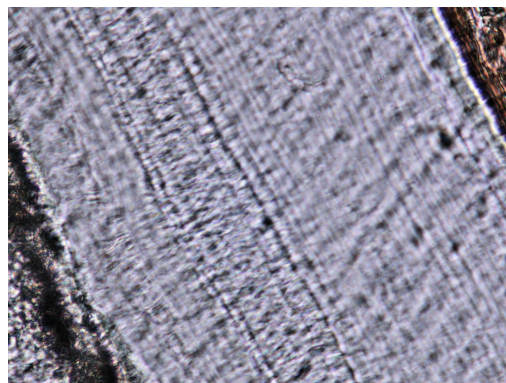


Figure 22 : Grossissement X400

3.2.2.5. Comptage des anneaux cémentaires

C'est une étape longue et délicate qui passe inévitablement par l'interprétation de l'observateur.

À l'aide d'un logiciel informatique (ici Adobe® Photoshop CS5.1), on marquera d'une couleur contrastante chaque strie cémentaire « sombre/opaque » visible à l'image après quoi il faudra compter le nombre de marqueurs.

En effet, il est admis qu'une paire de bande sombre/lumineuse est déposée de façon annuelle à la surface du ciment. Pour éviter de surcharger l'image de marqueurs et diminuer le risque d'erreur au comptage, on ne va compter que les bandes de type « sombre » ce qui revient à compter le nombre d'années de formation cémentaire.

La difficulté de ce travail est directement corrélée avec la qualité des images observées (Annexes 1 à 10).

3.2.2.6. Calcul de l'âge au décès

La détermination de l'âge au décès est calculée pour chaque dent analysée en additionnant son âge présumé d'éruption au nombre de stries cémentaires dénombrées précédemment.

Lorsque plusieurs coupes microscopiques sont réalisées sur la même dent, les auteurs vont au choix :

- soit faire une moyenne des comptages réalisés sur l'ensemble de la dent
- soit ne retenir que le score le plus élevé
- ou bien retenir le score retrouvé le plus fréquemment.

En ce qui nous concerne, le choix a été fait d'établir la moyenne des comptages effectués sur l'ensemble des coupes de la dent à laquelle il faudra additionner l'âge présumé d'éruption de ladite dent selon le tableau publié par S.J. AlQathtani *et al.* (Figure 23) (46).

TABLE 11. Median age (years) of eruption for permanent teeth (combined sex)^a

TABLE 11. Median age (years) of eruption for permanent teeth (continued)									
		Maxilla					Mandible		
	Alveolar eruption	Clinical emergence ^b		Full eruption		Alveolar eruption	Clinical emergence ^b		Full eruption
Tooth		Boys	Girls		Tooth		Boys	Girls	
I ¹	6.5	6.9	6.7	7.5	I ₁	5.5	6.3	6.2	7.5
I ²	7.5	8.3	7.8	9.5	I ₂	6.5	7.3	6.8	7.5
C ¹	11.5	12.1	10.6	12.5	C ₁	9.5	10.4	9.2	11.5
P ¹	10.5	10.2	9.6	11.5	P ₁	10.5	10.3	9.6	11.5
P ²	11.5	11.4	10.2	12.5	P ₂	11.5	11.1	10.1	12.5
M ¹	5.5	6.4	6.4	6.5	M ₁	5.5	6.3	6.3	6.5
M ²	10.5	12.8	12.4	13.5	M ₂	10.5	12.2	11.4	12.5
M ³	16.5	—	—	20.5	M ₃	16.5	—	—	20.5

^a Midpoint of 1 year.^b From Haavikko (1970).

Figure 23 : Âge d'éruption des dents permanentes en fonction du sexe et de l'arcade d'appartenance.

3.3. Résultats

Les résultats obtenus ont été classés sous forme d'un tableau Excel®.

Pour rappel le nombre de patients inclus dans l'étude est de 10. Sur ces 10 patients, 6 sont de sexe masculin et 4 sont de sexe féminin.

3.3.1. Échantillons exploitables

- Mis à part le patient n°1 pour lequel seulement 4 dents ont pu être coupées, on dispose de 5 dents pour chacun des neuf autres individus soit un total de 49 dents.

- Pour chacune de ces dents, trois coupes ont été réalisées soit un total de 147 coupes. Pour certaines d'entre elles (7), aucune donnée n'a pu être recueillie ce qui est traduit dans le tableau par une zone grisée intitulée « NV » pour « Non Valable ».

- Deux dents du patient n° 3 ont également été exclues de l'étude car les valeurs obtenues étaient aberrantes, à savoir : la 12 et la 43 (colorées en rose sur le tableau).

3.3.2. Tableau des résultats

Les âges d'éruption ont été précisés en tenant compte du type de dent, de l'arcade de provenance (mandibule ou maxillaire) ainsi que du sexe de l'individu selon le tableau vu précédemment et réalisé par S.J. AlQathtani.

Ainsi une estimation de l'âge de l'individu, en années, a pu être calculée pour chaque dent en additionnant l'âge d'éruption de la dent au nombre de stries moyen ayant pu être compté sur l'ensemble des 3 coupes.

Patient	Sexe	Dent	Coupe	Nombre de stries cémentaires	Âge éruption	Nombre de stries moyen par dent	Nombre de stries moyen par individu	Âge calculé	Âge calculé moyen	Âge civil	Âge calculé / civil	Âge calculé moyen / civil	Erreur	Erreur moyenne	Variabilité intra- individuelle
1	M	11	1	21	6,9	20,00	17,17	26,90	26,19	27	1,00	0,97	-0,10	-0,81	5,20
			2	19											
			3	NV											
		21	1	13	6,9	17,00		23,90			0,89		-3,10		
			2	15											
			3	23											
		23	1	16	12,1	17,00		29,10			1,08		2,10		
			2	18											
			3	17											
		24	1	18	10,2	14,67		24,87			0,92		-2,13		
			2	15											
			3	11											
		13	1	NV	NV	NV		NV			NV		NV		
			2	NV											
			3	NV											
2	F	12	1	24	7,8	21,00	20,43	28,80	29,13	31	0,93	0,94	-2,20	-1,87	4,73
			2	13											
			3	26											
		13	1	20	10,6	20,33		30,93			1,00		-0,07		
			2	18											
			3	23											
		21	1	16	6,7	19,67		26,37			0,85		-4,63		
			2	19											
			3	24											
		22	1	16	7,8	20,67		28,47			0,92		-2,53		
			2	22											
			3	24											
		23	1	20	10,6	20,50		31,10			1,00		0,10		
			2	NV											
			3	21											

Patient	Sexe	Dent	Coupe	Nombre de stries cémentaires	Âge éruption	Nombre de stries moyen par dent	Nombre de stries moyen par individu	Âge calculé	Âge calculé moyen	Âge civil	Âge calculé / civil	Âge calculé moyen / civil	Erreur	Erreur moyenne	Variabilité intra- individuelle
3	M	11	1	43	6,9	40,00	36,11	46,90	44,31	64	0,73	0,69	-17,10	-19,69	3,93
			2	34											
			3	43											
		12	1	27	8,3	26,33		34,63		0,54	-29,37				
			2	28											
			3	24											
		32	1	30	7,3	35,67		42,97		0,67	-21,03				
			2	35											
			3	42											
		33	1	25	10,4	32,67		43,07		0,67	-20,93				
			2	35											
			3	38											
		43	1	17	10,4	19,67		30,07		0,47	-33,93				
			2	24											
			3	18											
4	M	13	1	NV	12,1	27,50	23,97	39,60	33,89	51	0,78	0,66	-11,40	-17,11	10,47
			2	32											
			3	23											
		14	1	22	10,2	20,00		30,20		0,59	-20,80				
			2	18											
			3	20											
		21	1	22	6,9	23,00		29,90		0,59	-21,10				
			2	25											
			3	22											
		22	1	21	8,3	21,33		29,63		0,58	-21,37				
			2	21											
			3	22											
		23	1	22	12,1	28,00		40,10		0,79	-10,90				
			2	35											
			3	27											

Patient	Sexe	Dent	Coupe	Nombre de stries cémentaires	Âge éruption	Nombre de stries moyen par dent	Nombre de stries moyen par individu	Âge calculé	Âge calculé moyen	Âge civil	Âge calculé / civil	Âge calculé moyen / civil	Erreur	Erreur moyenne	Variabilité intra- individuelle
5	M	11	1	56	6,9	46,67	46,73	53,57	55,99	59	0,91	0,95	-5,43	-3,01	10,80
			2	51											
			3	33											
		13	1	50	12,1	49,00		61,10			1,04		2,10		
			2	51											
			3	46											
		21	1	53	6,9	48,00		54,90			0,93		-4,10		
			2	43											
			3	NV											
		22	1	43	8,3	42,00		50,30			0,85		-8,70		
			2	45											
			3	38											
		23	1	50	12,1	48,00		60,10			1,02		1,10		
			2	51											
			3	43											
6	M	11	1	22	6,9	22,33	21,13	29,23	29,63	38	0,77	0,78	-8,77	-8,37	3,86
			2	25											
			3	20											
		12	1	20	8,3	22,67		30,97			0,81		-7,03		
			2	23											
			3	25											
		21	1	14	6,9	20,67		27,57			0,73		-10,43		
			2	25											
			3	23											
		22	1	19	8,3	20,67		28,97			0,76		-9,03		
			2	19											
			3	24											
		23	1	17	12,1	19,33		31,43			0,83		-6,57		
			2	20											
			3	21											

Patient	Sexe	Dent	Coupe	Nombre de stries cémentaires	Âge éruption	Nombre de stries moyen par dent	Nombre de stries moyen par individu	Âge calculé	Âge calculé moyen	Âge civil	Âge calculé / civil	Âge calculé moyen / civil	Erreur	Erreur moyenne	Variabilité intra- individuelle
7	F	11	1	20	6,7	20,00	16,03	26,70	24,73	23	1,16	1,08	3,70	1,73	2,90
			2	20											
			3	20											
		12	1	17	7,8	16,00		23,80			1,03		0,80		
			2	15											
			3	16											
		13	1	14	10,6	14,33		24,93			1,08		1,93		
			2	14											
			3	15											
		22	1	18	7,8	16,33		24,13			1,05		1,13		
			2	16											
			3	15											
		23	1	15	10,6	13,50		24,10			1,05		1,10		
			2	NV											
			3	12											
8	F	31	1	31	6,2	30,33	33,33	36,53	40,85	46	0,79	0,89	-9,47	-5,15	6,34
			2	31											
			3	29											
		32	1	36	6,8	35,33		42,13			0,92		-3,87		
			2	37											
			3	33											
		33	1	35	9,2	33,67		42,87			0,93		-3,13		
			2	34											
			3	32											
		41	1	38	6,2	36,67		42,87			0,93		-3,13		
			2	35											
			3	37											
		43	1	34	9,2	30,67		39,87			0,87		-6,13		
			2	29											
			3	29											

Patient	Sexe	Dent	Coupe	Nombre de stries cémentaires	Âge éruption	Nombre de stries moyen par dent	Nombre de stries moyen par individu	Âge calculé	Âge calculé moyen	Âge civil	Âge calculé / civil	Âge calculé moyen / civil	Erreur	Erreur moyenne	Variabilité intra- individuelle
9	F	33	1	25	9,2	34,00	34,80	43,20	44,34	61	0,71	0,73	-17,80	-16,66	19,60
			2	43											
			3	34											
		34	1	26	9,6	24,33		33,93			0,56		-27,07		
			2	23											
			3	24											
		43	1	48	9,2	44,33		53,53			0,88		-7,47		
			2	35											
			3	50											
		44	1	29	9,6	31,33		40,93			0,67		-20,07		
			2	27											
			3	38											
45	1	NV	10,1	40,00	50,10	0,82	-10,90								
	2	42													
	3	38													
10	M	22	1	53	8,3	47,33	49,60	55,63	57,32	62	0,90	0,92	-6,37	-4,68	3,90
			2	41											
			3	48											
		31	1	47	6,3	51,33		57,63			0,93		-4,37		
			2	55											
			3	52											
		41	1	57	6,3	52,33		58,63			0,95		-3,37		
			2	50											
			3	50											
		42	1	56	7,3	52,00		59,30			0,96		-2,70		
			2	53											
			3	47											
		43	1	42	10,4	45,00		55,40			0,89		-6,60		
			2	48											
			3	NV											

Un indice permettant de savoir si l'on a sur ou sous-évalué l'estimation de l'âge est d'établir le ratio « Âge civil/Âge calculé ».

Cet indice n'a pas d'unité mais plus sa valeur est proche de 1, plus notre estimation est précise.

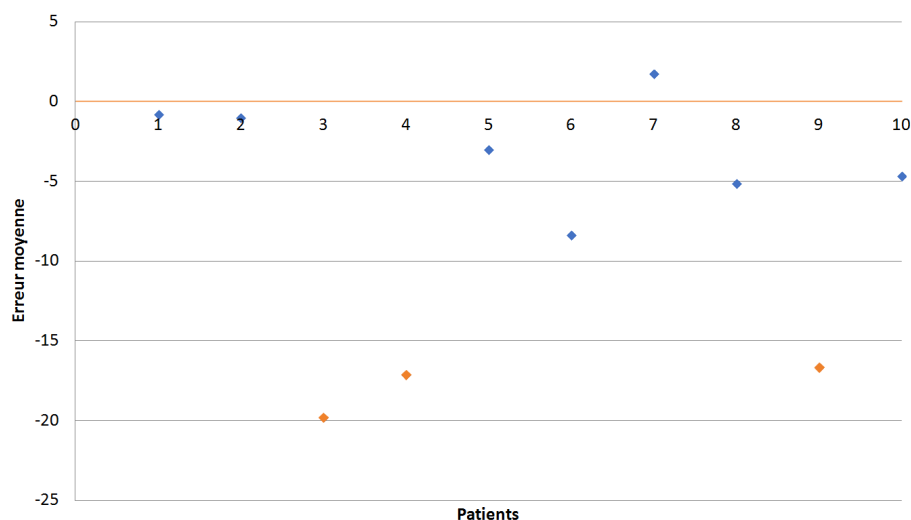
Au-dessus de 1, l'estimation surestime l'âge réel.

À l'inverse, l'estimation sous-estime l'âge civil lorsque cet indice est inférieur à 1.

On peut également calculer l'« Erreur » (Âge civil-Âge calculé) qui elle, s'exprime en nombre d'année(s).

Que ce soit les ratios « Âge civil/Âge calculé » ou bien l'« Erreur », ils peuvent être calculés pour chaque dent, mais aussi à l'échelle de l'individu.

Ainsi l'« Erreur moyenne » permet de savoir si l'on a surestimé ou sous-estimé l'âge civil de l'individu en tenant compte de toutes les dents analysées chez ce patient.



Graph 1 : Représentation de l'erreur moyenne calculée pour chaque patient.

Sur la représentation ci-dessus, on remarque que seul le patient n°7 présente une erreur positive. C'est donc le seul individu pour qui on ait surestimé l'âge civil.

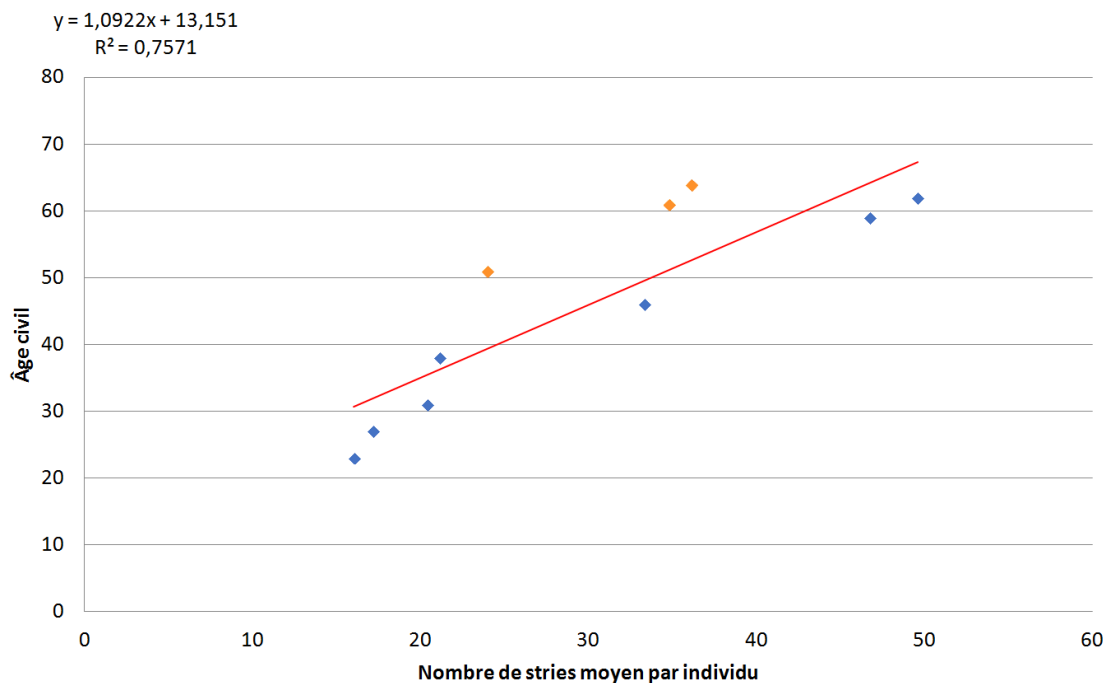
En revanche pour toutes les autres personnes de l'étude, la tendance a été à la sous-estimation.

On remarque enfin que trois d'entre eux (individus n°3, 4, 9, représentés en orange sur le graph 1) se détachent plus nettement du nuage de point et ont une estimation de leur âge beaucoup plus éloignée de la réalité.

3.3.3. Analyse du « nombre de stries moyen par individu » en fonction de l'« âge civil »

Plutôt que d'étudier la corrélation entre l'âge estimé et l'âge civil en fonction des patients, nous préférons analyser la corrélation entre le nombre de stries moyen par individu et l'âge civil ce qui évite de prendre en compte l'âge d'éruption (données moyennes calculées sur des groupes de population) et qui pourraient constituer un biais supplémentaire.

3.3.3.1. Analyse qualitative



Graph 2 : Étude du nombre de stries moyen par individu en fonction de l'âge civil.

Sur ce graphe, on peut observer la répartition des points autour de la droite de régression linéaire $y = 1,0922x + 13,151$.

On remarque que le nuage de point est assez resserré.

Cela est confirmé par la valeur du R^2 ($= 0,76$), appelé « carré du coefficient de corrélation » ou « coefficient de détermination ».

Plus R^2 est proche de 0, plus le nuage de point est diffus ; plus il est proche de 1, plus les points sont proches de la droite de régression linéaire.

Comme la corrélation semble plutôt bonne entre ces deux variables, il y a un intérêt à la calculer quantitativement.

On observe par ailleurs que trois valeurs se détachent de la droite, elles sont qualifiées de « outliers ». Il s'agit là encore des patients n° 3, 4 et 9 (marqués en orange sur le graphe).

3.3.3.2. Analyse quantitative

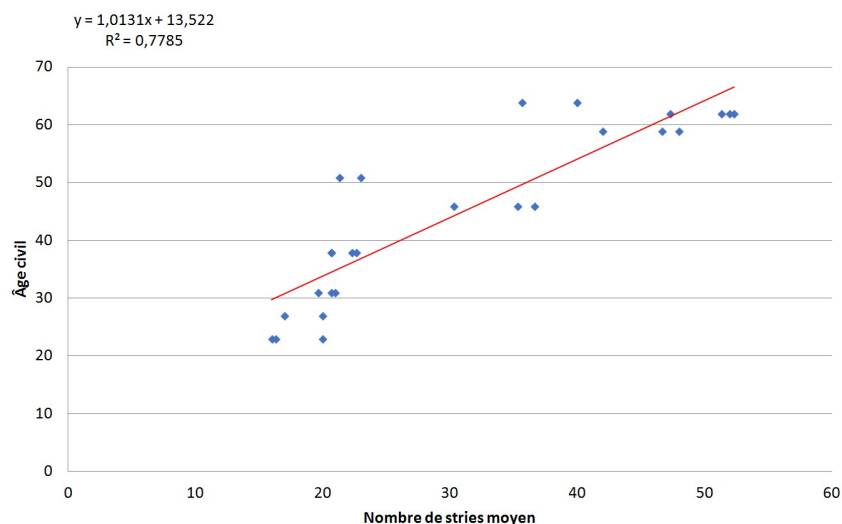
Pour savoir dans quelle mesure ces variables sont liées, on va calculer le coefficient de corrélation « r » grâce au test de « Pearson » avec un intervalle de confiance de 95%

La valeur calculée est $r = 0,87$ ($p < 0,01$).

3.3.4. Analyse du « nombre de stries moyen par dent » en fonction de l'« âge civil »

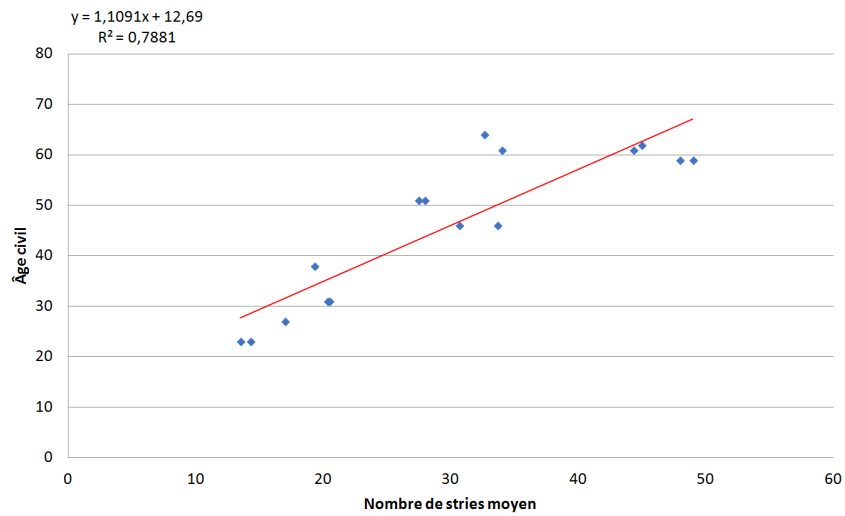
3.3.4.1. Analyse qualitative

Groupe incisif :



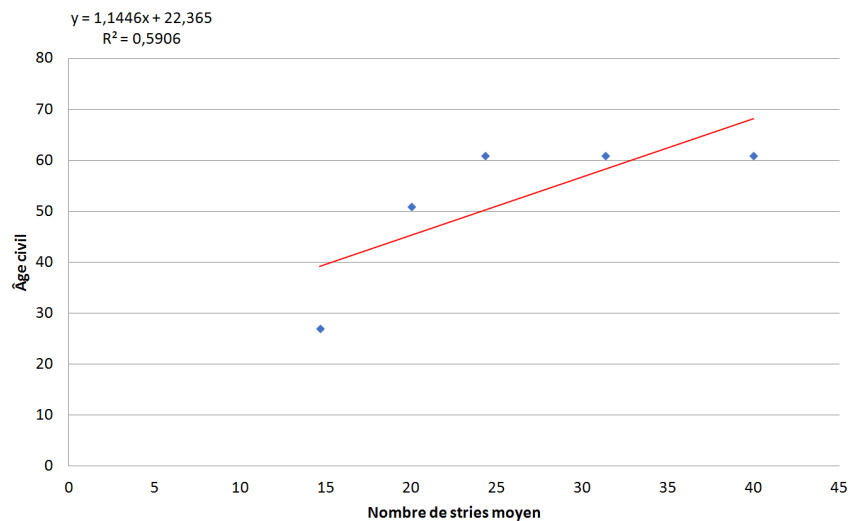
Graph 3 : Étude du nombre de stries moyen par dent en fonction de l'âge civil, au sein du groupe « incisif ».

Groupe canin :



Graph 4 : Étude du nombre de stries moyen par dent en fonction de l'âge civil, au sein du groupe « canin ».

Groupe prémolaire :



Graph 5 : Étude du nombre de stries moyen par dent en fonction de l'âge civil, au sein du groupe « prémolaire ».

Que ce soit pour le groupe incisif ou le groupe canin, les points sont proches de la droite de régression linéaire et cela est confirmé par l'analyse des coefficients de détermination :

- Incisif : $R^2 = 0,78$
- Canin : $R^2 = 0,79$

On peut donc présager une bonne corrélation entre la variable « Nombre de stries moyen » et la variable « Âge civil » pour ces deux groupes.

En revanche, la valeur R^2 pour le groupe « prémolaire » est plus faible : 0,59.

3.3.4.2. Analyse quantitative

Voici les valeurs de « r » en fonction du groupe de dents ainsi que la « p-value » qui lui est associée (intervalle de confiance à 95%) :

- Incisives : $r = 0,88$ ($p < 0,01$)
- Canines : $r = 0,89$ ($p < 0,01$)
- Prémolaires : $r = 0,77$ ($p = 0,129$)

Cela confirme les tendances annoncées par les graphes en nuage de points : à savoir une corrélation plus importante entre le nombre de stries moyen et l'âge civil pour le groupe « incisif » et « canin » que pour le groupe « prémolaire ».

3.3.5. Variabilité des comptages entre sections d'une même dent

Concernant la méthode appliquée, nous avons fait le choix d'utiliser le nombre de stries moyen observé par dent mais il arrive parfois que les auteurs utilisent le nombre de stries le plus grand. Nous allons donc comparer, de la même façon que L. Lanteri (47), les ratios « Âge calculé/Âge civil » selon les deux scénarios (Tableau 1) afin d'observer si l'une des méthodes montre plus de précision que l'autre.

	Ratio (en fonction du nombre de stries moyen)	Ratio (en fonction du nombre de stries le plus grand)
Patient n°1	0,97	1,08
Patient n°2	0,94	1,04
Patient n°3	0,69	0,77
Patient n°4	0,66	0,73
Patient n°5	0,95	1,02
Patient n°6	0,78	0,86
Patient n°7	1,08	1,12
Patient n°8	0,89	0,92
Patient n°9	0,73	0,81
Patient n°10	0,92	0,99

Tableau 1 : Comparaison des ratios obtenus pour chaque patient selon que l'on considère le « nombre de stries moyen » ou le « nombre de stries le plus grand ».

Il ressort de cette comparaison, que si nous avions initialement utilisé le nombre de stries le plus grand lors de l'estimation de l'âge des patients, alors les résultats auraient été plus proches de la réalité pour 8 cas sur 10.

On observe quand même qu'avec cette méthodologie, le risque de surestimer l'âge de l'individu est réel puisque de seulement un patient surestimé pour le scénario initial (patient n°7), on passe à quatre patients surestimés pour le second scénario (patient n°1, 2, 5 et 7).

3.3.6. Variabilité intra-individuelle

Comme nous disposons de plusieurs dents par individu et que nous avons établi une estimation de l'âge du patient à partir de chacune de ses dents, nous allons regarder dans quelles proportions varient ces estimations à l'échelle intra-individuelle.

Pour calculer la variabilité intra-individuelle, nous avons comparé pour chaque individu, les erreurs qui ont été calculées pour chacune de ses dents. Puis nous avons calculé le nombre d'années qui séparent les deux valeurs les plus opposées.

Par exemple, pour le patient n°5, la canine maxillaire droite (13) surestime de 2,10 ans l'âge réel alors que l'incisive latérale maxillaire gauche (22) le sous-estime de 8,70 ans. Cela signifie qu'un intervalle de 10,80 ans sépare les estimations basées sur ces deux dents.

Sur l'ensemble de l'étude, cette variabilité s'étale de 2,90 ans (patient n°7) à 19,60 ans (patient n°9) avec une moyenne de 7,17 ans.

Cette moyenne est très proche de celle annoncée par L. Lanteri, à savoir 6,5 ans.

Cela confirme l'importance de réaliser l'estimation de l'âge par méthode TCA sur plusieurs dents lorsque c'est possible, plutôt que de se baser sur une seule dent (48).

3.4. Discussion

3.4.1. Exclusions

Plusieurs lames ainsi qu'une dent ont été exclues de l'étude sans qu'aucun comptage ne soit réalisé dessus.

En effet la canine maxillaire droite (13) du patient n°1 présentait un ancrage radiculaire métallique inamovible qui déviait la lame au moment de la coupe. Aucun échantillon n'a pu être obtenu à partir de cette dent qui a donc été exclue de l'étude.

On soulignera donc l'importance de sélectionner des dents sans ancrage radiculaire (surtout métallique) lorsque c'est possible.

Puis de manière plus isolée, sept lames ont été exclues car aucune structure cémentaire n'était discernable au microscope sur l'ensemble du tissu (Figure 24) :

- 1.M.11.3
- 2.F.23.2
- 4.M.13.1
- 5.M.21.3
- 7.F.23.2
- 9.F.45.1
- 10.M.43.3

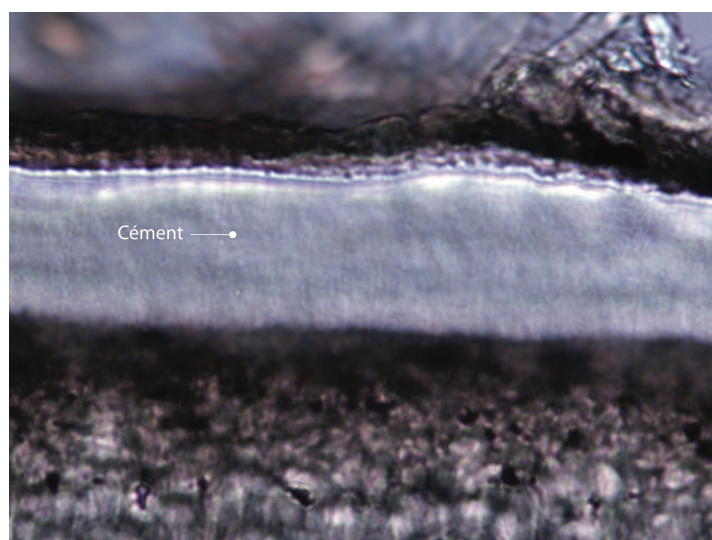


Figure 24 : Absence de lignes cémentaires visibles au microscope conduisant à l'exclusion de l'échantillon.

Enfin, deux dents du patient n°3 ont été exclues après qu'un comptage ait été effectué car les valeurs obtenues étaient aberrantes, à savoir : la 12 et la 43.

Ainsi, sur les 150 coupes initialement prévues, seulement 147 auront été réalisées donnant lieu à 140 acquisitions microscopiques sur lesquelles des lignes cémentaires étaient observables.

Sur ces 140 clichés microscopiques, 134 ont été exploités après comptage et intégrés aux différents calculs statistiques.

Cela signifie que 10,7 % de l'échantillon initial a été exclu au cours de ce travail. C'est moins que dans la plupart des articles publiés sur le sujet. Par exemple A. de Broucker avait exclu 14,6% de son échantillon initial lors de son étude sur l'impact de la maladie parodontale sur la méthode TCA (31). D'autres auteurs comme U. Wittwer-Backofen ou V.L. Wedel avaient quant à elles, exclu respectivement 16,2 et 30,3 % des dents à analyser (43)(35).

3.4.2. Concernant la qualité des préparations

Un autre point intéressant à aborder concerne les difficultés rencontrées lors de l'étape de préparation des lames afin d'y apporter si possible des solutions pour les futurs travaux à venir.

3.4.2.1. Épaisseur de coupe

Concernant le matériel utilisé, la scie à vitesse lente constitue le plus gros point faible de cette étude. À une telle finesse de coupe (100 microns) on atteint les limites de la scie en termes de capacité. Il est assez facile de comprendre les problèmes de reproductibilité auxquels on peut faire face lorsqu'on observe les différences d'épaisseur de coupe obtenues alors même que les réglages sont identiques (Figure 25).

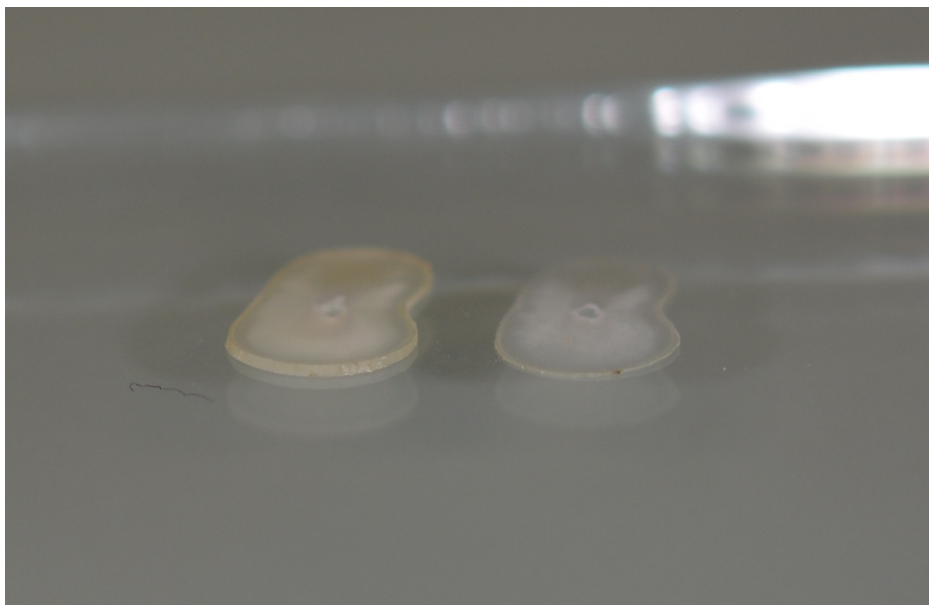


Figure 25 : Exemple de deux échantillons obtenus par coupes successives d'une même dent, avec les mêmes réglages.

À défaut, un appareil de mesure de type micromètre pourrait permettre de s'assurer de l'épaisseur des échantillons de la série avec une certaine marge de tolérance.

Lorsque la coupe est trop épaisse, la difficulté continue lors de la mise sous lame.

En effet, l'épaisseur de l'échantillon ne permet pas à la lamelle un effet ventouse sur la lame de verre. Même avec une importante quantité de baume de Canada, lorsque l'échantillon est trop épais et qu'on exerce de la pression au pouce pour chasser l'excédent, soit il arrive que la lamelle se brise, soit l'effet ventouse obtenu disparaît après quelques minutes et laisse place à des bulles d'air qui s'infiltrent tout autour de l'échantillon.

À l'inverse, il arrive que l'échantillon dentaire soit si fin qu'il se déchire pendant l'étape de coupe. Cela pose problème dans la mesure où il faut retirer, à minima, la face du bloc résineux comprenant la section incomplète pour pouvoir repartir sur une bonne base et ré-effectuer la section initialement ratée.

Or la zone d'intérêt (1/3 moyen radiculaire) est relativement étroite, et on se rend compte que les possibilités d'erreur compte tenu de l'épaisseur de la lame de scie sont faibles si on souhaite travailler sur une portion de ciment acellulaire.

Quelle soit trop fine ou trop épaisse, ce manque de précision et de reproductibilité d'une coupe sur l'autre est un point à améliorer à l'avenir.

3.4.2.2. En cas de ré-inclusion d'un échantillon

Pour de multiples raisons, on peut être amené à ré-inclure un échantillon. Il faut donc séparer la lame de la lamelle qui présente une certaine adhérence l'une à l'autre, puis récupérer l'échantillon dentaire pour le remettre sur une nouvelle lame.

L'erreur qui a été commise ici est de ne pas avoir procédé à une étape de nettoyage de l'échantillon (à l'éthanol 70%) car le baume de Canada présent lors du premier montage se sera partiellement figé et cela va polluer la surface du ciment lors de l'observation microscopique (Figure 26).

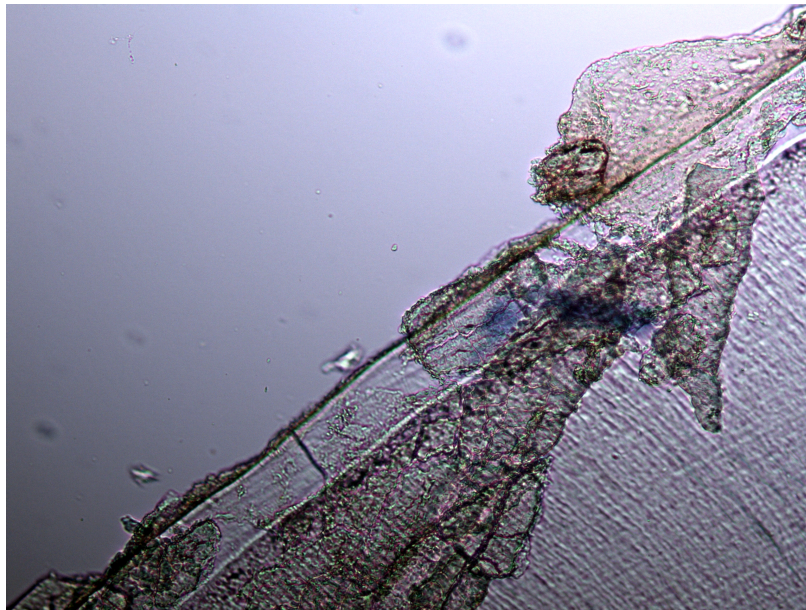


Figure 14 : Observation du ciment entravée par des résidus de baume de Canada après ré-inclusion de l'échantillon.

3.4.2.3. Cas particulier des dents présentant un morceau d'os cortical adhérent à la racine

Dans ce cas de figure, il est déconseillé de tenter de dissocier après coupe, la résine d'inclusion de l'échantillon dentaire car cela va au mieux, arracher la portion de ciment en regard du résidu osseux ou bien tout simplement déchirer l'échantillon en deux (Figure 27).

Il faudra donc mettre sous lame l'ensemble de la préparation (échantillon dentaire + résine) avec toutefois la possibilité de détourer grossièrement la résine avec une lame de bistouri.

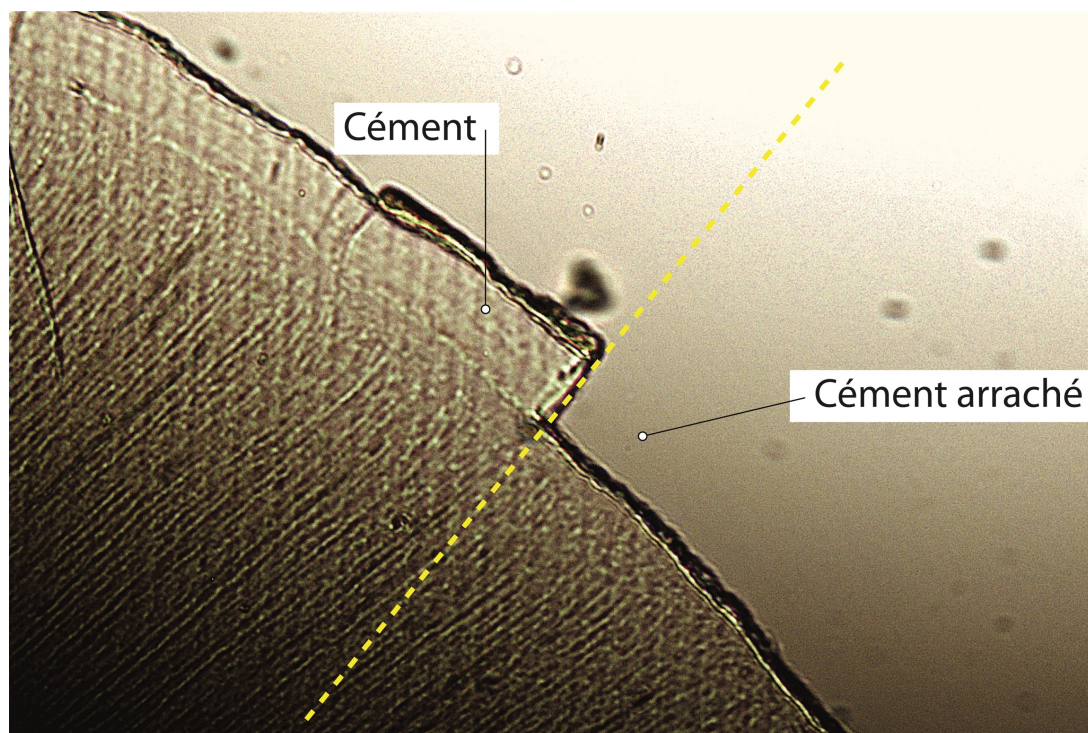


Figure 15 : Image microscopique mettant en évidence une portion de ciment arraché.

3.4.3. Concernant la sélection des images microscopiques

Dans la plupart des études, il y a souvent une partie de l'échantillon qui est exclue car l'auteur estime que la qualité du ciment observé au microscope n'est pas suffisante à l'application de la méthode TCA (43).

Il est vrai qu'aujourd'hui le protocole de préparation tend à s'uniformiser notamment depuis la publication en 2013 d'un protocole certifié ISO-9001 (38), mais il persiste encore une variabilité importante jusqu'ici relativement peu abordée par les auteurs : la qualité requise des images microscopiques nécessaire à l'application de la méthode TCA. Le choix de conserver ou d'exclure une coupe de l'étude est encore trop subjective.

Pour pallier à cela, la définition de critères purement qualitatifs sur lesquels les observateurs pourraient se référer pour intégrer ou non une image microscopique à l'étude semble pertinente.

Dans notre cas, il y a effectivement deux dents du patient n° 3 qui ont été exclues car leurs valeurs sur les graphes en nuage de points apparaissaient clairement comme aberrante.

Outre ces deux dents, toutes les coupes effectuées sur lesquelles on pouvait voir par endroit des lignes cémentaires ont été utilisées pour l'estimation de l'âge au décès.

Pourtant, bon nombre d'entre elles ne permettaient pas de discerner distinctement les lignes cémentaires sur l'ensemble de l'épaisseur du tissu, et c'est là une cause directe de l'écart important entre l'âge estimé et l'âge réel des patients n°3, 4 et 9.

3.4.4. Concernant la méthode TCA

- L'étude montre clairement une tendance à la sous-estimation plutôt qu'à la sur-estimation : seul le patient 7 a été surestimé.

Il est à noter que le seul patient surestimé est un sujet jeune de 23 ans alors qu'à l'inverse, les sujets n° 3,4 et 9 pour lesquels les erreurs moyennes sont les plus importantes, sont quant à eux âgés respectivement de 64, 51 et 61 ans.

Cette tendance à la surestimation des sujets jeunes et à la sous-estimation des sujets âgés avait déjà été décrite à plusieurs reprises (41)(49)(47).

- On observe que pour 7 patients sur 10, la méthode TCA a permis de déterminer l'âge de l'individu avec un intervalle de confiance de +/-10 ans.

Cet intervalle de confiance peut être diminué à +/-5 ans pour 6 patients sur 10.

- En outre, la détermination de l'« âge calculé » des patients s'est avérée plus précise dans 8 cas sur 10 lorsque nous avons tenu compte, non pas du « nombre de stries moyen », mais du « nombre de stries le plus grand ». Il s'agit là d'une simple constatation sans qu'aucune explication ne soit avancée mais cela corroborent les résultats de L. Lanteri (47).

On constate également que de cette façon, le nombre de patients surestimés est quadruplé.

- Nous avons vu précédemment que pour les patients n° 3, 4 et 9, l'erreur calculée entre l'âge civil et l'âge estimé varie de 17 à 20 ans.

De telles valeurs ne peuvent être expliquées que par une pauvreté de la qualité du tissu cémentaire ou une erreur dans la préparation des coupes de ces patients.

Le protocole appliqué ayant été le même pour l'ensemble des individus, l'hypothèse selon

laquelle tous les patients n'auraient pas la même qualité de ciment semble plausible d'où l'importance d'effectuer une sélection des coupes microscopiques selon leur qualité afin de ne conserver que les meilleures.

- L'étude de la corrélation entre le nombre de stries moyen et l'âge civil a montré une plus grande précision sur les groupes incisif ($r=0,88$) et canin ($r=0,89$) que sur le groupe prémolaire ($r=0,77$). Il faudra donc privilégier ces groupes de dent lors des estimations par méthode TCA lorsque c'est possible.

Cela va dans le sens des observations émises par U. Wittwer-Backofen qui avait dans son étude de 2004 exclu essentiellement des prémolaires, pour lesquelles les bandes de ciment avaient tendance à décrire un « *wave pattern* », c'est-à-dire une ondulation des lignes plutôt qu'un parallélisme ce qui rendait leur analyse plus délicate (43).

Par contre, les résultats de l'étude ne montrent pas une précision supérieure de l'incisive sur la canine comme l'avait fait remarquer L. Lanteri (47).

- Enfin, il est important de souligner l'utilité de réaliser l'estimation de l'âge au décès sur plusieurs dents lorsque c'est possible (48) pour minimiser au maximum l'impact de la variabilité intra-individuelle pour laquelle nous avons calculé une moyenne de 7,17 ans. Cette moyenne est très proche de celle annoncée par L. Lanteri, à savoir 6,5 ans (47).

Ces résultats, bien que perfectibles, sont encourageants car il s'agit là, à titre personnel, d'une première étude de cémento-chronologie et traduisent clairement un intérêt de la méthode dans l'estimation de l'âge au décès chez l'adulte.

4. Conclusion

Nous avons vu que le ciment avait été découvert très tardivement, au XIXe siècle et que la première application de la méthode TCA chez l'Homme datait seulement de 1982.

Aujourd'hui encore, nous en sommes aux prémices de la technique et de nombreux aspects sont encore inexpliqués. Il n'en reste pas moins que c'est une méthode d'avenir dans l'estimation de l'âge au décès chez l'adulte.

Au terme de cette étude, nous avons vu que la méthode TCA permettait de déterminer l'âge au décès de 7 individus sur 10 avec une précision de ± 10 ans.

Nous avons également mis en évidence la supériorité des incisives et des canines par rapport aux prémolaires, comme support de travail au service de cette technique.

L'analyse des erreurs moyennes en fonction des patients montre une fois de plus une tendance à la surestimation chez les sujets jeunes et à l'inverse, une tendance à la sous-estimation chez les sujets âgés.

Une solution serait peut-être d'utiliser le « nombre de stries moyen » lors de l'estimation des sujets de moins de 30 ans, et le « nombre de stries le plus important » chez les plus de 30 ans.

Enfin, nous avons confirmé l'importance de baser son estimation sur plusieurs dents d'un même individu pour contrer l'importance de la variabilité intra-individuelle, estimée en moyenne à 7 ans.

Une des difficultés principales lors de cette étude fut le manque de qualité des coupes observées au microscope (manque de contraste, difficulté à trouver des zones nettes...) notamment sur certains patients, ce qui nous amène à nous demander si cela résulte d'un manque d'expérience et de maîtrise dans la préparation des lames ou bien d'une caractéristique intrinsèque au patient.

Afin de répondre à cette question, nous pourrions envisager une étude où à nouveau la population ciblée serait des patients pour lesquels des avulsions multiples seraient prévues avec idéalement des dents antérieures controlatérales de sorte que pour chaque patient, un préparateur inexpérimenté puisse réaliser les lames relatives au secteur qui lui est attribué, pendant qu'un deuxième préparateur, cette fois-ci expérimenté, soit responsable des préparations des dents controlatérales dans le but de comparer la précision de chacun et d'estimer l'importance de l'expérience sur la qualité des coupes observées ainsi que sur l'estimation de l'âge au décès chez l'adulte.

5. Références bibliographiques

1. Cément | Studio Dentaire [Internet]. [cité 4 nov 2017]. Disponible sur: <http://www.studiodentaire.com/fr/glossaire/cement.php>
2. Lieberman DE. The biological basis for seasonal increments in dental cementum and their application to archaeological research. *J Archaeol Sci.* 1994;21(4):525-39.
3. Fehrenbach MJ, Popowics T. Illustrated dental embryology, histology, and anatomy. Elsevier Health Sciences; 2015.
4. Foster B. On the discovery of cementum. *J Periodontal Res.* 2017.
5. Sharpey Fibers of the Periodontal Ligament - Foundations of Periodontics: What fibers of the periodontal ligament attached to the alveolar bone? [Internet]. [cité 4 nov 2017]. Disponible sur: http://www.dent-wiki.com/foundations_of_periodontics/sharpey-fibers-of-the-periodontal-ligament/
6. Cementum - Origin and Development | School of Dental Medicine | University of Pittsburgh [Internet]. [cité 4 nov 2017]. Disponible sur: <http://dental.pitt.edu/cementum-origin-and-development>
7. Christoffersen J, Landis W. A contribution with review to the description of mineralization of bone and other calcified tissues in vivo. *Anat Rec.* 1991;230(4):435-50.
8. L'anatomie-histo-physiologie du ciment [Internet]. calameo.com. [cité 6 nov 2017]. Disponible sur: <http://www.calameo.com/read/00014888257c0aca431af>
9. Bosshardt DD, Selvig KA. Dental cementum: the dynamic tissue covering of the root. *Periodontol 2000.* 1997;13(1):41-75.
10. Robinson C, Kirkham J, Weatherell J. Fluoride in teeth and bone. *Fluoride Dent Cph Den Munksgaard.* 1996;69:87.
11. Schroeder H. The periodontium. *Handbook of microscopic anatomy.* Vol. 5. 1986.
12. Gonçalves PF, Sallum EA, Sallum AW, Casati MZ, Toledo S, Junior FHN. Dental cementum reviewed: development, structure, composition, regeneration and potential functions. *Braz J Oral Sci.* 2005;4(12):651-8.
13. Bosshardt DD, Schroeder HE. Cementogenesis reviewed: a comparison between human premolars and rodent molars. *Anat Rec.* 1996;245(2):267-92.
14. Beertsen W, Bos T, Everts V. Continuous growth of acellular extrinsic fiber cementum: a review. *Acta Med Dentium Helvetica.* 1997;2:103-15.
15. Sequeira P, Bosshardt DD, Schroeder HE. Growth of acellular extrinsic fiber

- cementum (AEFC) and density of inserting fibers in human premolars of adolescents. *J Periodontal Res.* 1992;27(2):134-42.
16. TCArt [Internet]. [cité 4 nov 2017]. Disponible sur: <http://www.cementochronology.com/Cementochronology/TCArt.html#0>
 17. Tziafas D. Composition and structure of cementum: strategies for bonding. In: *Dental Hard Tissues and Bonding*. Springer; 2005. p. 177-93.
 18. Balasse M, Brugal JP, Dauphin Y, Oberlin C, Reiche I. Messages d'os: archéométrie du squelette animal et humain. *Archives contemporaines*; 2015.
 19. Hopewell-Smith A. Concerning human cementum. *J Dent Res.* 1920;2(1):59-76.
 20. Cementogenesis - Development of Radicular Cementum | School of Dental Medicine | University of Pittsburgh [Internet]. [cité 4 nov 2017]. Disponible sur: <http://dental.pitt.edu/cementogenesis-development-radicular-cementum>
 21. Yamamoto T, Hasegawa T, Hongo H, Amizuka N. Histology of human cementum: Its structure, function, and development. *Jpn Dent Sci Rev.* 1 août 2016;52(3):63-74.
 22. Lieberman DE, Meadow RH. The biology of cementum increments (with an archaeological application). *Mammal Rev.* 1992;22(2):57-77.
 23. Baglinière J, Castanet J, Conand F, Meunier F. Terminologie en sclérochronologie chez les Vertébrés. 1992.
 24. Renz H, Radlanski R. Incremental lines in root cementum of human teeth : a reliable age marker? *HOMO-J Comp Hum Biol.* 2006;57(1):29-50.
 25. Klevezal GA, Kleinenberg SE. Age determination of mammals from annual layers in teeth and bones. 1969.
 26. Jones S. The root surface: an illustrated review of some scanning electron microscope studies. *Scanning Microsc.* 1987;1(4):2003-18.
 27. Laws R. A new method of age determination for mammals. *Nature.* 1952;169(4310):972-3.
 28. Stott G, Sis R, Levy B. Cemental annulation as an age criterion in forensic dentistry. *J Dent Res.* 1982;61(6):814-7.
 29. Großkopf B. Incremental lines in prehistoric cremated teeth. A technical note. *Z Für Morphol Anthropol.* 1989;309-11.
 30. Condon K, Charles DK, Cheverud JM, Buikstra JE. Cementum annulation and age determination in *Homo sapiens*. II. Estimates and accuracy. *Am J Phys Anthropol.* 1986;71(3):321-30.
 31. de Broucker A, Colard T, Penel G, Blondiaux J, Naji S. The impact of periodontal

disease on cementochronology age estimation. *Int J Paleopathol.* 2016;15:128-33.

32. Lippitsch A, Grupe G. Variability of the apposition of the acellular, extrinsic fibre cementum and its influence on the tooth cementum annulation technique in humans: The influence of physical demands and functional morphology. *Doc Archaeobiolo.* 2007;5:87-112.

33. Lubinski PM, O'Brien CJ. Observations on seasonality and mortality from a recent catastrophic death assemblage. *J Archaeol Sci.* 2001;28(8):833-42.

34. Klevezal G, Shishlina N. Assessment of the season of death of ancient human from cementum annual layers. *J Archaeol Sci.* 2001;28(5):481-6.

35. Wedel VL. Determination of Season at Death Using Dental Cementum Increment Analysis*. *J Forensic Sci.* 1 nov 2007;52(6):1334-7.

36. Blondiaux J, Naji S, Audureau E, Colard T. Cementochronology and sex: A reappraisal of sex-associated differences in survival in past French societies. *Int J Paleopathol.* 2016;15:152-63.

37. Bertrand B. Procedure ISO-9001: cementochronologie, référence: MOP-Dap-04 Indice a, Communauté d'Agglomération du Douaisis. 2013.

38. Colard T, Bertrand B, Naji S, Delannoy Y, Bécart A. Toward the adoption of cementochronology in forensic context. *Int J Legal Med.* 2015;1-8.

39. Naji S, Colard T, Blondiaux J, Bertrand B, d'Incau E, Bocquet-Appel JP. Cementochronology, to cut or not to cut? *Int J Paleopathol.* 2016;15:113-9.

40. Bertrand B, Schug GR, Polet C, Naji S, Colard T. Age-at-death estimation of pathological individuals: A complementary approach using teeth cementum annulations. *Int J Paleopathol.* 2016;15:120-7.

41. Meinl A, Huber C, Tangl S, Gruber G, Teschler-Nicola M, Watzek G. Comparison of the validity of three dental methods for the estimation of age at death. *Forensic Sci Int.* 2008;178(2):96-105.

42. Charles DK, Condon K, Cheverud JM, Buikstra JE. Cementum annulation and age determination in *Homo sapiens*. I. Tooth variability and observer error. *Am J Phys Anthropol.* 1986;71(3):311-20.

43. Wittwer-Backofen U, Gampe J, Vaupel JW. Tooth cementum annulation for age estimation: Results from a large known-age validation study. *Am J Phys Anthropol.* 2004;123(2):119-29.

44. Rendu W, Armand D, Pubert É, Soressi M. Approche taphonomique en Cémentochnologie : réexamen du niveau 4 du Pech-de-l'Azé I (Carsac, Dordogne,

France). *PALEO Rev Archéologie Préhistorique*. 1 mars 2011;(21):223-36.

45. Hsieh S, Wedel V, Hermesen K. Does cut direction affect cementum increment viewing. *Proc Am Acad Forensic Sci XXI*. 2013;364.

46. AlQahtani SJ, Hector M, Liversidge H. Brief communication: the London atlas of human tooth development and eruption. *Am J Phys Anthropol*. 2010;142(3):481-90.

47. Lanteri L, Schmitt A, Foti B. Variabilité intra-individuelle de l'estimation de l'âge au décès adulte à partir des anneaux du ciment dentaire. *Bull Mém Société Anthropol Paris*. 2014;26(1-2):23-33.

48. Klevezal G, Kirillova I, Shishlina N, Sokolov A, Trunova YE. Growth layers in tooth dentin and cementum: problems and perspectives of their use in the study of fossil and subfossil mammal remains including humans. *Doc Archaeobiol*. 2006;4:113-24.

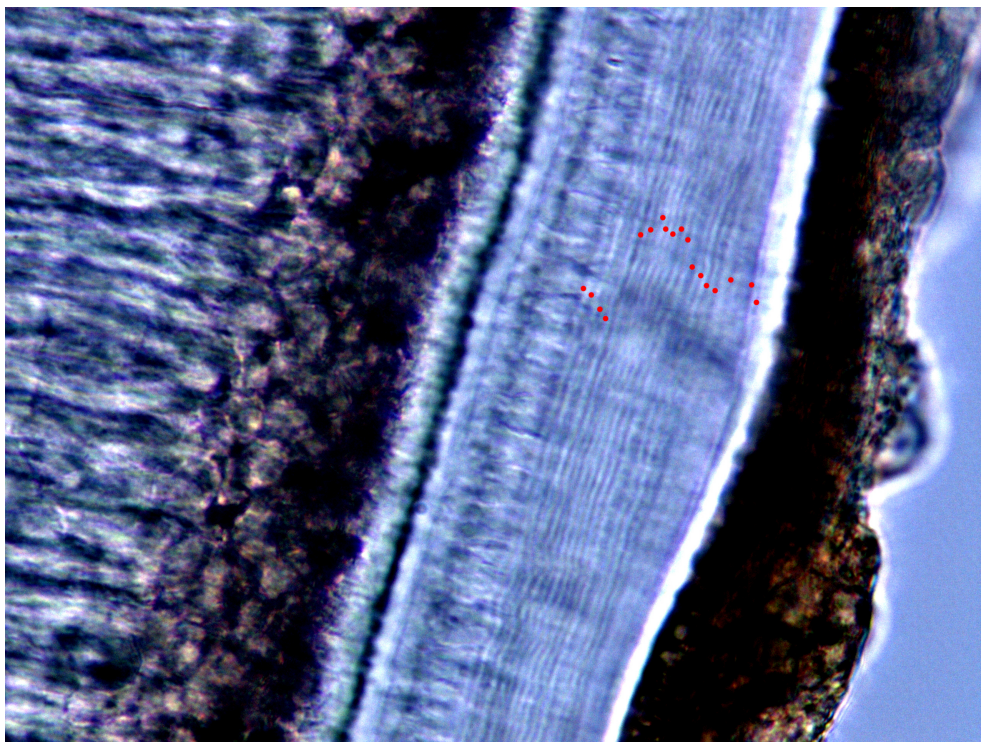
49. Wittwer-Backofen U, Buba H. Age estimation by tooth cementum annulation: perspectives of a new validation study. *Camb Stud Biol Evol Anthropol*. 2002;107-28.

6. Table des illustrations

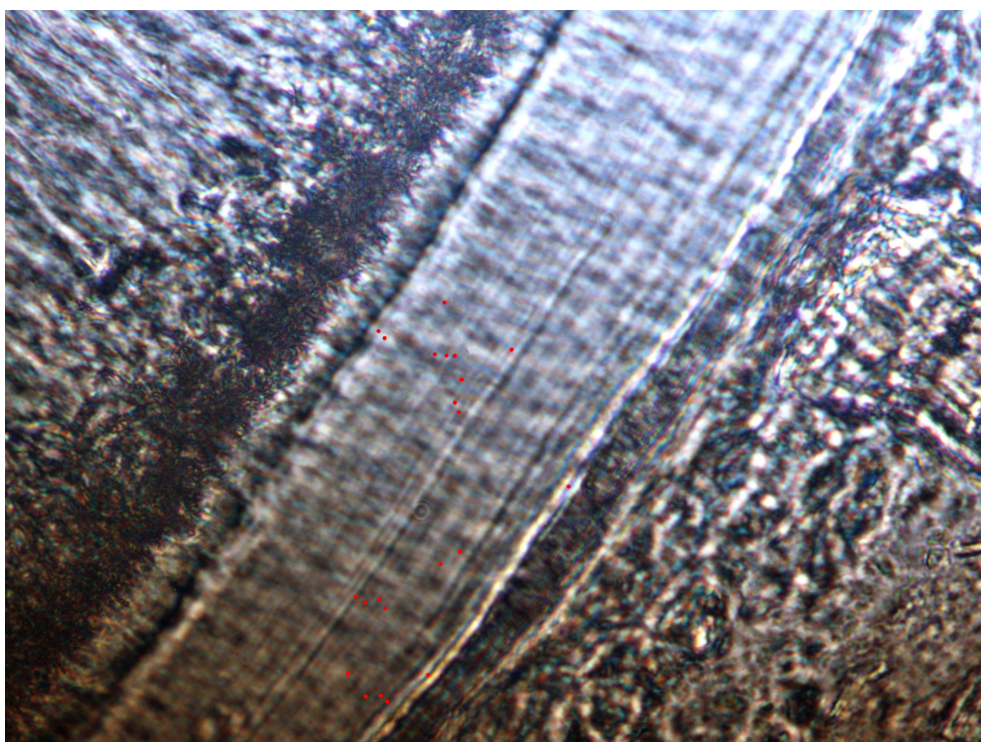
Figure 01: Coupe axiale de dent schématisée mettant en évidence le ciment	17
Figure 02 : Fibres de Sharpey de part et d'autre du desmodonte	20
Figure 03 : Enchevêtrement des fibres collagéniques extrinsèques et intrinsèques	21
Figure 04: Image microscopique de ciment acellulaire à fibres extrinsèques après retouches	23
Figure 05 : Acquisition microscopique (Gx100) de CCFI avec inclusion de cémentocytes	24
Figure 06: Différenciation des cellules en contact avec la face interne de la GEH, en odontoblastes	26
Figure 07: Perforation de la GEH et formation des « restes épithéliaux de Malassez »	27
Figure 08 : Remaniement des fibres collagéniques avant éruption dans la cavité buccale	28
Figure 09 : Mise en place des premières couches cémentaires	30
Figure 10 : Structures de croissance visibles au microscope optique sur une coupe transversale	32
Figure 11 : Disposition des seringues découpées sur un plateau de rangement	43
Figure 12 : Mesure des volumes de résine Araldite® (en transparent) et du durcisseur (en jaune)	43
Figure 13 : Répartition de la résine d'inclusion dans les seringues	44
Figure 14 : Positionnement des dents avec leur grand axe parallèle à la seringue.....	45
Figure 15 : Scie diamantée à vitesse lente Isomet® Buehler®	46
Figure 16 : La lame de scie doit être perpendiculaire à l'axe de la dent	47
Figure 17 : Vue de profil d'une coupe transversale de 100 microns, en cours de réalisation.....	48
Figure 18 : Alignement des graduations pour se placer sur la valeur « 0 »	48
Figure 19 : Mise sous lame de l'échantillon dentaire	50
Figure 20 : Grossissement X100.....	51
Figure 21 : Grossissement X200.....	51
Figure 22 : Grossissement X400	51
Figure 23 : Âge d'éruption des dents permanentes en fonction du sexe et de l'arcade d'appartenance ...	53
Figure 24 : Absence de lignes cémentaires visibles au microscope conduisant à l'exclusion de l'échantillon	66
Figure 25 : Exemple de deux échantillons obtenus par coupes successives d'une même dent, avec les mêmes réglages	68
Figure 26 : Observation du ciment entravée par des résidus de baume de Canada après ré-inclusion de l'échantillon	69
Figure 27 : Image microscopique mettant en évidence une portion de ciment arraché	70
 Graphe 1 : Représentation de l'erreur moyenne calculée pour chaque patient	60
Graphe 2 : Étude du nombre de stries moyen par individu en fonction de l'âge civil	61
Graphe 3 : Étude du nombre de stries moyen par dent en fonction de l'âge civil, au sein du groupe « incisif »	62
Graphe 4 : Étude du nombre de stries moyen par dent en fonction de l'âge civil, au sein du groupe « canin »	63
Graphe 5 : Étude du nombre de stries moyen par dent en fonction de l'âge civil, au sein du groupe « prémolaire »	63
 Tableau 1 : Comparaison des ratios obtenus pour chaque patient selon que l'on considère le « nombre de stries moyen » ou le « nombre de stries le plus grand »	64
 Annexe 01 : Patient n°1 (Gx400)	79
Annexe 02 : Patient n°2 (Gx400)	79
Annexe 03 : Patient n°3 (Gx400)	80
Annexe 04 : Patient n°4 (Gx400)	80
Annexe 05 : Patient n°5 (Gx400)	81
Annexe 06 : Patient n°6 (Gx400)	81
Annexe 07 : Patient n°7 (Gx400)	82
Annexe 08 : Patient n°8 (Gx400)	82
Annexe 09 : Patient n°9 (Gx400)	83
Annexe 10 : Patient n°10 (Gx200)	83
Annexe 11 : Formulaire de non opposition à l'utilisation des échantillons dentaires	84

7. Annexes

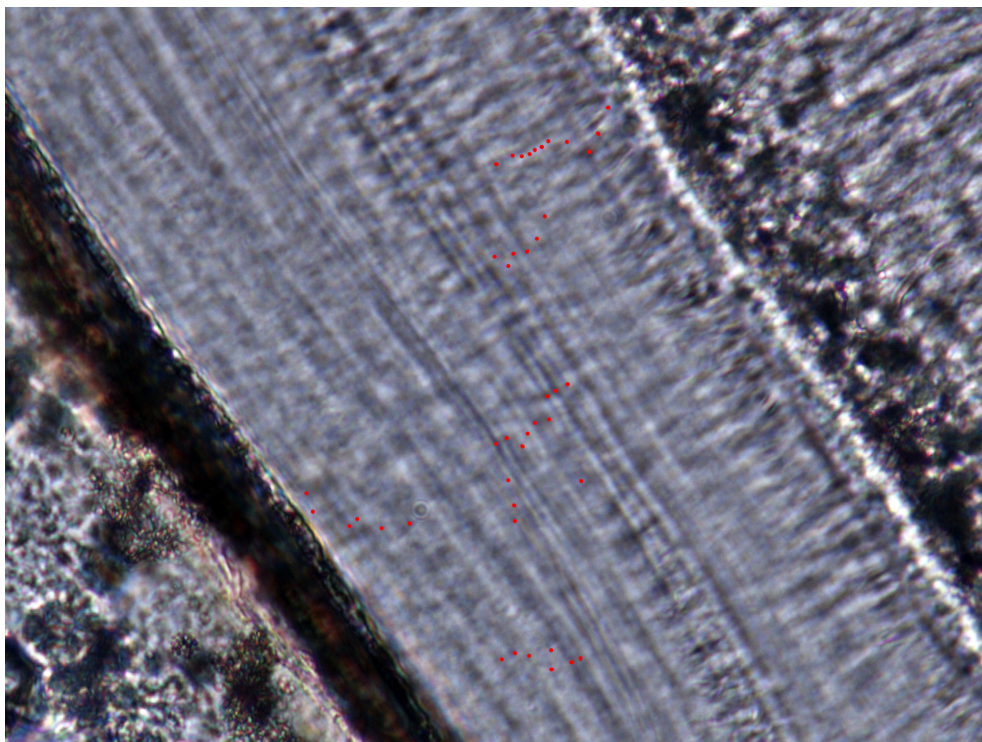
Sur la série des 140 acquisitions microscopiques sélectionnées pour l'étape de comptage, voici pour chaque patient la plus qualitative dont on ait disposé :



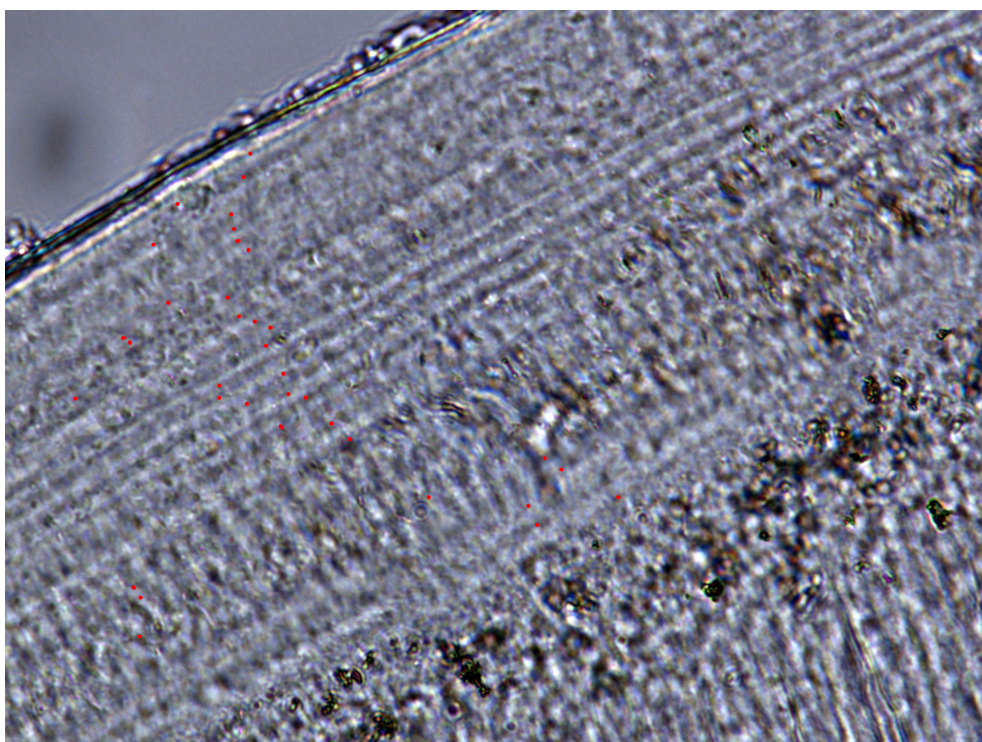
Annexe 012 : Patient n°1 (Gx400).



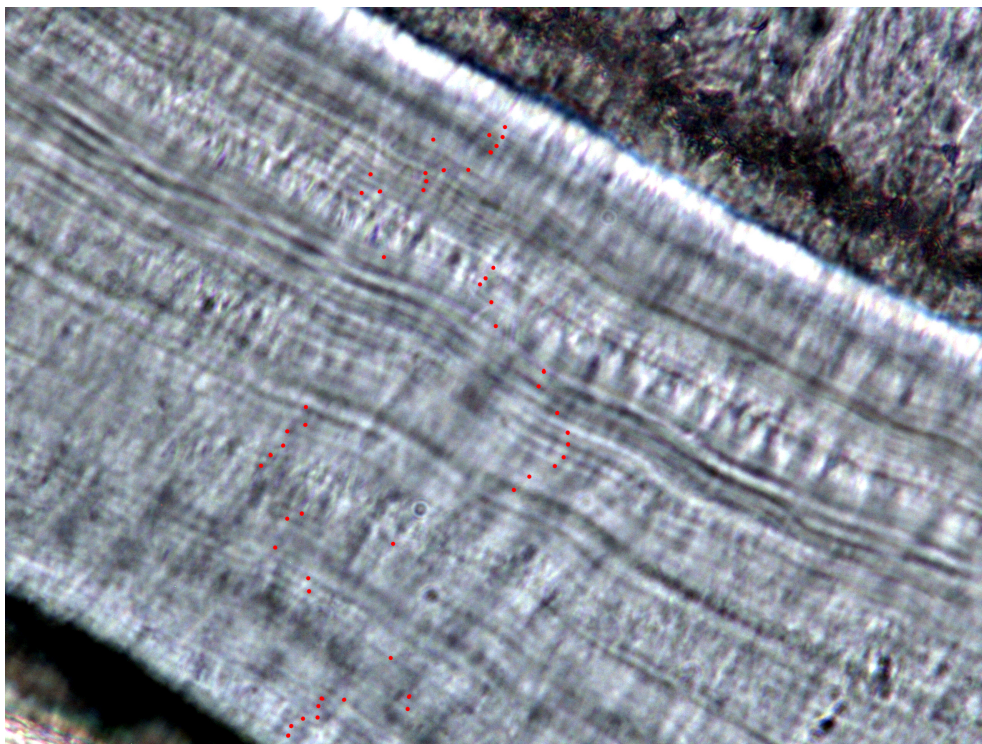
Annexe 013 : Patient n°2 (Gx400).



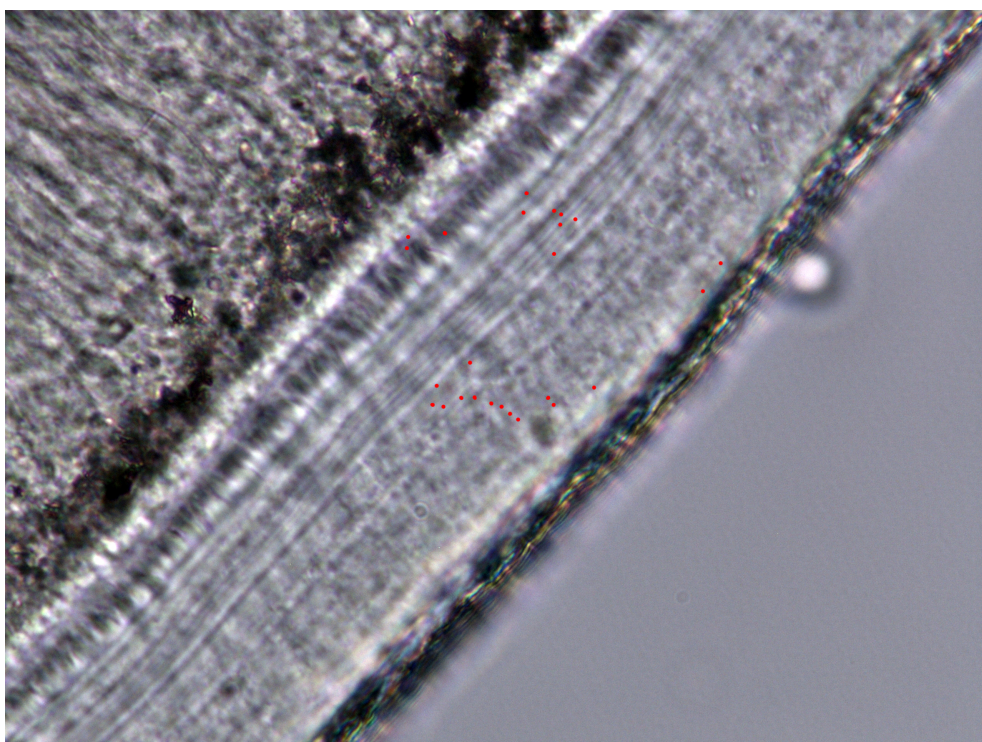
Annexe 014 : Patient n°3 (Gx400).



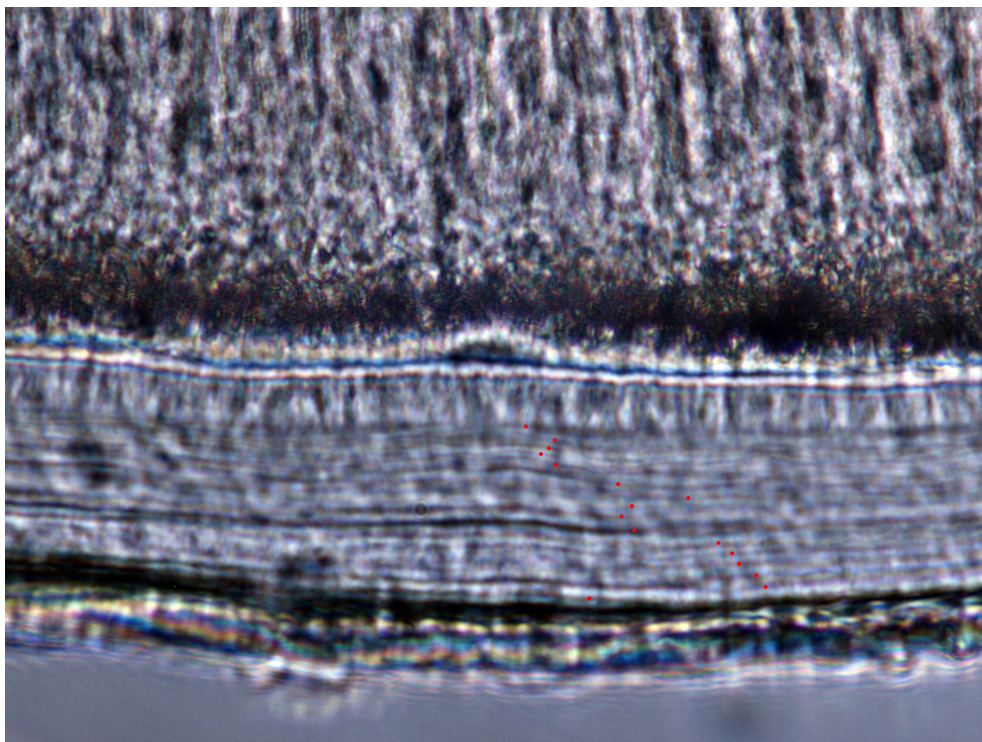
Annexe 015 : Patient n°4 (Gx400).



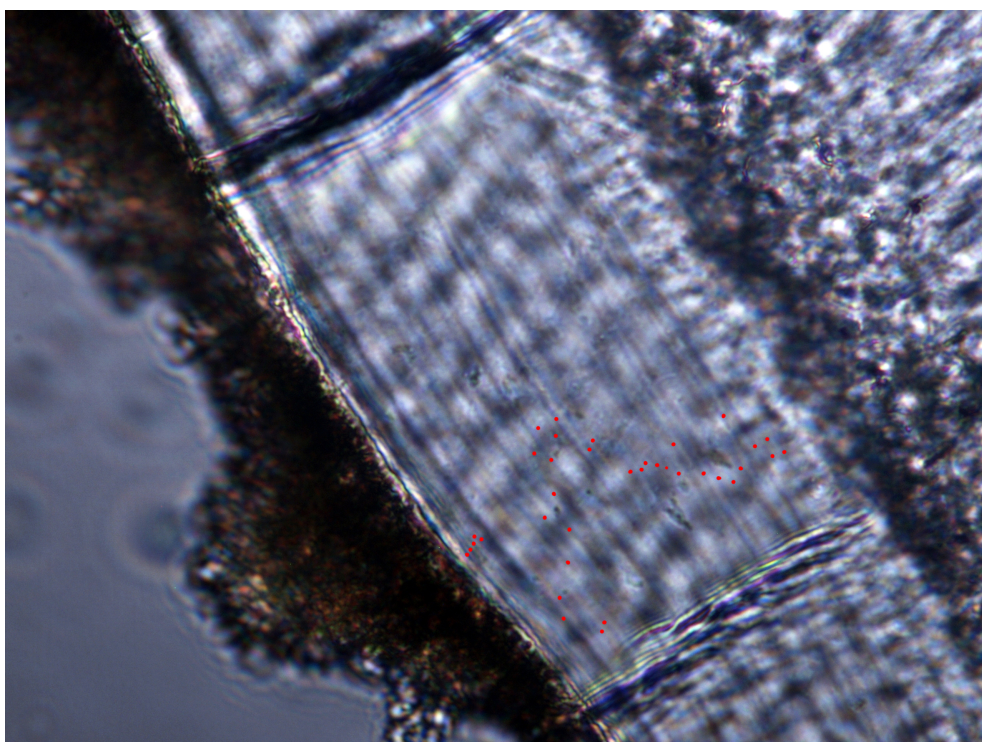
Annexe 016 : Patient n°5 (Gx400).



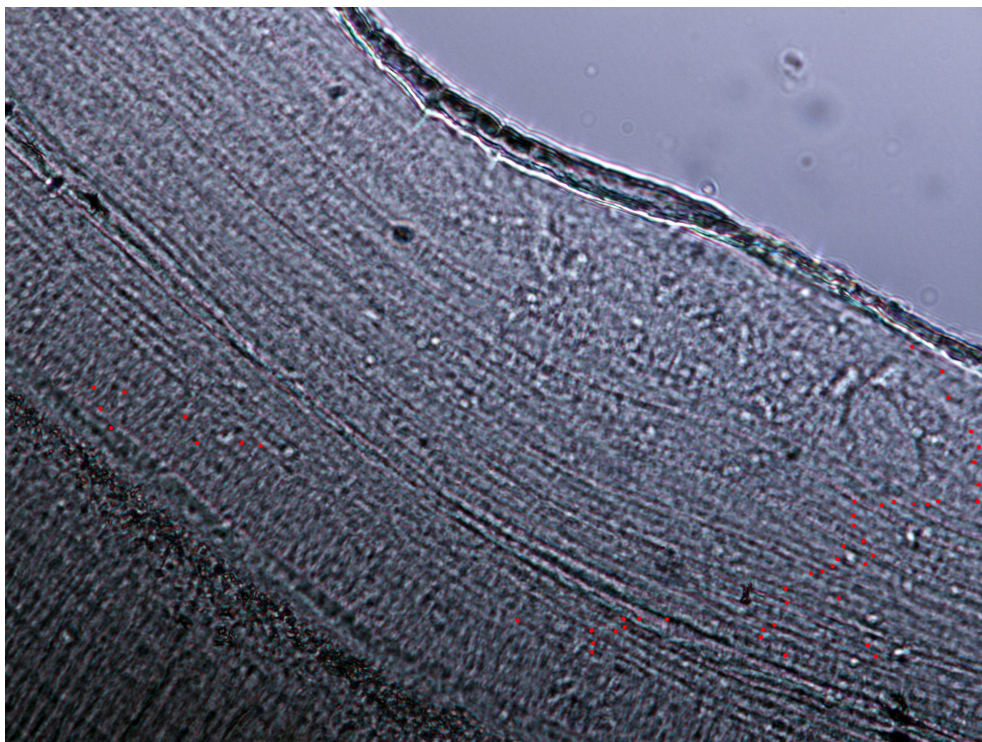
Annexe 017 : Patient n°6 (Gx400).



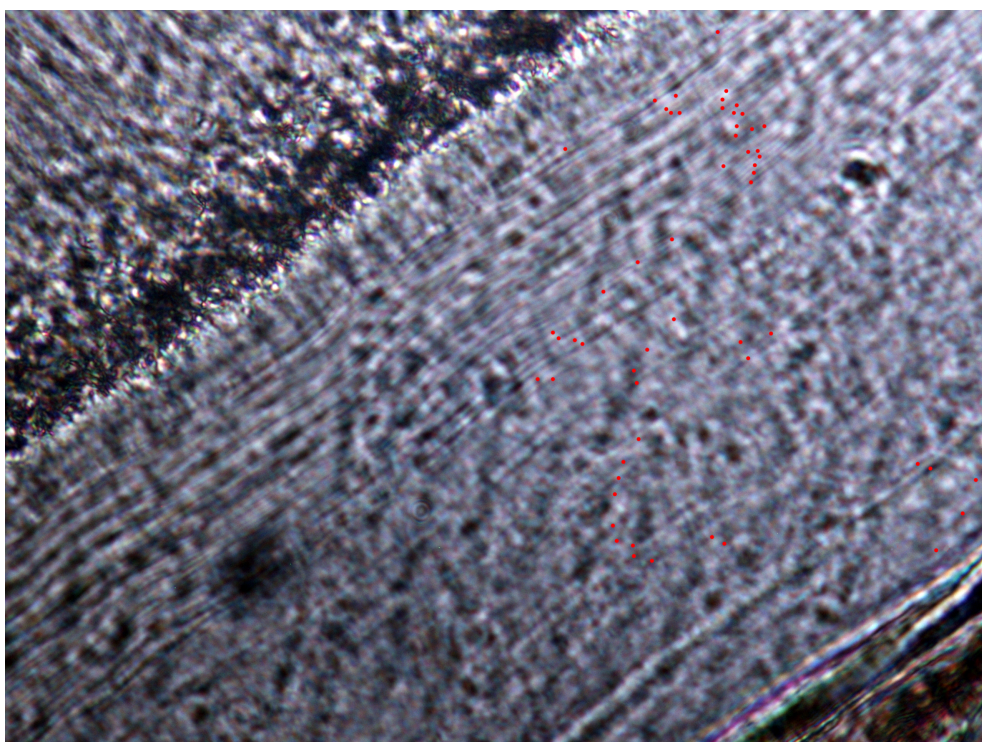
Annexe 018 : Patient n°7 (Gx400).



Annexe 019 : Patient n°8 (Gx400).



Annexe 020 : Patient n°9 (Gx200).



Annexe 21 : Patient n°10 (Gx400).

Madame, Monsieur,

Nous allons réaliser des extractions dentaires sur votre personne.

Dans le cadre de la recherche, ces échantillons seraient utiles à la réalisation d'une thèse d'exercice portant sur la cémentochronologie.

Vous validez, par la présente lettre, la non-opposition à l'utilisation de ces échantillons dentaires, dans le respect de la confidentialité.

Les informations portées sur ce document sont confidentielles et couvertes par le secret médical. À aucun moment, les données personnelles qui y figurent n'apparaîtront lors de la publication des résultats des travaux de recherche.

NOM :

Prénom :

Date de naissance :

Sexe :

Si la patiente est une femme ayant déjà eu une grossesse, précisez le nombre d'enfants qu'elle a eu et les âges auxquels elle les a eus.

Date :

Signature, précédée de la mention « Bon pour accord »

La variabilité intra-individuelle de la cémentogenèse : étude comparative microscopique / **David DOLÉ.**- f. (84) : ill. (43) ; réf. (49).

Domaines : Anatomie ; Sciences biologiques

Mots clés RAMEAU: Cément ; Homme-Âge-Détermination

Mots clés FMeSH: Cémentogenèse ; Détermination de l'âge dentaire

Mots clefs libres : Cémentochnologie ; TCA ; Anneaux cémentaires

Après un rappel sur les généralités du cément, cette thèse s'efforce de regrouper l'essentiel des connaissances acquises à ce jour sur la cémentochnologie dans le but de comprendre l'intérêt d'un tel outil lors de l'estimation de l'âge au décès chez l'adulte.

Nous procéderons à une mise en application de la méthode TCA (Tooth Cementum Annulation), sur un groupe de 10 individus, avec un objectif qui est double : tester la précision de la méthode au yeux d'un néophyte, mais aussi de quantifier l'impact de la variabilité intra-individuelle jusqu'alors très peu abordée.

Au terme de cette étude, nous avons vu que la méthode TCA permettait de déterminer l'âge au décès de 7 individus sur 10 avec une précision de +/- 10 ans.

Nous avons également confirmé l'importance de baser son estimation sur plusieurs dents d'un même individu pour minimiser l'impact de la variabilité intra-individuelle, estimée en moyenne à 7 ans.

JURY :

Président : Monsieur le Professeur Thomas COLARD

Assesseurs : Madame le Docteur Mathilde SAVIGNAT

Madame le Docteur Amélie de BROUCKER

Madame le Docteur Cécile OLEJNIK