Le développement dentaire chez les aborigènes australiens : étude histologique préliminaire basée sur la microanatomie de l'émail

Alexandra Maarek

▶ **To cite this version:**

Alexandra Maarek. Le développement dentaire chez les aborigènes australiens : étude histologique préliminaire basée sur la microanatomie de l'émail. Sciences du Vivant [q-bio]. 2019. dumas-02474195

HAL Id: dumas-02474195

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02474195

Submitted on 11 Feb 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

UNIVERSITÉ PARIS DESCARTES

MEMBRE DE
USPC
Université Sorbonne Paris Cité

AVERTISSEMENT

Cette thèse d'exercice est le fruit d'un travail approuvé par le jury de soutenance et réalisé dans le but d'obtenir le diplôme d'État de docteur en chirurgie dentaire. Ce document est mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt toute poursuite pénale.

Code de la Propriété Intellectuelle. Articles L 122.4

Code de la Propriété Intellectuelle. Articles L 335.2 - L 335.10

UNIVERSITÉ PARIS DESCARTES

MEMBRE DE
USPC
Université Sorbonne Paris Cité

UNIVERSITÉ PARIS DESCARTES

FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2019 **N° 091**

THÈSE

POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le : 16 décembre 2019

Par

Alexandra MAAREK

Le développement dentaire chez les aborigènes australiens : étude histologique préliminaire basée sur la microanatomie de l'émail

Dirigée par M. Fernando V. Ramirez Rozzi

JURY

Mme le Professeur Sibylle Vital	Président
Mme le Professeur Sylvie Séguier	Assesseur
M. Fernando V. Ramirez Rozzi	Assesseur
M. le Docteur Jean-Claude Tavernier	Assesseur

CC BY NC ND

Tableau des enseignants de la Faculté

DÉPARTEMENTS	DISCIPLINES	PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS	MAÎTRES DE CONFÉRENCES
1. DÉVELOPPEMENT, CROISSANCE ET PRÉVENTION	ODONTOLOGIE PÉDIATRIQUE	Mme DAVIT-BÉAL Mme DURSUN Mme VITAL	M. COURSON Mme JEGAT Mme SMAIL-FAUGERON Mme VANDERZWALM
	ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE		Mme BENAHMED M. DUNGLAS Mme KAMOUN Mme LE NORCY
	PRÉVENTION, ÉPIDEMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ ET ODONTOLOGIE LÉGALE	Mme FOLLIGUET M. PIRNAY	Mme GERMA M. TAVERNIER
2. CHIRURGIE ORALE, PARODONTOLOGIE, BIOLOGIE ORALE	PARODONTOLOGIE	Mme COLOMBIER Mme GOSSET	M. BIOSSE DUPLAN M. GUEZ
	CHIRURGIE ORALE	M. MAMAN Mme RADOI	Mme EJEIL M. GAULTIER M. HADIDA M. MOREAU M. NGUYEN Mme TAÏHI
	BIOLOGIE ORALE	Mme CHAUSSAIN M. GOGLY Mme SÉGUIER Mme POLIARD	M. ARRETO Mme BARDET (MCF) Mme CHARDIN M. FERRE M. LE MAY
3. RÉHABILITATION ORALE	DENTISTERIE RESTAURATRICE ENDODONTIE	Mme BOUKPESSI Mme CHEMLA	Mme BERÈS Mme BESNAULT M. BONTE Mme COLLIGNON M. DECUP Mme GAUCHER
	PROTHÈSES	Mme WULFMAN	M. CHEYLAN M. DAAS M. DOT M. EID Mme FOUILLOUX-PATEY Mme GORIN M. RENAULT M. RIGNON-BRET M. TRAMBA
	FONCTION-DYSFONCTION, IMAGERIE, BIOMATÉRIAUX	M. SALMON	M. ATTAL Mme BENBELAID Mme BENOÎT A LA GUILLAUME (MCF) M. BOUTER M. CHARRIER M. CHERRUAU M. FLEITER Mme FRON CHABOUIS Mme MANGIONE Mme TILOTTA
	PROFESSEURS ÉMÉRITES	M. BÉRENHOLC Mme BRION M. LASFARGUES M. LAUTROU M. LEVY	M. PELLAT M. PIERRISNARD M. SAFFAR Mme WOLIKOW

Mise à jour le 04 novembre 2019

Remerciements

À Mme le Professeur Sibylle Vital

Docteur en Chirurgie dentaire

Ancien Interne des Hôpitaux

Docteur de l'Université Paris Descartes

Habilitée à Diriger des Recherches

Professeur des Universités, Faculté de Chirurgie dentaire Paris Descartes

Praticien Hospitalier, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris

Vice-Doyen de la Faculté de Chirurgie dentaire Paris Descartes

Pour l'honneur que vous me faites de présider ce jury de thèse d'exercice. Je tiens à vous témoigner mon profond respect pour l'enseignement bénéfique que vous m'avez transmis lors de ma formation hospitalo-universitaire. Vous avez su me donner goût à la pédodontie. Veuillez trouver ici l'assurance de mes sentiments les plus respectueux.

À Mme le Professeur Sylvie Séguier

Docteur en Chirurgie dentaire

Spécialiste qualifiée en Médecine bucco-dentaire

Docteur de l'Université Paris Descartes

Habilitée à Diriger des Recherches

Professeur des Universités, Faculté de Chirurgie dentaire Paris Descartes

Praticien Hospitalier, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris

Qui m'a prodigué un enseignement de qualité aussi bien théorique que pratique. Vous qui m'avez si bien fait porter la charlotte, vous avez toujours su encadrer l'OCE avec justesse et dans la bonne humeur. Veuillez trouver ici l'expression de mes remerciements les plus sincères et ma profonde reconnaissance.

À M. Fernando V. Ramirez Rozzi

Docteur ès Sciences du Museum national d'histoire naturelle

Chargé de Recherche au Centre national de la recherche scientifique

De m'avoir fait l'honneur d'accepter d'assurer la direction de ma thèse. Pour l'aide précieuse que vous m'avez apportée au cours de ce travail : votre œil avisé et vos conseils qui ont nourri ma réflexion. Veuillez trouver ici toute ma reconnaissance et mes remerciements les plus sincères.

À M. le Docteur Jean-Claude Tavernier

Docteur en Chirurgie dentaire

Docteur de l'Université Paris Descartes

Docteur en Sciences odontologiques

Maître de Conférences des Universités, Faculté de Chirurgie dentaire Paris Descartes

Praticien Hospitalier, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris

Chevalier de l'ordre national du mérite

Officier de l'ordre des palmes académiques

Pour l'honneur que vous me faites de participer au jury de cette thèse. Merci pour vos enseignements au cours de ma formation, veuillez croire en mes respectueux remerciements.

Pensées affectueuses et remerciements

À **mes chers parents** pour tout leur amour. Merci d'être présents dans toutes les étapes de ma vie. Merci de me soutenir dans toutes mes décisions. Vous êtes mes piliers.

À mes **frères Ben et Mike** que j'aime.

À mes **grands-parents Papi Claude et Mamie Huguette**, merci de me faire rire à tous les dîners de famille, merci de votre gentillesse et de votre bienveillance, merci d'être ce que vous êtes.

À ma **grand-mère Mamie Evelyn** qui vit dans un contient lointain et qui me manque au quotidien.

À **Maxime**, mon futur mari. Merci pour tout ce que tu m'apportes au quotidien. Je t'aime.

À **Laura**, la sœur que je n'ai pas eu et meilleure amie depuis le premier jour.

À **Anna**, 10 ans d'amitié qui m'en paraissent 27.

À **Julie** et **Louise,** mes amies que j'aime.

À **Vic** et **Joh**, passées de simples camarades de classes à d'inconditionnelles amies. Sans vous la vie serait différente.

À **Reb** qui était à deux doigts d'être ma binôme mais les partiels de P2 en ont décidés autrement…

À **Shana**, **Cycy** et **Hanna** qui ont fait de ces 5 années d'étude un véritable plaisir.

À **Allan** mon binôme. Je nous félicite pour ce parcours. On était mal partis…

À tout le reste de la **série F** (Ouriel, Noé, Isaac, Sacha, Jeremy, Nissim…). Grâce à vous la fac restera à vie un merveilleux souvenir.

À **La Kess** et Anna (encore) qui ont pris le temps de relire ma thèse 2 fois, à la chasse aux fautes d'orthographe.

À **La Colo**, merci pour tous ces moments.

À mes cousins, cousines, oncles et tantes.

À tous ceux qui m'ont encouragée dans mon **changement de cursus**, MSML !

Je vous aime !

Table des matières

INTRODUCTION **2**

1 : MATERIELS ET METHODES **5**

1.1 MATERIELS 5

1.1.1. Échantillon étudié *5*

1.1.2. Préparation des lames *6*

1.1.3. Aides optiques *7*

1.2 METHODES 7

1.2.1 Lignes de croissance de l'émail *8*

1.2.2 Estimation du temps de formation de la couronne *15*

2 : RESULTATS **20**

2.1. STRIATIONS TRANSVERSALES ET PRISMES 20

2.2. STRIES DE RETZIUS 22

2.3. TEMPS DE FORMATION DE LA COURONNE 22

2.4. CHRONOLOGIE DE MINERALISATION DE LA COURONNE 23

3 : DISCUSSION **28**

CONCLUSION **38**

BIBLIOGRAPHIE **39**

TABLE DES FIGURES **45**

TABLE DES TABLEAUX **47**

Introduction

Le développement dentaire est un processus progressif et continu, déterminé par des interactions de facteurs génétiques, épigénétiques et environnementaux. La majeure partie de ce que nous savons de la croissance dentaire des Hommes modernes provient d'études radiographiques d'enfants dont nous connaissons l'âge. Les études sur le développement dentaire sont d'une importance considérable car elles permettent :

- d'établir des normes de formation dentaire[1],
- d'estimer l'âge au décès d'un individu [2],
- d'établir différentes données de référence d'âge de développement dentaire d'enfants en croissance[3],
- de comparer le développement dentaire entre les populations d'une même espèce et entre les populations d'espèces différentes[4].

Le développement dentaire est un bon indicateur d'estimation de la croissance générale des individus. Son étude repose sur l'analyse de la couronne dentaire. Il existe 3 types d'études, basées sur :

- l'observation clinique (observation visuelle directe),
- l'observation de clichés radiographiques,
- l'observation histologique de la microanatomie de l'émail.

Chacune de ces approches a ses avantages et ses inconvénients, mais toutes apportent de précieuses informations sur le développement d'une espèce. Contrairement aux observations radiographiques et histologiques, l'observation clinique ne permet pas d'évaluer le temps de formation de la couronne (TFC) dentaire mais uniquement d'en étudier l'éruption. Ainsi, seules les études radiographiques et histologiques seront prises en compte au cours de cette étude.

En ce qui concerne les études radiographiques, de nombreuses variations dans les résultats subsistent. Gleiser et Hunt[5] et Moorrees et al.[6], ont défini pour de nombreuses populations d'enfants plusieurs stades de croissance de molaires permanentes et ont établi des âges correspondant aux observations cliniques : les valeurs obtenues s'avèrent très différentes. D'autres études révèlent des temps moyens

[1] Schour et Massler, « Studies in tooth development ».
[2] Bromage et Dean, « Re-evaluation of the age at death of immature fossil hominids ».
[3] Moorrees, Fanning, et Hunt, « Age variation of formation stages for ten permanent teeth ».
[4] Reid et Dean, « Variation in modern human enamel formation times ».
[5] Gleiser et Hunt, « The permanent mandibular first molar : its calcification, eruption and decay ».
[6] Moorrees, Fanning, et Hunt, « Age variation of formation stages for ten permanent teeth ».

de formation de la couronne dentaire sensiblement différents selon les populations[7,8,9,10,11,12]. Il est admis depuis plusieurs années que les radiographies surestiment l'initiation de la minéralisation de la couronne dentaire chez les humains[13]. Liversidge a montré que la formation de la couronne dentaire est plus longue lorsque les données proviennent de dents isolées en développement, que sur des radiographies[14]. Ces variations peuvent provenir de plusieurs facteurs : une mauvaise résolution des images radiographiques, un traitement différent des résultats, des variations biologiques entre les diverses populations ou encore la subjectivité de l'auteur. Les études radiographiques ont néanmoins l'indéniable avantage de pouvoir inclure un très grand nombre d'individus ce qui l'emporte souvent sur toutes ces préoccupations. Elles restent un élément important pour un grand nombre d'études comparatives du développement dentaire des Hommes modernes [15].

Le troisième type d'étude, fondement de notre thèse, repose sur l'analyse histologique de l'émail. Contrairement aux techniques précédentes, les échantillons sont moins importants et le travail de recherche plus chronophage. L'analyse de la microstructure de l'émail constitue l'approche la plus fiable pour caractériser le modèle de croissance dentaire d'une espèce. Elle a rendu possible l'évaluation des différences ontogénétiques de fossiles d'hominoïdes, avec notamment la détermination du début de la minéralisation et la durée de formation des couronnes et des racines dentaires chez les Néandertaliens et les Hommes modernes. Les chercheurs utilisent une méthode basée sur le décompte des marqueurs de l'émail qui donnent des informations sur le TFC dentaire[16,17,18,19]. Ce type d'analyse permet d'inclure des données sur des périodes comprises avant la naissance d'un individu et de définir plus précisément les différents stades de la formation dentaire que les études radiographiques. Aussi, les taux d'erreur sont plus faibles.

L'étude des populations indique des variations du développement dentaire en fonction des zones géographiques. Reid et Dean ont notamment montré qu'il existait une différence entre les temps de formation des couronnes dentaires des populations sud-africaines et nord-européennes[20]. Par contre, aucune étude reposant sur l'analyse histologique de l'émail ne concerne le développement dentaire des aborigènes australiens. Pourtant les aborigènes sont les premiers Homo sapiens à avoir occupé le

[7] Nolla, « The development of permanent teeth ».
[8] Demirjian, Goldstein, et Tanner, « A new system of dental age assessment ».
[9] Gustafson et Koch, « Age estimation up to 16 years of age based on dental development ».
[10] Anderson, Thompson, et Popovich, « Age of attainment of mineralization stages of the permanent dentition ».
[11] Demirjian, « Dentition ».
[12] Simpson et Kunos, « A radiographic study of the development of the human mandibular dentition ».
[13] Hess, Lewis, et Roman, « A radiographic study of calcification of the teeth from birth to adolescence. »
[14] Liversidge, « Crown formation times of the permanent dentition and root extension rate in humans ».
[15] Moorrees, Fanning, et Hunt, « Age variation of formation stages for ten permanent teeth ».
[16] Risnes, « Growth tracks in dental enamel ».
[17] Shellis, « Utilization of periodic markings in enamel to obtain information on tooth growth ».
[18] Lacruz, Ramirez Rozzi, et Bromage, « Variation in enamel development of South African fossil hominids ».
[19] AlQahtani, Hector, et Liversidge, « Brief communication : the London atlas of human tooth development and eruption ».
[20] Reid et Dean, « Variation in modern human enamel formation times ».

sol australien, puisqu'ils en sont les autochtones depuis près de 60 000 ans, alors que l'Homo sapiens n'est arrivé en Europe que 15 000 plus tard.

À ce titre, une question capitale nous apparait : existe-t-il une différence entre les temps de formation des dents des aborigènes australiens et celles des autres populations ?
Depuis leur arrivée en Australie, les aborigènes ont développé en autarcie une culture qui leur est propre. Établis à l'intérieur des terres, dans le bush et le désert, ils ont vécu de chasse et de cueillette. À la fin du XVIIIe siècle, ils sont colonisés par les Britanniques et leur population passe de 750 000 à 100 000 individus, dévastés par les maladies apportées par les occidentaux.
Ils représentent aujourd'hui près de 3 % de la population. Les principales communautés aborigènes se trouvent dans le Centre Rouge et le Nord Australien. On compte plus de 500 peuples distincts en Australie, généralement divisés en clans, chacun ayant sa propre langue et son propre territoire. Actuellement, plus de la moitié vivent en ville, très souvent dans les périphéries, d'autres travaillent comme ouvriers agricoles dans des ranchs[21]. Leur relation étroite avec la nature entraine une dépendance aux ressources disponibles. En 2016, une étude a été menée sur leurs conditions de vie (SEARCH)[22] : des logements insalubres sont identifiés comme une cause majeure des problèmes de santé. Ils disposent d'un soutien social réduit et n'ont pas le même accès aux activités sociales ou à l'éducation que le reste de la population. Les populations autochtones sont davantage confrontées à des problèmes de santé tel que le tabagisme ou l'obésité[23]. Sur le plan dentaire de nombreuses études existent, traitant de l'usure des dents des aborigènes[24,25]. Celle-ci serait associée à des positions mandibulaires extrêmes et au bruxisme très commun des dentures d'aborigènes australiens. Effectivement, la totalité des dents utilisées dans cette étude présente une usure relativement importante des cuspides. Smith affirme que la différence de taille de leurs dents serait liée aux conditions environnementales et alimentaires et varierait en fonction de leur position géographique[26].

Leur environnement, leurs aspects morphologiques et leur histoire évolutive singulière amènent à s'interroger sur la spécificité de leur croissance dentaire. Les molaires et incisives centrales de 4 individus aborigènes australiens, préparées sur des lames, ont été observées sous microscope, afin d'en déduire le temps de formation de l'émail coronaire et le comparer aux données de la littérature. Une chronologie de formation de l'incisive par rapport à la molaire a également été établie.

[21] Ponsonnet et Grundmann, *Australie : histoire, société, culture*.
[22] Wright, « The study of environment on aboriginal resilience and child health (SEARCH) : a long-term platform for closing the gap ».
[23] Gregory et al., « Values-based measures of impacts to indigenous health : perspective ».
[24] Richards, « Dental attrition and craniofacial morphology in two Australian Aboriginal populations ».
[25] Kaidonis, Richards, et Townsend, « Nature and frequency of dental wear facets in an Australian Aboriginal population ».
[26] Smith, Brown, et Wood, « Tooth size and morphology in a recent Australian Aboriginal population from Broadbeach, South East Queensland ».

1 : Matériels et Méthodes

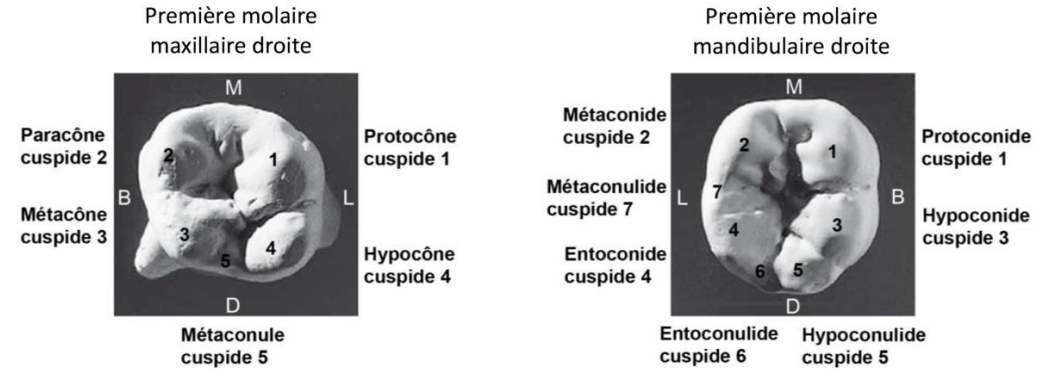
1.1 Matériels

1.1.1. Échantillon étudié

1.1.1.1. Nomenclature des cuspides

Le système tribosphénique, utilisé en paléontologie a été développé par Osborn[27] pour déterminer les cuspides présentes chez les mammifères. Cette nomenclature se caractérise par la terminaison en « – cône » pour les cuspides des dents maxillaires, et en « – conide » pour les cuspides des dents mandibulaires.

Figure 1 : Équivalence des noms attribués aux cuspides des molaires maxillaires et mandibulaires



M = mésial; L = lingual; D = distal; B = buccal ou vestibulaire

Source : White et Folkens, *The human bone manual*, 2005.

Sur la première molaire maxillaire droite : le protocône est la cuspide mésio-linguale, l'hypocône est la cuspide disto-linguale, le paracône est la cuspide mésio-vestibualire et le métacône est la cuspide disto-vestibulaire.

Sur la première molaire mandibulaire droite : le protoconide est la cuspide mésio-vestibulaire, l'hypoconide est la cuspide disto-vestibulaire, le métaconide est la cuspide mésio-linguale,

[27] Osborn et Gregory, *Evolution of mammalian molar teeth to and from the triangular type including collected and revised researches trituberculy and new sections on the forms and homologies of the molar teeth in the different orders of mammals*.

l'entoconide est la cuspide disto-linguale et l'hypoconulide est la cinquième cuspide la plus en distale[28].

1.1.1.2. Individus

L'échantillon provient de squelettes exhumés des cimetières par les Anglais. Les quatre individus aborigènes australiens sont nommés AUS 27, AUS 59, AUS 96, AUS 99. Les incisives et molaires analysées ont été choisies parmi un large échantillon de dents d'aborigènes australiens mis à disposition du Dr Fernando Ramirez Rozzi (FRR) en fonction de la visibilité des marqueurs de l'émail et de l'usure des cuspides.

Tableau 1 : Récapitulatif des dents étudiées

Individu	AUS 27	AUS 59	AUS 96	AUS 99
Dents étudiées	- Incisive latérale mandibulaire droite (I2 md) - Cuspide protoconide de la première molaire mandibulaire gauche (M1 protoconide)	- Incisive centrale mandibulaire droite (I1 md) - Cuspide protoconide de la première molaire mandibulaire gauche (M1 protoconide)	- Incisive centrale maxillaire droite (I1 max) - Cuspide protoconide de la première molaire mandibulaire gauche (M1 protoconide)	- Incisive centrale maxillaire droite (I1 max) - Cuspide paracône de la première molaire maxillaire droite (M1 paracône)

Source : Auteur, 2019.

Pour AUS 27, la I2 mandibulaire droite a été analysée car l'usure de la couronne de la I1 la rendait inexploitable. Chacune des dents a fini sa formation.

1.1.2. Préparation des lames

Les procédures histologiques standards ont été respectées[29].
Les dents ont été nettoyées préalablement à l'alcool 70 % puis enrobées dans du cyanoacrylate afin de les protéger. Les plans de section ont été marqués préalablement afin d'en faciliter la découpe à l'aide d'une scie annulaire (Isomet 5000) : section dans le sens vestibulo-linguale pour les incisives et selon les cuspides mésiales et distales pour les molaires. L'obliquité des sections a été minimisée selon

[28] White et Folkens, *The human bone manual*.
[29] Reid, Beynon, et Ramirez Rozzi, « Histological reconstruction of dental development in four individuals from a medieval site in Picardie, France ».

les méthodes décrites par Mahoney[30]. Toutes les coupes ont été polies manuellement au papier de verre et finies avec une crème de polissage, des deux côtés pour obtenir une épaisseur finale de 100 μm. Un lavage délicat et ultrasonique dans de l'eau distillée a permis de retirer tous les débris. Les coupes ont ensuite été déshydratées à l'alcool, nettoyées et montées sur une lamelle dans un milieu à base de xylène DPX1 et collées avec du cyanoacrylate.

1.1.3. Aides optiques

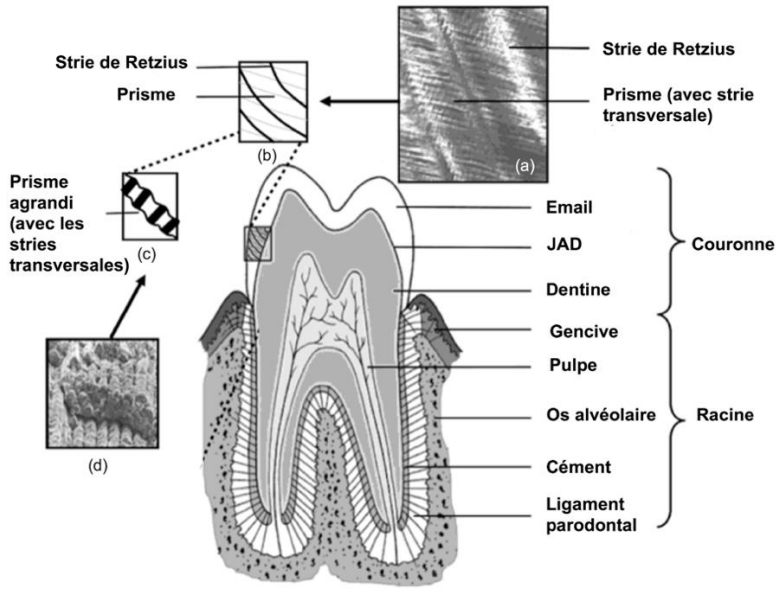
Les sections ont été observées au microscope optique (Zeiss Universal) en utilisant une lumière transmise et polarisée aux grossissements 2,5/0,08 et 6,3/0,16 ainsi qu'au microscope stéréoscopique (Leica M8) aux grossissements allant de 0,6 à 50. Les images ont été capturées par deux appareils photo numériques amovibles reliés à un ordinateur : Caméra IDEA avec le logiciel Spot, et un Nikon Coolpix placé sur les oculaires des microscopes à l'aide d'adaptateurs Les mesures sur les coupes, prises sous microscope optique, ont été réalisées à l'aide d'un micromètre oculaire, connecté à une mesure oculaire numérique, reliée elle-même à une calculatrice-compteur-imprimante RZD-DO (Leica). Enfin plusieurs logiciels informatiques sont intervenus : Image dans l'annotation des points remarquables des coupes, ViewNX2 dans le réglage des contrastes et Paint S dans le montage d'images.

1.2 Méthodes

L'estimation des TFC dentaires des quatre individus a été obtenue grâce à l'étude des lignes de croissance de l'émail. Il en existe deux types : les stries de Retzius à périodicité longue et les striations transversales des prismes à périodicité courte. Comme indiqué dans l'article de Dean et Scandrett[31] ces lignes ont été initialement décrites par Retzius, Owen, Andresen et Von Ebner.

[30] Mahoney, « Two-dimensional patterns of human enamel thickness on deciduous (dm1, dm2) and permanent first (M1) mandibular molars ».
[31] Dean et Scandrett, « The relation between long-period incremental markings in dentine and daily cross-striations in enamel in human teeth ».

Figure 2 : Une dent et ses tissus de soutien, illustrant certaines des microstructures internes de l'émail



Source : Auteur, d'après Katzenberg et Grauer, *Biological anthropology of the human skeleton*, 2008.

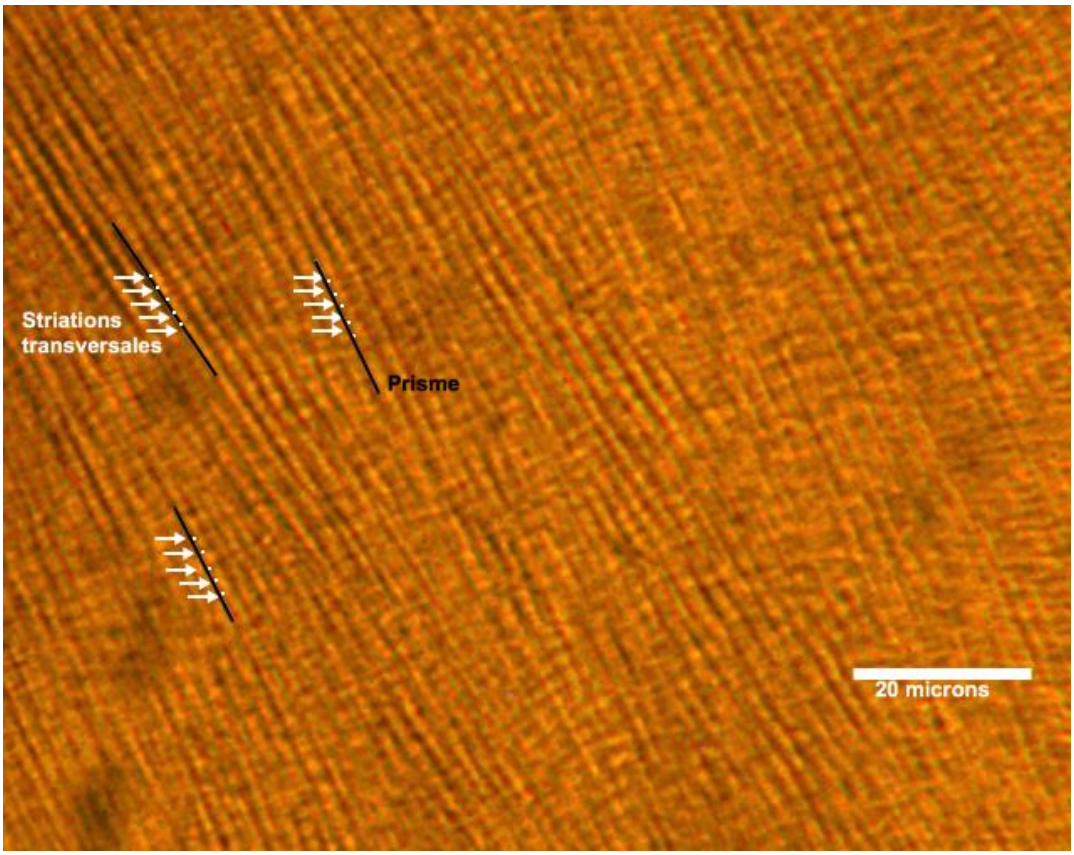
Sur la figure ci-dessus une petite section d'émail examinée sous une lumière polarisée a été agrandie (a) puis schématisée (b) pour illustrer la relation entre les stries de Retzius et les prismes (structure élémentaire de l'émail). La microphotographie (d) relative au schéma (c) a été prise au microscope électronique à balayage (MEB) et représente un prisme fortement grossi, avec des striations transversales.

1.2.1 Lignes de croissance de l'émail

1.2.1.1. Striations transversales

Les études histologiques portant sur les modèles de formation de la couronne dentaire reposent sur l'hypothèse que les striations transversales marquent un rythme diurne d'apposition d'émail : on parle de rythme circadien (processus biologique cyclique d'une durée d'environ 24 heures). Elles se retrouvent dans l'émail de tous les primates et de nombreux autres groupes de mammifères, leur forme ne varie que très peu.

Figure 3 : Striations transversales de la M1 maxillaire gauche de AUS 27 observées sous microscope optique



Source : Auteur, 2019.

Sur la figure 3 les striations transversales sont mises en évidence par des points blancs et accentuées par des flèches, situées le long des prismes marqués en partie d'une ligne noire. En lumière polarisée, elles peuvent avoir une apparence complexe, avec une scission des striations principales ou quelques marques mineures entre les striations majeures[32,33], alors qu'elles apparaissent toujours comme des bandes simples sous MEB. Certains histologistes ont suggéré que les striations transversales seraient des artefacts causés lors des sections des dents, ce qui est courant en microscopie électronique. Ces hypothèses ont été écartées avec l'utilisation de la microscopie confocale à balayage laser[34,35], et la microtomographie par synchrotron à rayons X à contraste de phase[36] qui permettent de visualiser les

[32] Boyde et Berkovitz, « Enamel ».
[33] Schmidt et Keil, *Polarizing microscopy of dental tissues : theory, methods, and results from the structural analysis of normal and diseased hard, dental tissues and tissues associated with them in man and other vertebrates*.
[34] Dean, « Incremental markings in enamel and dentine : what they can tell us about the way teeth grow ».
[35] Antoine, Hillson, et Dean, « The developmental clock of dental enamel : a test for the periodicity of prism cross-striations in modern humans and an evaluation of the most likely sources of error in histological studies of this kind ».
[36] Tafforeau et Smith, « Nondestructive imaging of hominoid dental microstructure using phase contrast X-ray synchrotron microtomography ».

lignes de croissance sans avoir à sectionner la dent, elles ne peuvent donc pas correspondre à des artefacts de coupe.

Les striations sont liées à des variations d'épaisseur périodiques (varicosités) le long des prismes[37]. Boyde[38] a suggéré que les striations et les varicosités pourraient être expliquées par une activité de rythme circadien de l'améloblaste. Cela entraînerait des changements dans la proportion de matière sécrétée par le prolongement de Tomes, et donc des modifications d'épaisseur du prisme. En même temps, il y aurait une variation rythmique de la teneur en carbonate, ce qui produirait des changements réguliers de la composition et de la cristallinité du minéral.
Shellis[39] s'est penchée sur les calculs des taux de formation de l'émail dans les dents humaines : ils vont de 4 microns par jour dans la région cervicale jusqu'à 20 microns dans la région des cuspides.
Dean[40] a quant à lui passé en revue et de manière exhaustive les quatre preuves considérables de la rythmicité circadienne des striations transversales :

- Le nombre de striations transversales observées entre les marques séquentielles induites dans l'émail par l'administration de colorants ou d'agents calcio-traumatiques, tels que le fluorure de sodium, correspond au nombre de jours écoulés entre les administrations successives.
- Les estimations des TFC basées sur les striations transversales concordent avec les mesures effectuées par des méthodes indépendantes telles que la radiographie.
- La périodicité des striations transversales correspond à celle des marquages de courte période sur la dentine, qui ont été démontrés au moyen de marqueurs intra-vitaux représentant des augmentations quotidiennes d'apposition.
- La périodicité des striations varie de manière cohérente, en fonction du type de dent et de sa localisation sur la dent, et il serait difficile de l'expliquer si les striations étaient des artefacts.

Plus récemment, Smith[41] a utilisé des matériaux préparés à l'origine pour une étude sur la croissance osseuse, dans laquelle 17 singes ont subis des injections de colorants pendant leur croissance pré ou postnatale. Les colorants ont laissé des marqueurs fluorescents dans la dentine qui ont été appariés à des lignes de l'émail présentant le même nombre de striations transversales entre eux que de jours entre les injections respectives. Ces observations ont été confirmées dans plusieurs sections de

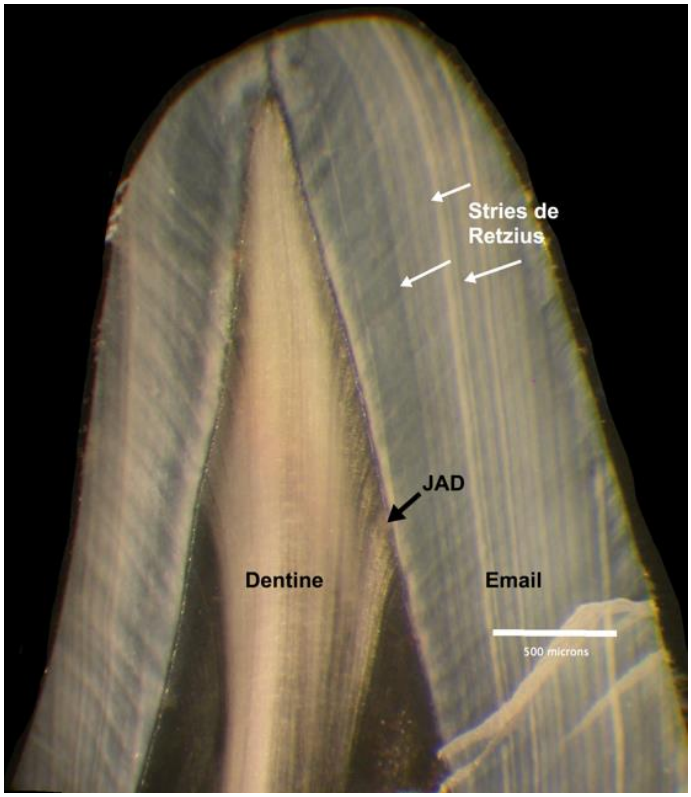
[37] Boyde, « The structure and development of mammalian enamel ».
[38] Boyde, « Carbonate concentration, crystal centers, core dissolution, caries, cross striations, circadian rhythms, and compositional contrast in the SEM ».
[39] Shellis, « Variations in growth of the enamel crown in human teeth and a possible relationship between growth and enamel structure ».
[40] Dean, « The nature and periodicity of incremental lines in primate dentine and their relationship to periradicular bands in OH 16 (Homo habilis) ».
[41] Smith, « Experimental determination of the periodicity of incremental features in enamel ».

plusieurs individus, à l'aide de 98 sections histologiques. Cette expérience constitue le plus grand ensemble de preuves attestant la rythmicité circadienne des striations transversales.

1.2.1.2. Stries de Retzius

L'apposition des couches successives d'émail est marquée par des lignes de croissance décrites par Fraenkel[42], Linderer et Linderer[43], et Retzius[44] : les stries de Retzius. Bien que leur étiologie ne soit pas connue, ces stries traduisent la position du front d'émail au cours de l'amélogénèse[45].

Figure 4 : Coupe longitudinale d'une incisive latérale montrant la disposition des stries de Retzius, observée sous microscope stéréoscopique



Source : Auteur, 2019.

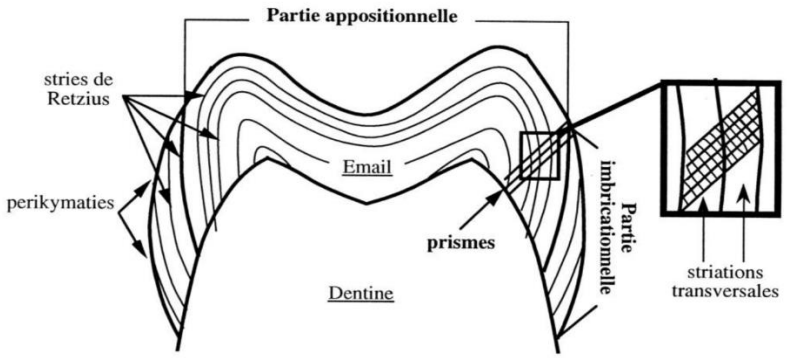
[42] Fränkel, *De penitiori dentium humanorum structura observationes*.
[43] Linderer et Linderer, *Handbuch der Zahnheilkunde*.
[44] Retzius, « Bemerkungen uber den innern bau der zahne, mit besonderer riicksicht auf den im zahnknochen vorkommenden ».
[45] Shellis, « Variations in growth of the enamel crown in human teeth and a possible relationship between growth and enamel structure ».

Elles apparaissent comme des lignes blanchâtres en lumière réfléchie (cf. figure 4) ou brunâtres en lumière transmise. Dans la zone occlusale de l'émail en coupe longitudinale, elles prennent la forme d'arceaux suivant la forme du sommet de la dentine. En coupe transversale, elles s'organisent en cercles concentriques. La diffusion de la lumière qui permet de détecter la strie par microscopie optique est due à une perturbation de la minéralisation qui se produit à intervalles réguliers[46].

Les stries de Retzius observées dans les sections sont des représentations bidimensionnelles de plans de croissance tridimensionnels. En trois dimensions, les stries continues autour de la corne de la dentine sont plus précisément conçues comme des « dômes », plutôt que comme des capuchons, et les stries situées plus en cervicales, comme des « manches » circonférentielles[47].

La périodicité des stries varie entre 7 et 9 jours, plus rarement un minimum de 6 jours a été compté et dans d'infimes cas, cela peut aller jusqu'à 12 jours[48]. Pour cela, les stries de Retzius sont dites marqueurs de croissance à périodicité longue.

Figure 5 : Schéma d'une dent en coupe à travers les cuspides mésiales

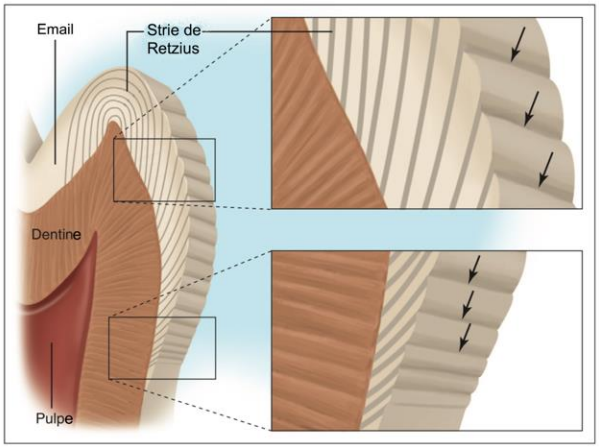


Source : Ramirez Rozzi, « Le développement dentaire des hominidés plio-pléistocènes », 1993.

Dans l'émail se distinguent deux parties : la zone appositionnelle (cuspidienne) dans laquelle les stries de Retzius n'atteignent pas la surface de l'émail, et la zone imbricationnelle (latérale) dans laquelle les stries se manifestent à la surface de la couronne sous forme de périkématies. Sur les dents temporaires, elles sont beaucoup plus rares que sur les dents permanentes en raison du peu de stries de Retzius[49].

[46] Shellis, « Utilization of periodic markings in enamel to obtain information on tooth growth ».
[47] Hillson, Fitzgerald, et Flinn, « Alternative dental measurements : proposals and relationships with other measurements ».
[48] FitzGerald, « Do enamel microstructures have regular time dependency ? Conclusions from the literature and a large-scale study ».
[49] Boyde, « The structure and development of mammalian enamel ».

Figure 6 : Relation entre les stries de Retzius et les périkématies (indiquées par des flèches)



Source : Auteur d'après Mjör et Fejerskov, *Human oral embryology and histology*, 1986.

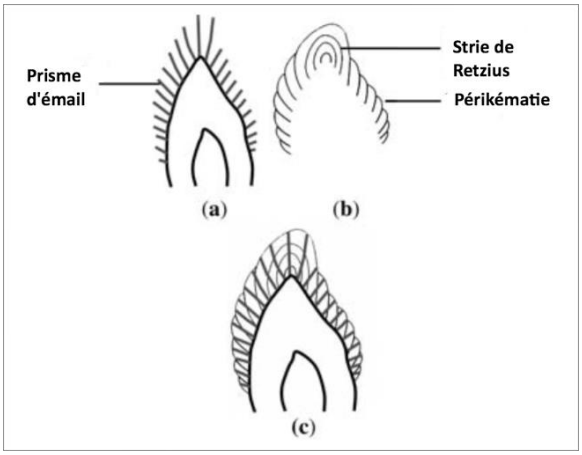
Les périkématies correspondent à une légère dépression à la surface de l'émail et donnent un aspect d'ondulations successives à la surface de l'émail (cf. figure 6). Chez l'Homme moderne, les stries sont plus largement espacées dans la partie occlusale de la couronne et se rapprochent les unes des autres vers la partie cervicale. Cette différence d'espacement, de 30 à 45 μm au plus large et de 15 à 20 μm au plus étroit, reflète les différences dans le taux de formation de l'émail, qui est plus rapide au niveau de la cuspide et ralentit au niveau cervical. L'angle que forment les stries avec la surface et la jonction amélo-dentinaire (JAD) change également, devenant plus aigu au niveau cuspal et plus obtus en direction cervicale. Là encore, cela reflète les modifications du taux de production et d'extension de l'émail.

Il est maintenant bien établi que le nombre de striations transversales entre les stries de Retzius est uniforme au seins d'une même dent et se retrouve pour toutes les dents d'un individu[50,51]. L'intervalle de cette période est appelé intervalle circaseptan (car en moyenne proche de 7 jours)[52,53].
En raison de la stratification observée, la croissance dentaire est généralement décrite comme étant appositionnelle, mais cela est incorrect et peut prêter à confusion. Les couches d'émail ne sont pas « ajoutées », les prismes s'allongent en s'éloignant de la JAD, et de temps à autre, leur croissance est légèrement perturbée entrainant une discontinuité. Le résultat de cette perturbation qui se produit sur tous les améloblastes en développement, prend l'apparence d'une couche. Le fait de considérer

[50] FitzGerald, « Do enamel microstructures have regular time dependency ? Conclusions from the literature and a large-scale study ».
[51] Hillson, *Dental anthropology*.
[52] FitzGerald, « Tooth crown formation and the variation of enamel microstructural growth markers in modern humans ».
[53] Hillson, *Dental anthropology*.

les stries de Retzius comme des épiphénomènes (cf. figure 7) facilite la compréhension de la superposition rythmique qui se produit sur la croissance. C'est le rythme circaseptan qui est le phénomène, pas la strie[54].

Figure 7 : Schéma représentant une manière de visualiser les stries de Retzius



Source : Katzenberg et Saunders, *Biological anthropology of the human skeleton*, 2008.

Sur la figure ci-dessus les deux schémas supérieurs (a) et (b) montrent les deux aspects du schéma inférieur (c), qui représentent une dent sectionnée longitudinalement. Le schéma (a) illustre des prismes d'émail qui vont de la JAD à la surface de la dent, dessinés schématiquement sous forme de lignes droites. Le schéma (b) sépare les stries de Retzius des prismes et les envisage comme des épiphénomènes superposés à la croissance du prisme.

Lorsque les améloblastes sont soumis à une période de stress ou à un épisode pathologique, un changement temporaire dans la formation de la matrice d'émail peut se produire, entrainant l'apparition de stries de Retzius plus accentuées que d'autres. Une strie très importante, appelée ligne néonatale (LNN), issue de ce phénomène peut être observée dans l'émail des dents temporaires et des premières molaires permanentes (et parfois sur les couronnes des incisives permanentes, lorsqu'elles commencent à se minéraliser avant la naissance)[55,56]. Schour a décrit cette LNN et estimé sa distance par rapport à la JAD des différentes dents. Il a également indiqué l'absence de LNN dans les dents de fœtus. Comme elles enregistrent l'événement de la naissance et donc la chronologie développementale « zéro », les lignées néonatales sont importantes dans les techniques d'estimation de l'âge[57].

[54] Katzenberg et Saunders, *Biological anthropology of the human skeleton*.
[55] Eli, Sarnat, et Talmi, « Effect of the birth process on the neonatal line in primary tooth enamel ».
[56] Weber et Eisenmann, « Microscopy of the neonatal line in developing human enamel ».
[57] Schour, « The neonatal line in the enamel and dentin of the human deciduous teeth and first permanent molar ».

1.2.2 Estimation du temps de formation de la couronne

Le temps de formation total de la couronne se calcule en ajoutant le temps de formation de l'émail appositionnel (ou cuspal) à celui de l'émail imbricationnel (ou latéral).

1.2.2.1. Émail appositionnel

Un prisme allant de la corne de la dentine (ou proche de celle-ci) jusqu'au point de jonction de l'émail cuspidien représente le temps écoulé depuis le début de la croissance de la couronne.
Les prismes ne suivent pas une trajectoire rectiligne : ils décussent de la JAD jusqu'à la surface[58,59,60,61]. Au-dessus de la corne dentinaire et selon l'axe de la cuspide, les prismes « s'enroulent » en spirale vers la surface. Dans la partie imbricationnelle par rapport au centre de la cuspide, la décussation est réduite mais la trajectoire du prisme qui semble être continue (sur une section longitudinale en deux dimensions) est en réalité un mélange de plusieurs prismes qui s'entrelacent et se détachent. La décussation atteint son maximum dans le tiers interne de la cuspide, et les prismes suivent une trajectoire plus rectiligne dans les deux tiers externes[62].

Un montage des différentes photos prises au microscope a été fait au préalable afin de visualiser et mesurer entièrement les prismes allant de la JAD jusqu'à la première strie de Retzius de l'émail imbricationnel. Les striations transversales situées le long des prismes représentent le nombre de jours écoulés lors de la formation de l'émail cuspal. Si la visibilité des striations transversales est bonne mais incomplète sur un prisme, il n'est pas nécessaire de les compter sur toute sa longueur[63]. Tout d'abord, la trajectoire apparente prise par le prisme sur le montage numérique est tracée, et cette trajectoire est ensuite mesurée à l'aide d'un logiciel d'analyse d'image (ImageJ). Le prisme est scruté à très fort grossissement et, chaque fois que des striations transversales sont visibles sur le prisme ou sur des prismes adjacents, leurs positions sont notées d'un point blanc sur le montage. Plusieurs mesures de prismes (cf. figure 9) retrouvés dans l'émail cuspal ont été réalisées, ainsi que de multiples mesures de « clans » de striations transversales. Un minimum de 5 striations transversales les unes à la suite des autres sont nécessaires pour limiter le risque d'erreur causé par la prise de mesure.

[58] Boyde et Berkovitz, « Enamel ».
[59] FitzGerald, « Tooth crown formation and the variation of enamel microstructural growth markers in modern humans ».
[60] Osborn, « A 3-dimensional model to describe the relation between prism directions, parazones and diazones, and the Hunter-Schreger bands in human tooth enamel ».
[61] Risnes, « Enamel apposition rate and the prism periodicity in human teeth ».
[62] Katzenberg et Saunders, *Biological anthropology of the human skeleton*.
[63] Beynon, Dean, et Reid, « On thick and thin enamel in hominoids ».

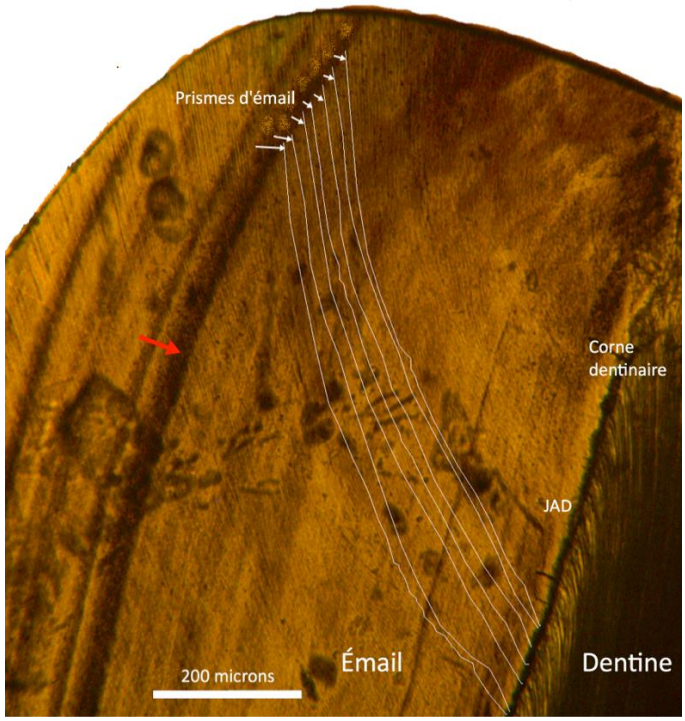
Il est nécessaire de suivre visuellement les prismes pour les mesurer. Leur décussation constitue une source d'erreur dans l'estimation du TFC. En effet, elle rend leur observation difficile à proximité de la JAD et le suivi de leur trajectoire est relativement approximatif. D'après Risnes, la détermination de la longueur d'un prisme se fait en mesurant une ligne droite entre la JAD et la première strie de Retzius atteignant la surface de l'émail. Pour tenir compte de la décussation, un facteur correctionnel de 0,15 doit être appliqué[64]. Dans cette étude, ce facteur correctionnel n'a pas été considéré puisque la décussation du prisme a été suivie. De plus, l'usure des cuspides empêche d'obtenir une mesure fiable de l'épaisseur de l'émail.

Les résultats obtenus ont été classés dans un tableau, et une longueur moyenne de prisme et de striation transversale a été retenue pour chacun des individus.

La distance moyenne du prisme est divisée par la longueur moyenne d'une striation transversale afin obtenir le temps de formation de l'émail cuspal.

$$\text{Temps de formation de l'émail cuspal (jours)} = \frac{\text{Distance moyenne d'un prisme d'émail}}{\text{Longueur moyenne d'une striation transversale}}$$

Figure 8 : Schéma des stries de Retzius (traits continus) et des prismes d'émail (traits pointillés) par rapport à la jonction amélo-dentinaire



Source : Auteur, 2019.

[64] Risnes, « Enamel apposition rate and the prism periodicity in human teeth ».

Les lignes blanches marquée par des flèches représentent les trajets des prismes partant de la JAD jusqu'à la première strie de Retzius atteignant la surface (flèche rouge).

1.2.2.2. Émail imbricationnel

Afin de répondre à la problématique de cette étude, les stries de Retzius de l'émail imbricationnel de chacune des 8 dents de l'étude ont été relevées et comptées.

L'améloblaste génère chaque jour une striation transversale, ainsi le temps nécessaire pour former tout ou partie d'une couronne d'émail se mesure en additionnant les striations transversales comprises entre les stries de Retzius successives[65].

L'étude de Reid et Dean[66] porte sur plus de 700 dents et pose la question d'une éventuelle variation entre les temps de formation d'émail d'Hommes. La périodicité moyenne relevée était de 8 pour les dents postérieures et de 9 pour les dents antérieures.

Pour cette étude sera admise une périodicité de 8 jours entre chaque strie de Retzius, soit 8 striations transversales entre chaque stries de Retzius.

La technique utilisée pour déterminer le temps de formation de l'émail a été décrite par Bromage et Dean[67], F.R.R[68] et Reid et al.[69] puis reprise dans de nombreux travaux[70,71,72]. Les décomptes ont été réalisés à partir de photographies (cf. partie 1.1.3) et parallèlement, en vérifiant visuellement les lames sous microscope. Les stries ont été comptées une à une en partant de la zone la plus cervicale de l'émail et en remontant en occlusal jusqu'à la dernière strie atteignant la surface de l'émail. Les résultats ont ensuite été discutés avec le Dr FRR. Le nombre de stries de la partie imbricationnelle de l'émail (allant de la strie la plus cervicale jusqu'à la dernière strie atteignant la surface) a été multiplié par la périodicité (8 jours) pour obtenir le temps de formation de l'émail imbricationnel.

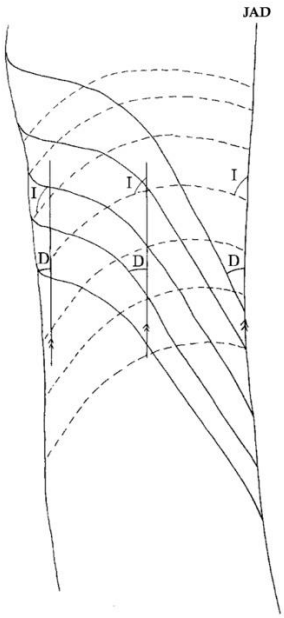
Temps de formation de l'émail imbricationnel (jour) = Nombre de stries de Retzius x Périodicité des stries (jour)

Il existe d'autres méthodes, permettant de calculer le temps de formation de l'émail imbricationnel. Par exemple, celle utilisée entre autres par Shellis et Dean[73], dans une étude classique sur la croissance de l'émail. Elle consiste en l'utilisation de « l'Angle D » formé par les stries de Retzius par

[65] Boyde, « Estimation of age at death of young human skeletal remains from incremental lines in the dental enamel ».
[66] Reid et Dean, « Variation in modern human enamel formation times ».
[67] Bromage et Dean, « Re-evaluation of the age at death of immature fossil hominids ».
[68] Ramirez Rozzi, « Le développement dentaire des hominidés plio-pléistocènes ».
[69] Reid et al., « A histological reconstruction of dental development in the common chimpanzee, Pan troglodytes ».
[70] Lacruz, Ramirez Rozzi, et Bromage, « Variation in enamel development of South African fossil hominids ».
[71] Smith, « Dental development in living and fossil orangutans ».
[72] Smith.
[73] Dean et Shellis, « Observations on stria morphology in the lateral enamel of Pongo, Hylobates and Proconsul teeth ».

rapport à la JAD, ainsi que la direction de croissance des améloblastes indiquée par l'orientation des prismes vers la JAD « Angle I » (cf. figure 8).
Ces variables ont permis de calculer le taux de prolifération des améloblastes nouvellement différenciés à l'apex des dents en cours de croissance.

Figure 9 : Coupe de la I2 de AUS 27 observée sous microscope optique, au grossissement x40, centrée sur la partie cuspale de l'émail



Source : Dean et Shellis, « Observations on stria morphology in the lateral enamel of Pongo, Hylobates and Proconsul teeth », 1998.

Shellis a défini ce taux journalier « c » comme le « taux d'extension de l'émail » :

$$c = d\,[(\sin I / \tan D) - \cos I)]$$

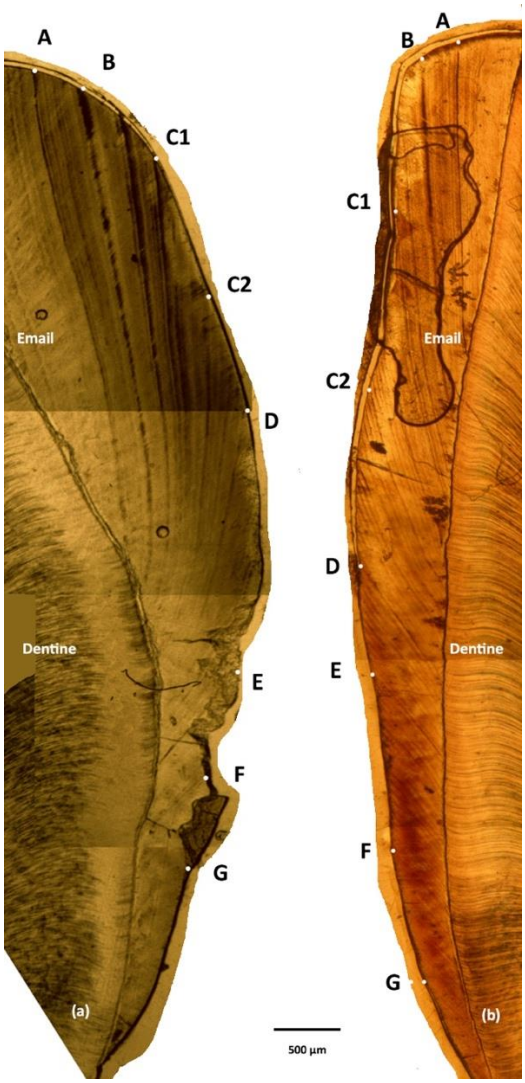
À partir de cette équation les différents taux d'extension de l'émail des dents humaines ont pu être calculés. Ils varient entre 20 microns par jour dans la région des cuspides et 4 microns par jour dans la région cervicale.

1.2.2.3. Correspondance des stries de Retzius

Pour chaque individu des stries de Retzius marquées sont visibles à des intervalles irréguliers durant le développement dentaire. Ces lignes accentuées sont notées sur chacune des molaires et retrouvées dans les incisives (cf. figure 10). Elles peuvent être reliées entre elles, ainsi une ligne accentuée formée dans la molaire d'un individu s'établirait au même moment dans l'incisive.

En jumelant ces lignes une chronologie entre les molaires et les incisives est établie. Cette méthode présente le grand avantage que, si toutes les dents d'une dentition sont sectionnées et analysées de cette manière, la chronologie de la formation de toute la dentition peut être établie[74,75].

Figure 10 : Section de la cupide protoconide de la M1(a) et de la I1 (b) montrant les stries marquées (A,B,C1,C2,D,E,F,G) de l'individu AUS 59, observées sous microscope optique, grossissement x30



Source : Auteur, 2019.

Sur la figure 10 ci-dessus, les stries de Retzius marquées à la surface de la dent par un point blanc se correspondent sur la molaire (a) et l'incisive (b).

[74] Boyde, « Estimation of age at death of young human skeletal remains from incremental lines in the dental enamel ».
[75] Beynon, Dean, et Reid, « On thick and thin enamel in hominoids ».

2 : Résultats

2.1. Striations transversales et prismes

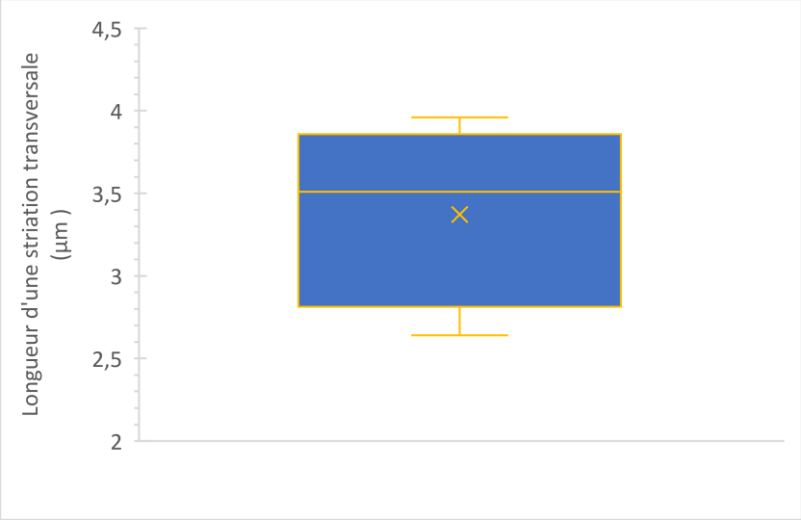
Tableau 2 : Mesures des striations transversales et prismes des individus AUS 27 et AUS 59

Individu	AUS 27		AUS 59	
Dent	I2	M1 protoconide	I1	M1 protoconide
Distance moyenne des striations transversales (µm)	3,41	4,58	3,66	3,61
Longueur moyenne des prismes (µm)	821	2807	552	1107

Source : Auteur, 2019.

Le tableau ci-dessus résume pour les individus AUS 27 et AUS 59 la longueur moyenne des striations transversales et des prismes. Le Dr FRR avait au préalable traité ces mêmes données pour les individus AUS 96 et AUS 99. De ce fait les temps de formation de l'émail cuspal pour les I1 et M1 de ces 2 individus sont directement reportés dans les tableaux ci-après (cf. tableaux 4 et 5). Dans le cas de la I2 de AUS 27 et la I1 de AUS 59 le décompte des striations transversales a été difficile, dû à la mauvaise visibilité des striations, où respectivement seulement 24 et 8 valeurs ont pu être mesurées contre plus de 50 pour les M1.

Figure 11 : Boîte à moustache représentant les valeurs des striations transversales de la I2 de AUS 27



Source : Auteur, 2019.

La croix jaune (cf. figure 11) représente la valeur moyenne de la longueur des striations transversales de la I2 (3,40 µm). La ligne jaune au-dessus, représente la médiane des mesures (3,51 µm): 50 % des valeurs sont en dessous de 3,51 µm et 50 % au-dessus. On remarque un écart de 0,1 µm entre la médiane et la moyenne. De plus, l'écart type est de 0,4 µm, ce qui signifie que la dispersion autour de la moyenne est relativement faible. Les valeurs obtenues pour la I2 semblent homogènes, sans valeur extrême ou aberrante. Elles peuvent de ce fait être exploitées pour le calcul du temps de formation de l'émail cuspal.

Les valeurs de striations transversales retrouvées dans la M1 de AUS 27 paraissent comparativement plus élevées que celles obtenues pour les 3 autres individus, néanmoins les résultats sont réitératifs avec un écart type de 0,5 µm et la médiane est égale à la moyenne (4,50 µm).
L'analyse des valeurs des striations transversales de la I1 et M1 de AUS 59 conduisent également à des résultats homogènes permettant de les exploiter. Pour la I1 de AUS 59 l'exploitation des données de la partie cuspale fut d'autant plus difficile que pour la I1 de AUS 27, seulement 7 valeurs de groupes de striations transversales ont pu être relevées. Encore une fois la moyenne est de 3,66 µm et la médiane de 3,64 µm soit une différence de 0,02 µm et l'écart type de 0,14. La dispersion autour de la moyenne est très faible.
Concernant la M1 de AUS 59, près de 50 valeurs de striations transversales ont été mesurées. La moyenne est de 3,53 µm et la médiane de 3,63 µm. L'écart type est de 0,54. La dispersion autour de la moyenne est également très faible.

Pour AUS 27 et AUS 59, une dizaine de mesures ont permis de calculer les valeurs moyennes des prismes. Pour obtenir le temps de formation de l'émail cuspal ces valeurs ont été divisées par les longueurs moyennes des striations transversales (cf. partie 3.3).
D'après les résultats, la longueur moyenne des prismes de la M1 de AUS 27 est plus de 2 fois plus grande que celle de la M1 de AUS 59.

2.2. Stries de Retzius

Les décomptes des stries de Retzius des quatre individus sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3 : Décompte des stries de Retzius des incisives et molaires des 4 individus aborigènes australiens

Individu	AUS 27		AUS 59		AUS 96		AUS 99	
Dent	I2	M1 protoconide	I1	M1 protoconide	I1	M1 protoconide	I1	M1 paracône
Stries de Retzius	139	135	119	99	166	96	201	103

Source : Auteur, 2019.

2.3. Temps de formation de la couronne

Les tableaux ci-après résument les temps de formation de l'émail cuspal, latéral et de la couronne. Étant donné l'incertitude qui pèse sur la détermination de la valeur exacte, et bien que la périodicité la plus probable soit de 8 jours, le TFC a également été calculé en supposant une périodicité de 7 et 9 jours.

Tableau 2 : Résumé des temps de formation de l'émail des incisives

Individu	Dent	TFCusp (jours)	TFLat (jours)	TFCour (jours) *Périodicité 8*	TFCour (jours) *Périodicité 7*	TFCour (jours) *Périodicité 9*
AUS 27	I2 inférieure droite	241 (0,66 ans)	1336 (3,66 ans)	1577 (4,32 ans)	1410 (3,86 ans)	1744 (4,77 ans)
AUS 59	I1 inférieure droite	151 (0,41 ans)	1016 (2,78 ans)	1167 (3,2 ans)	1040 (2,84 ans)	1294 (3,54 ans)
AUS 96	I1 supérieure droite	181 (0,50 ans)	1816 (4,98 ans)	1997 (5,47 ans)	1770 (4,85 ans)	2224 (6,09 ans)
AUS 99	I1 supérieure droite	314 (0,86 ans)	1608 (4,40 ans)	1922 (5,26 ans)	1721 (4,72 ans)	2123 (5,82 ans)

Source : Auteur, 2019.

Tableau 3 : Résumé des temps de formation de l'émail des molaires

Individu	Dent	TFCusp (jours)	TFLat (jours)	TFCour (jours) *Périodicité 8*	TFCour (jours) *Périodicité 7*	TFCour (jours) *Périodicité 9*
AUS 27	M1 protoconide	613 (1,68 ans)	1080 (2,95 ans)	1693 (4,63 ans)	1558 (4,26 ans)	1828 (5,0 ans)
AUS 59	M1 protoconide	306 (0,83 an)	792 (2,17 ans)	1098 (3,0 ans)	999 (2,73 ans)	1197 (3,27 ans)
AUS 96	M1 protoconide	367 (1 an)	776 (2,12 ans)	1143 (3,13 ans)	1046 (2,86 ans)	1240 (3,40 ans)
AUS 99	M1 paracône	404 (1,10 ans)	824 (2,25 ans)	1228 (3,36 ans)	1125 (3,08 ans)	1331 (3,65 ans)

Source : Auteur, 2019.

Sur les tableaux 4 et 5 :

TFCusp : temps de formation de la cuspide (émail appositionnel ou cuspal) ; TFlat : temps de formation de l'émail latéral (émail imbricationnel ou latéral) ; TFCour : temps de formation total de la couronne.

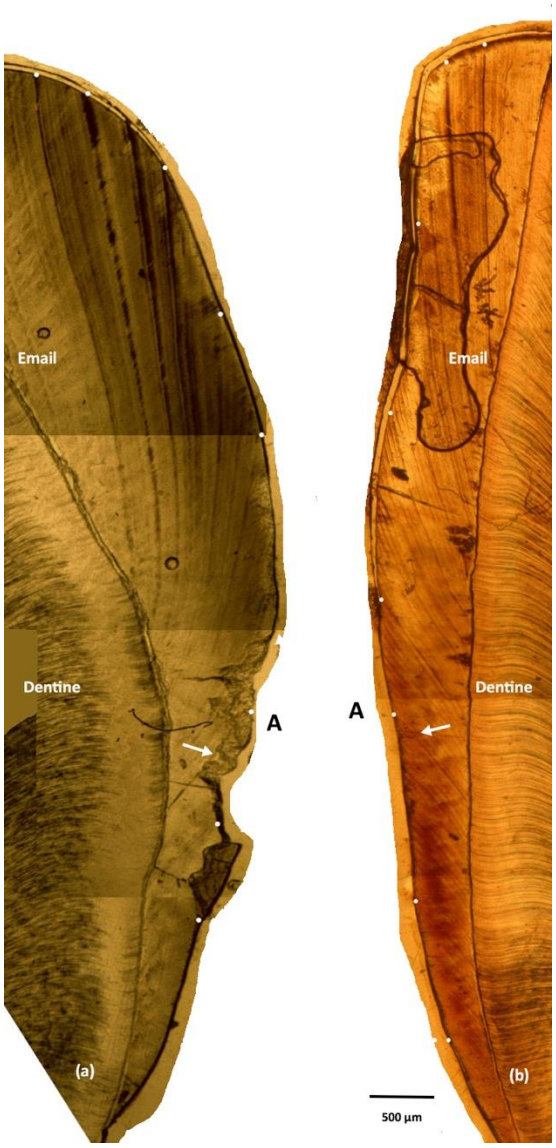
2.4. Chronologie de minéralisation de la couronne

Comme décrit précédemment (cf. partie 1.2.2.2), une correspondance a été établie entre les incisives et molaires de chaque individu. Certaines stries de Retzius accentuées de la molaire d'un individu se forment au même moment dans l'incisive de ce même individu.

Pour chacun des aborigènes australiens de l'étude la ligne marquée la plus évidente (bien qu'il y en ait plusieurs), nommée « A », se retrouve dans l'incisive et la molaire. Ces lignes ont permis de tracer des diagrammes de minéralisation des couronnes pour les 4 individus.

Ci-dessous l'exemple de l'incisive et de la molaire de AUS 59 (cf. partie 1.2.2.3.), pour lesquelles le point E sur la figure 10 correspond au point A de la figure 12. Ce point E est la strie de Retzius marquée la plus évidente pour cet individu.

Figure 12 : Section de la cuspide protoconide de la M1 (a) et de la I1 (b) montrant les stries de Retzius marquées « A » de l'individu AUS 59, observées sous microscope optique, grossissement x30

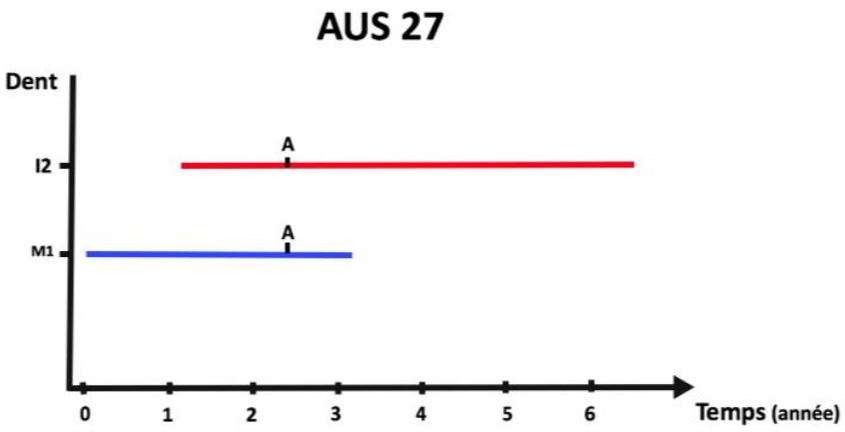


Source : Auteur, 2019.

Sur la figure ci-dessus, les stries de Retzius marquées « A » à la surface de l'émail et accentuées par une flèche blanche se sont formées au même moment. En conséquence, en déterminant l'instant « t » de l'initiation de la minéralisation de la couronne d'une des deux dents, on peut en déduire celle de l'autre.

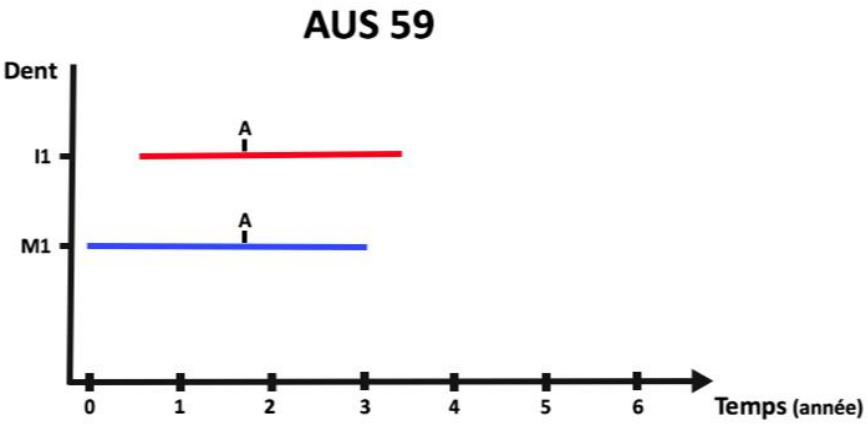
Selon Schour et Massler, l'initiation de la formation de la couronne dentaire de la molaire débute à la naissance (t=0) chez les humains[1]. À partir de cette donnée, la chronologie entre l'incisive et la molaire a pu être établie et résumée sous forme de graphiques.

Figure 13 : Chronologie de minéralisation de la couronne de la cuspide protoconide de la M1 mandibulaire gauche et de la I2 mandibulaire droite de AUS 27



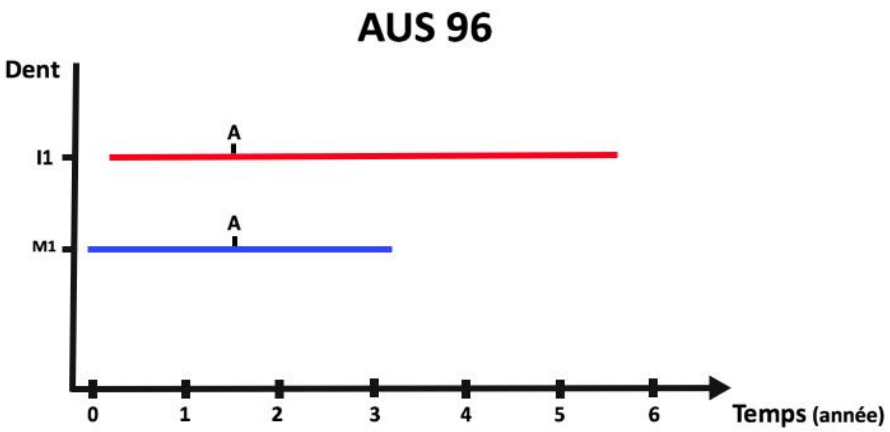
Source : Auteur, 2019.

Figure 14 : Chronologie de minéralisation de la couronne de la cuspide protoconide de la M1 mandibulaire gauche et de la I1 mandibulaire droite de AUS 59



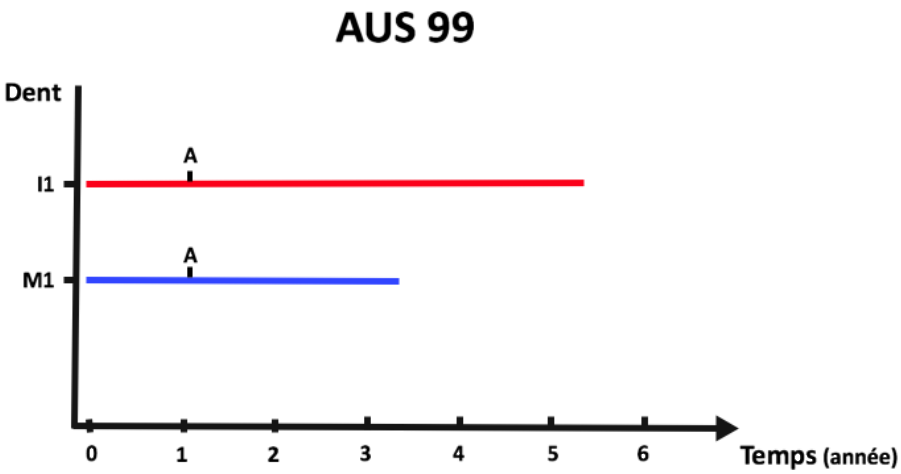
Source : Auteur, 2019.

Figure 15 : Chronologie de minéralisation de la couronne de la cuspide protoconide de la M1 mandibulaire gauche et de la I1 maxillaire droite de AUS 96



Source : Auteur, 2019.

Figure 16 : Chronologie de minéralisation de la couronne de la cuspide paracône de la M1 maxillaire droite et de la I1 maxillaire droite de AUS 99



Source : Auteur, 2019.

Les graphiques ci-dessus traduisent les temps de formation des couronnes des incisives et des molaires des individus de l'étude.

L'exemple de l'individu AUS 59 est poursuivi ici. Les points A notés sur la figure 12 se situent dans l'émail imbricationnel. Pour la I1, 41 stries de Retzius figurent avant le point A dans l'émail imbricationnel. Ainsi, en admettant une périodicité de 8 jours, 328 jours se sont écoulés entre le début

de la formation de l'émail imbricationnel et le point A. Il reste à ajouter le temps de formation de l'émail cuspal (151 jours), ce qui permet de déduire que 479 jours (1,31 ans) se sont écoulés entre le début de la formation de la couronne et le point A.

Pour la cuspide protoconide de la M1, sont comptées également 41 stries de Retzius dans l'émail imbricationnel avant le point A. Avec une périodicité de 8 jours, 328 jours se séparent le début de la formation de l'émail imbricationnel et le point A. Le temps de formation de l'émail cuspal étant de 306 jours (0,84 ans), 634 jours se sont écoulés entre le début de la formation de la couronne et le point A. La M1 a donc commencé sa formation coronaire 155 jours avant la I1.

Ceci a été traduit graphiquement sur la figure 14 et pour les 3 autres individus le raisonnement reste le même.

3 : Discussion

Cette étude repose sur l'analyse histologique de la microstructure de 8 dents d'aborigènes australiens. Pour le décompte des stries de Retzius, des striations transversales et autres éléments de la microstructure, il est indispensable de ne pas négliger l'importance de la variation individuelle (y compris entre les dents de droite ou gauche pour un même sujet)[76]. Plusieurs difficultés se rencontrent lors de l'observation des coupes vraisemblablement sources d'erreurs dans l'estimation des temps de formation des couronnes. Premièrement les 8 dents présentent une légère usure au niveau de la cuspide, pour autant cela n'entrave pas le calcul de la durée de formation de l'émail coronaire pour 7 dents de l'échantillon car l'usure ne touche pas la corne de la dentine. Pour une des incisives (I1 de AUS 96) la partie cuspale n'est pas exploitable (la corne de la dentine est touchée par l'usure), elle a été estimée en se référant aux moyennes des temps de formations des incisives des aborigènes australiens calculées par le Dr FRR.

Dans cette étude la définition de l'émail cuspal est l'émail situé entre la pointe de la JAD et la première strie de Retzius atteignant la surface. Les différentes mesures de l'étude sont réalisées à partir de photos en 2 dimensions mais la morphologie de surface peut largement varier sur une même dent et être différente d'une coupe à l'autre. Pour ces raisons, toutes différences dans les temps de formation de l'émail cuspal entre les populations doivent être considérées avec une certaine prudence.
Le temps de formation de l'émail imbricationnel se mesure en multipliant le nombre de stries de Retzius par la périodicité. Ces 2 paramètres constituent également une source d'erreur pour la détermination du TFC. La mesure des stries de Retzius est un travail chronophage, opérateur dépendant. Elle peut être très précise si la coupe histologique le permet ou très incertaine quand celle-ci ne permet pas de clairement distinguer les stries. Les stries de chaque dent ont été recomptées 5 fois (directement à partir de la lame sous microscope et à partir des clichés) et les stries serrées et difficilement dissociables de la partie cervicale ont été estimées.

La périodicité n'a pas été calculée, elle a été estimée à 8 selon les données de la littérature. Dans l'étude de Beynon et Reid[77] la périodicité moyenne est, sur un échantillon de 100 Hommes modernes de $7{,}7 \pm 0{,}8$ jours et, entre 7 et 10 avec une moyenne de 8,15 jours pour l'étude de Bullion[78]

[76] Fanning et Moorrees, « A comparison of permanent mandibular molar formation in Australian Aborigines and Caucasoids ».
[77] Beynon et Reid, « Relations between perikymata counts and crown formation times in the human permanent dentition. »
[78] Bullion, « Incremental structures of enamel and their applications to archaeology ».

regroupant 40 Hommes modernes. Néanmoins l'étude de Fitzgerald[79] rapporte pour un échantillon de 96 dents antérieures une périodicité de 9,7 $\pm$ 1,2 jours. Il est bien établi que le nombre de striations transversales entre les stries de Retzius est uniforme dans une dent et est le même pour toutes les dents d'une dentition[80,81] mais varie de 6 à 12 jours en fonction des individus[82]. La plus grande étude sur les molaires humaines modernes de Reid et Dean[83], combinant près de 700 dents d'individus d'Afrique australe et d'Europe du Nord révèle pourtant une différence entre la périodicité des stries de Retzius selon le type de dent. La moyenne de la périodicité des dents postérieures est de 8 jours tandis que celle des dents antérieures est de 9 jours.

En ce qui concerne la durée de formation des molaires et incisives, AlQahtani et al. semblent affirmer que l'initiation de la formation des cuspides de la M1 commence à 4,5 mois en même temps que la couronne de la I1[84]. Leur étude repose sur des données histologiques de près de 180 individus recoupées avec des données radiographiques de plus de 500 individus. Néanmoins la plupart des études basées uniquement sur des données histologiques affirment que l'initiation de la formation des cuspides des cuspides de la M1 commence à la naissance. Ainsi les temps d'initiation donnés par Schour et Massler[85], Reid et Al.[86] ou encore Dean[87] ont été adoptés ici puisque leur méthode d'observation est la même que celle utilisée dans cette étude. Cela rejoint les résultats de l'étude de Reid et Al. où la M1 commence sa minéralisation à 0,05 ans avant la naissance et la I1 entre 0,35 et 0,2 ans (soit 3-4 mois).

Si l'on se reporte aux résultats décrits par la figure 13 on déduit que la couronne de la I2 de AUS 27 a commencé sa minéralisation 428 jours (soit 1,2 ans) après la M1 ce qui est bien plus long que pour l'individu d'Afrique de l'Ouest décrit par Dean[88] dont la couronne de la I2 commence sa minéralisation 253 jours après la M1. Néanmoins ce résultat semble se rapprocher de la valeur moyenne d'initiation de la I2 pour les Sud-Africains selon l'étude de Reid et Dean[89] qui est de 383 jours après la M1.

Selon le graphique de minéralisation de AUS 59 (cf. figure 14), la couronne de la I1 mandibulaire a commencé sa minéralisation 5 mois après la M1. Selon Reid et Dean[90], la I1 mandibulaire

[79] FitzGerald, « Tooth crown formation and the variation of enamel microstructural growth markers in modern humans ».
[80] FitzGerald, « Do enamel microstructures have regular time dependency ? Conclusions from the literature and a large-scale study ».
[81] Smith, « Experimental determination of the periodicity of incremental features in enamel ».
[82] Mahoney, « Incremental enamel development in modern human deciduous anterior teeth ».
[83] Reid et Dean, « Variation in modern human enamel formation times ».
[84] AlQahtani, Hector, et Liversidge, « Brief communication : the London atlas of human tooth development and eruption ».
[85] Schour et Massler, « Studies in tooth development ».
[86] Reid et al., « A histological reconstruction of dental development in the common chimpanzee, Pan troglodytes ».
[87] Dean et al., « A longitudinal study of tooth growth in a single individual based on long- and short-period incremental markings in dentine and enamel ».
[88] Dean et al.
[89] Reid et Dean, « Variation in modern human enamel formation times ».
[90] Reid et Dean.

commencerait sa minéralisation 90 jours (soit 3 mois) après la M1. En se basant sur cet unique résultat, la I1 mandibulaire commencerait sa minéralisation plus tard que celle d'autres populations d'Hommes modernes. Pour l'individu AUS 96 (cf. figure 15) la couronne de la I1 maxillaire a commencé sa minéralisation près de 2 mois après la M1. Pour l'individu AUS 99 (cf. figure 16) la couronne de la I1 maxillaire aurait commencé sa minéralisation 6 jours avant la M1. Les 2 résultats obtenus pour les I1 maxillaires (AUS 96 et 99) semblent concorder. D'après ces résultats, les couronnes des I1 maxillaires des aborigènes australiens commenceraient leur minéralisation coronaire dans les 2 mois suivant la naissance ce qui est plus tôt que la moyenne retrouvée dans la littérature (3 à 4 mois). Il serait également envisageable que la formation coronaire de la M1 ne commence avant la naissance.

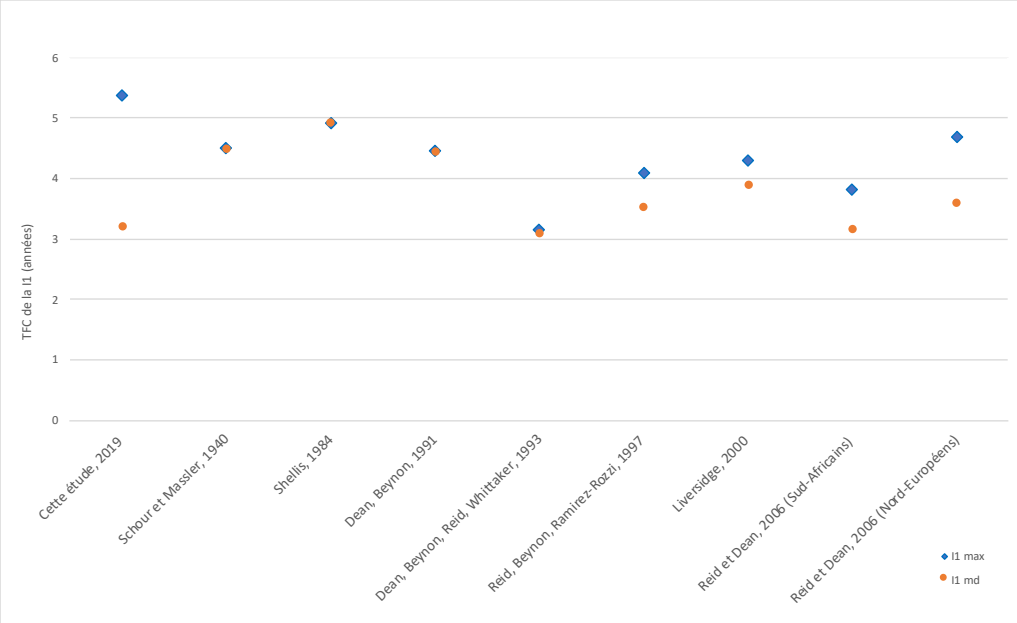
Afin de comparer la formation de l'émail des aborigènes australiens à celle d'autres populations les données sur les temps de formation des couronnes dentaires dans la littérature ont été réunies dans les tableaux ci-après (cf. tableaux 6,7,8). Seuls les articles dont les temps de formations sont obtenus à partir d'observations histologiques ont été comparés. Les valeurs des tableaux 6, 7 et 8 ont été retranscrites sous forme de graphique. Uniquement les données des mêmes dents que celles des individus de cette étude ont été reportées dans les graphiques (cf. figure 17, 18, 19).

Tableau 4 : Temps de formation et périodicité des couronnes dentaires des incisives centrales obtenus par observation histologique décrits dans la littérature

Étude	Individu	Nombre de dents	Dent	TFCusp (jours)	TFLat (jours)	Périodicité (jours)	TFCour (jours +/- SD)
Schour et Massler, 1940			I1				1460 – 1825 (4-5 ans)
Shellis, 1984		1	I1				1796 (4,92 ans)
Dean, Beynon, 1991	Anglais	1	I1 md	245	1379	7	1624 (4,45 ans)
Dean, Beynon, Reid, Whittaker, 1993	Ouest-Africain	1	I1 max				1150 (3,15 ans)
		1	I1 md				1132 (3,10 ans)
Reid, Beynon, Ramirez Rozzi, 1997	Français	3	I1 max	190	1304	8 ou 9	1489 +/- 84 (4,10 +/- 0,20 ans)
		3	I1 md	279	1006	8 ou 9	1285 +/- 44 (3,52 +/- 0,12 ans)
Liversidge, 2000	Anglais	5	I1 max				1566 (4,29 ans - min 3,33 max 4,54)
		6	I1 md				1424 (3,90 ans - min 3,12 max 4,50)
Reid et Dean, 2006	Sud-Africains	22	I1 max			Moyenne = 10 (8-12 +/- 0,96 SD)	1389 +/- 30 (3,81 +/- 0,1 ans)
		29	I1 md			Moyenne = 9 (8-11 +/- 0,82 SD)	1156 +/- 31 (3,17 +/- 0,1 ans)
	Nord-Européens	19	I1 max			Moyenne = 8 (7-10 +/- 1,17 SD)	1708 +/- 50 (4,68 +/- 0,1 ans)
		15	I1 md			Moyenne = 8 (7-9 +/- 0,49 SD)	1309 +/- 50 (3,60 +/- 0,1 ans)
Cette étude, 2019	**Aborigènes Australiens**	**2**	**I1 max**	**248**	**1712**	**8**	**1960 (5,37 ans)**
		1	**I1 md**	**151**	**1016**	**8**	**1167 (3,20 ans)**

Source : Auteur, 2019.

Figure 17 : Temps de formation des couronnes dentaires des I1 des Aborigènes Australiens de cette étude comparés à ceux retrouvés dans la littérature



**ces auteurs ne précisent pas si il s'agit d'une dent maxillaire ou mandibulaire.*

Source : Auteur, 2019.

Ces données offrent de précieuses informations, mais les temps de formation d'un échantillon réduit de 4 individus aborigènes australiens ne permettent pas une significativité statistique suffisamment représentative pour les généraliser à toute la population de ce continent. Le TFC moyen de la I1 maxillaire (5,4 ans) est plus élevé que pour l'ensemble des autres populations recensées dans le tableau 6. Il se rapproche néanmoins du résultat de l'étude de Shellis[91] où le TFC de la I1 est de 4,92 ans. Il s'éloigne largement de la valeur minimale obtenue dans l'étude de Dean et Beynon[92] de 3,15 ans. Ce TFC moyen des aborigènes australiens a été calculé selon une périodicité des stries de Retzius de 8 jours. En utilisant une périodicité de 7 le TFC serait de 4,9 ans et avec une périodicité de 9, le TFC serait de 6 ans soit dans tous les cas de figure les I1 maxillaires d'aborigènes australiens seraient les plus élevées des Hommes modernes.

Il n'y a qu'une seule valeur de I1 mandibulaire, pour laquelle un TFC de 3,2 ans a été enregistré avec une périodicité de 8 jours. Le graphique de la figure 17 montre que le TFC de la I1 mandibulaire des aborigènes australiens est dans la fourchette basse des valeurs de I1 mandibulaires (cf. tableau 6) trouvées dans la littérature mais se rapproche de la moyenne (3,6 ans).

[91] Shellis, « Variations in growth of the enamel crown in human teeth and a possible relationship between growth and enamel structure ».

[92] Dean et al., « A longitudinal study of tooth growth in a single individual based on long- and short-period incremental markings in dentine and enamel ».

Cette valeur contrairement à celles obtenues pour la I1 maxillaire se rapproche d'autres groupes. En particulier des Sud-Africains dont le TFC moyen des I1 mandibulaires est de 3,2 ans pour une périodicité de 9 ou des Ouest-Africains avec un TFC de 3,1 ans pour une périodicité inconnue. Elle s'éloigne de celle obtenue pour les Anglais dans les études de Dean et Beynon[93] où le TFC est de 4,4 ans.

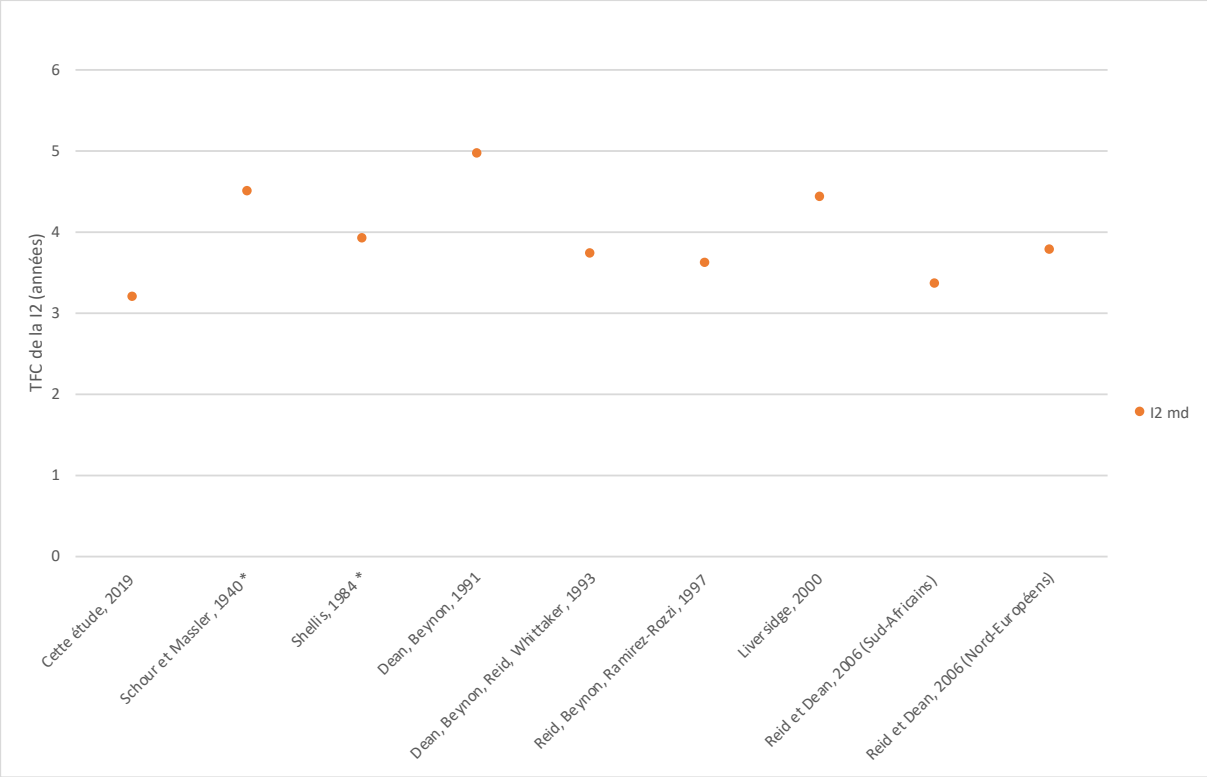
Tableau 5 : Temps de formation et périodicité des couronnes dentaires des incisives latérales obtenus par observation histologique décrits dans la littérature

Étude	Individu	Nombre de dents	Dent	TFCusp (jours)	TFLat (jours)	Périodicité (jours)	TFCour (jours +/- SD)
Schour et Massler, 1940			I2				1460 – 1825 (4-5 ans)
Shellis, 1984		1	I2				1427 (3,91 ans)
Dean, Beynon, 1991	Anglais	1	I2 md	245	1568	7	1813 (4,96 ans)
Dean, Beynon, Reid, Whittaker, 1993	Ouest-Africain	1	I2 max				1360 (3,72 ans)
		1	I2 md				1360 (3,72 ans)
Reid, Beynon, Ramirez Rozzi, 1997	Français	3	I2 max	256	935	8 ou 9	1320 +/- 90 (3,61 +/- 0,24 ans)
		4	I2 md	212	1336	8 ou 9	1530 +/- 60 (4,19 +/- 0,17 ans)
Liversidge, 2000	Anglais	4	I2 md				1610 (4,41 ans - min 4,17 max 5,40)
Reid et Dean, 2006	Sud-Africains	22	I2 max			Moyenne = 10 (7-11 +/- 1,10 SD)	1367 +/- 36 (3,74 +/- 0,1 ans)
		27	I2 md			Moyenne = 9 (7-12 +/- 1,13 SD)	1226 +/- 26 (3,36 +/- 0,1 ans)
	Nord-Européens	16	I2 max			Moyenne = 9 (8-11 +/- 1,09 SD)	1478 +/- 49 (4,04 +/- 0,1 ans)
		13	I2 md			Moyenne = 8 (7-10 +/- 0,85 SD)	1376 +/- 46 (3,77 +/- 0,1 ans)
Cette étude, 2019	**Aborigène Australiens**	**1**	**I2 md**	**241**	**1016**	**8**	**1167 (3,20 ans)**

Source : Auteur, 2019.

[93] Dean et Beynon, « Histological reconstruction of crown formation times and initial root formation times in a modern human child ».

Figure 18 : Temps de formation de la couronne dentaire de la I2 mandibulaire de individu AUS 27 comparé à ceux retrouvés dans la littérature



**ces auteurs ne précisent pas si il s'agit d'une dent maxillaire ou mandibulaire.*

Source : Auteur, 2019.

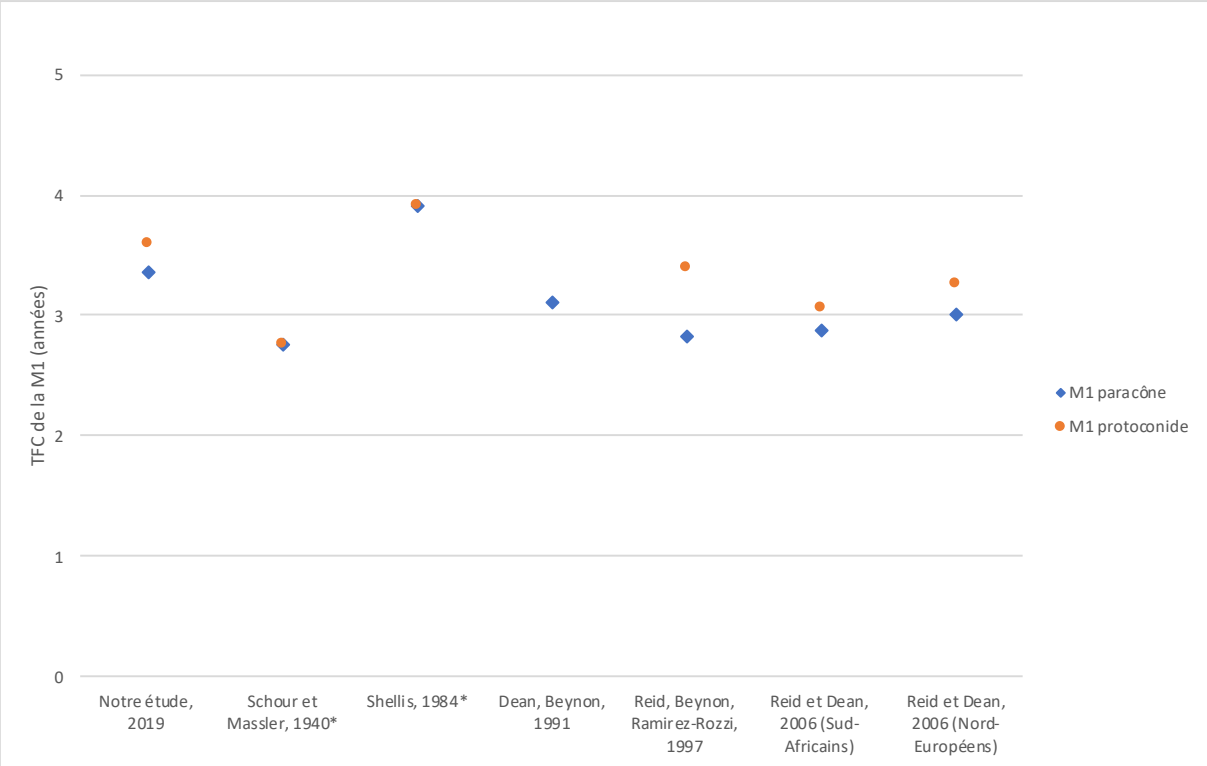
Les valeurs de TFC des I2 maxillaires et mandibulaires ont été recensées dans le tableau 7 bien que cette étude ne contienne qu'une seule I2 mandibulaire le but étant de comparer globalement la I2 de AUS 27 avec les I2 d'autres populations. Le TFC obtenu pour la I2 est de 3,2 ans, ce qui est inférieur à l'ensemble des valeurs trouvées dans la littérature. Il est néanmoins semblable au TFC des Sud-Africains (3,36 ans) mais largement inférieur au TFC des Anglais (4,41 ans).

Tableau 6 : Temps de formation et périodicité des couronnes dentaires des premières molaires obtenus par observation histologique décrits dans la littérature

Étude	Individu	Nombre de dents	Dent	TFCusp (jours)	TFLat (jours)	Périodicité (jours)	TFCour (jours +/- SD)
Schour et Massler, 1940			M1				912 – 1095 (2,5 – 3 ans)
Shellis, 1984		2	M1				1427 (3,91 +/- 0,53 ans)
Dean, Beynon, 1991	Anglais	1	M1 protocône	534	595	7	1129 (3,10 ans)
		1	M1 paracône	300	840	7	1140 (3,10 ans)
Dean, Beynon, Reid, Whittaker, 1993	Ouest-Africain	1	M1 max				881 (2,41 ans)
		1	M1 md				977 (2,67 ans)
Reid, Beynon, Ramirez Rozzi, 1997	Français	3	M1 paracône	450	680	8 ou 9	1033 +/- 106 (2,83 +/- 0,3 ans)
		5	M1 protoconide	516	859	8 ou 9	1237 +/- 80 (3,39 +/- 0,2 ans)
Liversidge, 2000	Anglais	18	M1 mandibulaire				1095 (3 ans – min 2,28 max 4,29)
Reid et Dean, 2006	Sud-Africains	37	M1 paracône			8 (6-12 +/- 1,28 SD)	1047 +/- 77 (2,87 +/- 0,2 ans)
		28	M1 protoconide			8 (6-12 +/- 1,25 SD)	1117 +/- 55 (3,06 +/- 0,1)
	Nord-Européens	15	M1 paracône			8 (6-10 +/- 1,10 SD)	1097 +/- 51 (3 +/- 0,1 ans)
		15	M1 protoconide			8 (6-10 +/- 1,10 SD)	1188 +/- 39 (3,25 +/- 0,1 ans)
Cette étude, 2019	**Aborigènes Australiens**	**1**	**M1 paracône**	**404**	**824**	**8**	**1228 (3,36 ans)**
		3	**M1 protoconide**	**429**	**882**	**8**	**1311 (3,60 ans)**

Source : Auteur, 2019.

Figure 19 : Temps de formation des couronnes dentaires des M1 des aborigènes australiens de cette étude comparés à ceux retrouvés dans la littérature



**ces auteurs ne précisent pas si il s'agit d'une dent maxillaire ou mandibulaire, ni le nom de la cuspide.*

Source : Auteur, 2019.

En ce qui concerne les M1, 3 dents sur les 4 étudiées sont des coupes de protoconide de M1 et une est une paracône. Les M1 protoconides ont un TFC moyen de 3,6 ans pour une périodicité de 8 jours. C'est une valeur élevée, qui comme pour le TFC des I1 des aborigènes australiens, sort de la fourchette de valeurs établie par Schour et Massler[94] : 2,5-3 ans. Elle est pourtant proche de celle des Nord-Européens (3,3 ans), supérieure au TFC des Sud-Africains (3,0 ans) et légèrement inférieure au TFC des individus de l'études de Shellis qui ne précise pas de quelle cuspide molaire il s'agit (3,91 ans). La M1 paracône a un TFC de 3,4 ans, ce qui est sensiblement égal à celle des Français et des Nord-Européens ; et légèrement plus élevé que toutes les autres valeurs de TFC des Hommes modernes de M1 paracône spécifiquement, recensés dans le tableau 7. Elle reste tout de même inférieure à la valeur moyenne de TFC de l'étude de Shellis.

Tout en restant prudent sur les valeurs obtenues, nous pouvons globalement en conclure que les I1 maxillaires et M1 des aborigènes australiens présentent un TFC long, vraisemblablement plus long que celui des autres Hommes modernes contrairement à la I2 dont le TFC est plus court. De plus, leurs

[94] Schour et Massler, « Studies in tooth development ».

incisives commenceraient leur formation légèrement avant celle d'autres groupes d'Hommes modernes.

Une étude radiographique sur la comparaison des temps d'éruption des molaires des aborigènes australiens et des Caucasoïdes existe mais ne présente aucune donnée sur les dents antérieures.
Cependant, cette étude présente des différences chronologiques notables de développement de la troisième molaire. Notamment, les aborigènes australiens ne sont pas nécessairement avancés en troisième molaire, alors que les Caucasoïdes en montrent une formation retardée. De plus, il est à noter que l'expression partielle de l'agénésie de la troisième molaire est relativement fréquente dans ces groupes[95].

J. Steadman a comparé la taille des dents des Tasmaniens qui étaient considérés comme la population d'Hommes modernes aux dents les plus larges et a découvert que celles des aborigènes australiens étaient sensiblement équivalentes[96]. D'autres auteurs ont après lui également fait cette observation, il est maintenant admis que les aborigènes australiens ont de plus grandes dents et mâchoires que les Européens ou les Nord-Américains[97]. Ainsi, pour les incisives maxillaires particulièrement, une corrélation pourrait être établie entre une grande taille de dent et un TFC plus long. La taille plus grande de ces types dentaires pourrait résulter en un taux de formation d'émail plus élevé.

[95] Moorrees, Fanning, et Hunt, « Formation and resorption of three deciduous teeth in children ».
[96] Steadman, « The teeth of the Australian Aborigines ».
[97] Proffit, McGlone, et Barrett, « Lip and tongue pressures related to dental arch and oral cavity size in Australian Aborigines ».

Conclusion

Les résultats obtenus supposent une certaine différence de croissance dentaire entre les aborigènes australiens et les autres Hommes modernes. Les I1 et M1 semblent présenter un TFC plus long. La I2, bien qu'il n'y ait qu'une seule dent, présente un TFC plus court que ceux d'autres groupes d'Hommes modernes. Les Homo Sapiens aborigènes australiens occuperaient le sol australien depuis près de 60 000 ans soit 15 000 ans avant les Homo Sapiens d'Europe et l'histoire évolutive de ces deux groupes d'Hommes modernes est si divergente qu'elle pourrait justifier certaines différences. Aussi, ces disparités pourraient s'expliquer par des conditions environnementales et des ressources alimentaires totalement différentes.

Bibliographie

AlQahtani, S. J., M. P. Hector, et H. M. Liversidge. « Brief communication : the London atlas of human tooth development and eruption ». *American journal of physical anthropology* 142, n° 3 (2010): 481-90. https://doi.org/10.1002/ajpa.21258.

Anderson, D. L., G. W. Thompson, et F. Popovich. « Age of attainment of mineralization stages of the permanent dentition ». *Journal of forensic sciences* 21, n° 1 (1976): 191-200.

Antoine, D., S. Hillson, et M. C. Dean. « The developmental clock of dental enamel : a test for the periodicity of prism cross-striations in modern humans and an evaluation of the most likely sources of error in histological studies of this kind ». *Journal of anatomy* 214, n° 1 (2009): 45-55. https://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2008.01010.x.

Beynon, A. D., M. C. Dean, et D. J. Reid. « On thick and thin enamel in hominoids ». *American journal of physical anthropology* 86, n° 2 (1991): 295-309. https://doi.org/10.1002/ajpa.1330860216.

Beynon, A. D., et D. J. Reid. « Relations between perikymata counts and crown formation times in the human permanent dentition. » *Journal of dental research* 66, n° 4 (1987): 889– 889.

Boyde, A. « Carbonate concentration, crystal centers, core dissolution, caries, cross striations, circadian rhythms, and compositional contrast in the SEM ». *Journal of dental research* 58, n° Spec Issue B (1979): 981-83. https://doi.org/10.1177/00220345790580025101.

———. « Estimation of age at death of young human skeletal remains from incremental lines in the dental enamel ». *Third international meeting in forensic immunology, medicine, pathology and toxicology*, 1963.

———. « The structure and development of mammalian enamel », 1964. https://qmro.qmul.ac.uk/xmlui/handle/123456789/1410.

Boyde, A., et B. K. B. Berkovitz. « Enamel ». In *Handbook of microscopic anatomy. V6, Teeth*, A. Oksche and L. Vollrath., 309-473. Berlin : Springer, 1989.

Bromage, T. G., et M. C. Dean. « Re-evaluation of the age at death of immature fossil hominids ». *Nature* 317, n° 6037 (1985): 525-27. https://doi.org/10.1038/317525a0.

Bullion, S.K. « Incremental structures of enamel and their applications to archaeology ». Thèse de doctorat, University of Lancaster, 1987.

Dean, M. C. « Incremental markings in enamel and dentine : what they can tell us about the way teeth grow ». In *Development, function and evolution of teeth*, édité par M. F. Teaford, M. M. Smith, et M. W. J. Ferguson, 119-30. Cambridge : Cambridge University Press, 2000.

———. « The nature and periodicity of incremental lines in primate dentine and their relationship to periradicular bands in OH 16 (Homo habilis) ». In *Structure, function and evolution of teeth. Ninth international symposium on dental morphology*, édité par J. Moggi-Cecchi, 239-65. Florence : International institute for the study of Man, 1995. http://discovery.ucl.ac.uk/56916/.

Dean, M. C., et A. D. Beynon. « Histological reconstruction of crown formation times and initial root formation times in a modern human child ». *American journal of physical anthropology* 86, n° 2 (1991): 215-28. https://doi.org/10.1002/ajpa.1330860210.

Dean, M. C., A. D. Beynon, D. J. Reid, et D. K. Whittaker. « A longitudinal study of tooth growth in a single individual based on long- and short-period incremental markings in dentine and enamel ». *International journal of osteoarchaeology* 3, n° 4 (1993): 249-64. https://doi.org/10.1002/oa.1390030404.

Dean, M. C., et A. E. Scandrett. « The relation between long-period incremental markings in dentine and daily cross-striations in enamel in human teeth ». *Archives of oral biology* 41 (1996): 233-41. https://doi.org/10.1016/0003-9969(95)00137-9.

Dean, M. C., et R. P. Shellis. « Observations on stria morphology in the lateral enamel of Pongo, Hylobates and Proconsul teeth ». *Journal of human evolution* 35, n° 4-5 (1998): 401-10. https://doi.org/10.1006/jhev.1998.0243.

Demirjian, A. « Dentition ». In *Human Growth. Vol 2, Postnatal growth*, édité par F. Falkner et J. M. Tanner, 413-44. Boston : Springer, 1978.

Demirjian, A., H. Goldstein, et J. M. Tanner. « A new system of dental age assessment ». *Human biology* 45, n° 2 (1973): 211-27.

Eli, I., H. Sarnat, et E. Talmi. « Effect of the birth process on the neonatal line in primary tooth enamel ». *Pediatric dentistry* 11, n° 3 (1989): 220-23.

Fanning, E. A., et C. F. Moorrees. « A comparison of permanent mandibular molar formation in Australian Aborigines and Caucasoids ». *Archives of oral biology* 14 (1969): 999-1006. https://doi.org/10.1016/0003-9969(69)90069-7.

FitzGerald, C. M. « Do enamel microstructures have regular time dependency ? Conclusions from the literature and a large-scale study ». *Journal of human evolution* 35, n° 4-5 (1998): 371-86. https://doi.org/10.1006/jhev.1998.0232.

———. « Tooth crown formation and the variation of enamel microstructural growth markers in modern humans ». Ph.D, University of Cambridge, 1995. https://ethos.bl.uk/OrderDetails.do?uin=uk.bl.ethos.360038.

Fränkel, M. *De penitiori dentium humanorum structura observationes*. Vratislavile, 1835.

Gleiser, I., et E. E. Hunt. « The permanent mandibular first molar : its calcification, eruption and decay ». *American journal of physical anthropology* 13, n° 2 (1955): 253-83. https://doi.org/10.1002/ajpa.1330130206.

Gregory, R., D. Easterling, N. Kaechele, et W. Trousdale. « Values-based measures of impacts to indigenous health : perspective ». *Risk Analysis* 36, n° 8 (2016): 1581-88. https://doi.org/10.1111/risa.12533.

Gustafson, G., et G. Koch. « Age estimation up to 16 years of age based on dental development ». *Odontologisk revy* 25, n° 3 (1974): 297-306.

Hess, A. F., J. M. Lewis, et B. Roman. « A radiographic study of calcification of the teeth from birth to adolescence. » *A radiographic study of calcification of the teeth from birth to adolescence.*, 1932, 1053-61.

Hillson, S. *Dental anthropology*. Cambridge : Cambridge University Press, 1996.

Hillson, S., C. Fitzgerald, et H. Flinn. « Alternative dental measurements : proposals and relationships with other measurements ». *American journal of physical anthropology* 126, n° 4 (2005): 413-26. https://doi.org/10.1002/ajpa.10430.

Kaidonis, J. A., L. C. Richards, et G. C. Townsend. « Nature and frequency of dental wear facets in an Australian Aboriginal population ». *Journal of oral rehabilitation* 20, n° 3 (1993): 333-40. https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.1993.tb01615.x.

Katzenberg, M. A., et S. R. Saunders, éd. *Biological anthropology of the human skeleton*. 2nd ed. Hoboken : Wiley-Liss, 2018.

Lacruz, R. S., F. Ramirez Rozzi, et T. G. Bromage. « Variation in enamel development of South African fossil hominids ». *Journal of human evolution* 51, n° 6 (2006): 580-90. https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2006.05.007.

Linderer, C. J., et J. Linderer. *Handbuch der Zahnheilkunde*. Berlin : Schlesinger, 1848.

Liversidge, H. M. « Crown formation times of the permanent dentition and root extension rate in humans ». In *Aspects of dental biology : paleontology, anthropology and evolution*, édité par J. Moggi-Cecchi. Florence : International institute for the study of Man, 1995.

Mahoney, P. « Incremental enamel development in modern human deciduous anterior teeth ». *American journal of physical anthropology* 147, n° 4 (2012): 637-51. https://doi.org/10.1002/ajpa.22029.

———. « Two-dimensional patterns of human enamel thickness on deciduous (dm1, dm2) and permanent first (M1) mandibular molars ». *Archives of oral biology* 55, n° 2 (2010): 115-26. https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2009.11.014.

Moorrees, C. F. A., E. A. Fanning, et E. E. Hunt. « Formation and resorption of three deciduous teeth in children ». *American journal of physical anthropology* 21, nº 2 (1963): 205-13. https://doi.org/10.1002/ajpa.1330210212.

Moorrees, C. F., E. A. Fanning, et E. E. Hunt. « Age variation of formation stages for ten permanent teeth ». *Journal of dental research* 42 (1963): 1490-1502. https://doi.org/10.1177/00220345630420062701.

Nolla, C. M. « The development of permanent teeth ». *Journal of dentistry for children*, nº 27 (1960): 254-66.

Osborn, H. F., et W. K. Gregory. *Evolution of mammalian molar teeth to and from the triangular type including collected and revised researches tritubercuIy and new sections on the forms and homologies of the molar teeth in the different orders of mammals*. New York : Macmillan, 1907. https://www.biodiversitylibrary.org/bibliography/1571.

Osborn, J. W. « A 3-dimensional model to describe the relation between prism directions, parazones and diazones, and the Hunter-Schreger bands in human tooth enamel ». *Archives of oral biology* 35, nº 11 (1990): 869-78.

Ponsonnet, M., et P. Grundmann. *Australie : histoire, société, culture*. Paris : La Découverte, 2017.

Proffit, W. R., R. E. McGlone, et M. J. Barrett. « Lip and tongue pressures related to dental arch and oral cavity size in Australian Aborigines ». *Journal of dental research* 54, nº 6 (1975): 1161-72. https://doi.org/10.1177/00220345750540061101.

Ramirez Rozzi, F. « Le développement dentaire des hominidés plio-pléistocènes ». *Bulletins et mémoires de la société d'anthropologie de Paris* 5, nº 1 (1993): 131-42. https://doi.org/10.3406/bmsap.1993.2342.

Reid, D. J., A. D. Beynon, et F. Ramirez Rozzi. « Histological reconstruction of dental development in four individuals from a medieval site in Picardie, France ». *Journal of human evolution* 35, nº 4-5 (1998): 463-77. https://doi.org/10.1006/jhev.1998.0233.

Reid, D. J., et M. C. Dean. « Variation in modern human enamel formation times ». *Journal of human evolution* 50, nº 3 (2006): 329-46. https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2005.09.003.

Reid, D. J., G. T. Schwartz, M. C. Dean, et M. S. Chandrasekera. « A histological reconstruction of dental development in the common chimpanzee, Pan troglodytes ». *Journal of human evolution* 35, nº 4-5 (1998): 427-48.

Retzius, A. « Bemerkungen uber den innern bau der zahne, mit besonderer riicksicht auf den im zahnknochen vorkommenden ». In *Rohrenbau*, 486-566, 1837.

Richards, L. C. « Dental attrition and craniofacial morphology in two Australian Aboriginal populations ». *Journal of dental research* 64, nº 11 (1985): 1311-15. https://doi.org/10.1177/00220345850640111201.

Risnes, S. « A scanning electron microscope study of the three-dimensional extent of Retzius lines in human dental enamel ». *Scandinavian journal of dental research* 93, nº 2 (1985): 145-52.

———. « Enamel apposition rate and the prism periodicity in human teeth ». *European journal of oral sciences* 94, nº 5 (1986): 394-404. https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.1986.tb01779.x.

———. « Growth tracks in dental enamel ». *Journal of human evolution* 35, nº 4-5 (1998): 331-50. https://doi.org/10.1006/jhev.1998.0229.

Schmidt, W. J., et A. Keil. *Polarizing microscopy of dental tissues : theory, methods, and results from the structural analysis of normal and diseased hard, dental tissues and tissues associated with them in man and other vertebrates*. Oxford : Pergamon Press, 1971.

Schour, I. « The neonatal line in the enamel and dentin of the human deciduous teeth and first permanent molar ». *The journal of the american dental association* 23, nº 10 (1936): 1946-55. https://doi.org/10.14219/jada.archive.1936.0277.

Schour, I., et M. Massler. « Studies in tooth development : the growth pattern of human teeth part II ». *The journal of the american dental association* 27, nº 12 (1940): 1918-31. https://doi.org/10.14219/jada.archive.1940.0367.

Shellis, R. P. « Utilization of periodic markings in enamel to obtain information on tooth growth ». *Journal of human evolution* 35, nº 4-5 (1998) : 387-400. https://doi.org/10.1006/jhev.1998.0260.

———. « Variations in growth of the enamel crown in human teeth and a possible relationship between growth and enamel structure ». *Archives of oral biology* 29 (1984): 697-705. https://doi.org/10.1016/0003-9969(84)90175-4.

Simpson, S. W., et C. A. Kunos. « A radiographic study of the development of the human mandibular dentition ». *Journal of human evolution* 35, nº 4-5 (1998): 479-505. https://doi.org/10.1006/jhev.1998.0235.

Smith, P., T. Brown, et W. B. Wood. « Tooth size and morphology in a recent Australian Aboriginal population from Broadbeach, South East Queensland ». *American journal of physical anthropology* 55, nº 4 (1981): 423-32. https://doi.org/10.1002/ajpa.1330550403.

Smith, T. M. « Dental development in living and fossil orangutans ». *Journal of human evolution*, nº 94 (2016): 92-105. https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2016.02.008.

———. « Experimental determination of the periodicity of incremental features in enamel ». *Journal of anatomy* 208, nº 1 (2006) : 99-113. https://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2006.00499.x.

Steadman, F. S. J. « The teeth of the Australian Aborigines ». *Proceedings of the royal society of medicine* 33, nº 1 (1939): 29-49. https://doi.org/10.1177/003591573903300104.

Tafforeau, P., et T. M. Smith. « Nondestructive imaging of hominoid dental microstructure using phase contrast X-ray synchrotron microtomography ». *Journal of human evolution* 54, nº 2 (2008): 272-78. https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2007.09.018.

Weber, D. F., et D. R. Eisenmann. « Microscopy of the neonatal line in developing human enamel ». *The american journal of anatomy* 132, n° 3 (1971): 375-91. https://doi.org/10.1002/aja.1001320307.

White, T. D., et P. A. Folkens. *The human bone manual*. Amsterdam : Elsevier Academic Press, 2005.

Wright, D. « The study of environment on aboriginal resilience and child health (SEARCH) : a long-term platform for closing the gap ». *PHRP* (blog), s. d. https://doi.org/10.17061/phrp2631635.

Table des figures

Figure 1 : Équivalence des noms attribués aux cuspides des molaires maxillaires et mandibulaires 5
Figure 2 : Une dent et ses tissus de soutien, illustrant certaines des microstructures internes de l'émail 8
Figure 3 : Striations transversales de la M1 maxillaire gauche de AUS 27 observées sous microscope optique 9
Figure 4 : Coupe longitudinale d'une incisive latérale montrant la disposition des stries de Retzius, observée sous microscope stéréoscopique 11
Figure 5 : Schéma d'une dent en coupe à travers les cuspides mésiales..... 12
Figure 6 : Relation entre les stries de Retzius et les périkématies (indiquées par des flèches)..... 13
Figure 7 : Schéma représentant une manière de visualiser les stries de Retzius 14
Figure 8 : Schéma des stries de Retzius (traits continus) et des prismes d'émail (traits pointillés) par rapport à la jonction amélo-dentinaire 16
Figure 9 : Coupe de la I2 de AUS 27 observée sous microscope optique, au grossissement x40, centrée sur la partie cuspale de l'émail..... 18
Figure 10 : Section de la cupide protoconide de la M1(a) et de la I1 (b) montrant les stries marquées (A,B,C1,C2,D,E,F,G) de l'individu AUS 59, observées sous microscope optique, grossissement x30 ... 19
Figure 11 : Boîte à moustache représentant les valeurs des striations transversales de la I2 de AUS 27 20
Figure 12 : Section de la cuspide protoconide de la M1 (a) et de la I1 (b) montrant les stries de Retzius marquées « A » de l'individu AUS 59, observées sous microscope optique, grossissement x30 24
Figure 13 : Chronologie de minéralisation de la couronne de la cuspide protoconide de la M1 mandibulaire gauche et de la I2 mandibulaire droite de AUS 27 25
Figure 14 : Chronologie de minéralisation de la couronne de la cuspide protoconide de la M1 mandibulaire gauche et de la I1 mandibulaire droite de AUS 59 25
Figure 15 : Chronologie de minéralisation de la couronne de la cuspide protoconide de la M1 mandibulaire gauche et de la I1 maxillaire droite de AUS 96 26
Figure 16 : Chronologie de minéralisation de la couronne de la cuspide paracône de la M1 maxillaire droite et de la I1 maxillaire droite de AUS 99 26
Figure 17 : Temps de formation des couronnes dentaires des I1 des Aborigènes Australiens de cette étude comparés à ceux retrouvés dans la littérature 32

Figure 18 : Temps de formation de la couronne dentaire de la I2 mandibulaire de individu AUS 27 comparé à ceux retrouvés dans la littérature 34
Figure 19 : Temps de formation des couronnes dentaires des M1 des aborigènes australiens de cette étude comparés à ceux retrouvés dans la littérature 36

Table des tableaux

Tableau 1 : Récapitulatif des dents étudiées 6
Tableau 2 : Mesures des striations transversales et prismes des individus AUS 27 et AUS 59 20
Tableau 3 : Décompte des stries de Retzius des incisives et molaires des 4 individus aborigènes australiens 22
Tableau 4 : Résumé des temps de formation de l'émail des incisives 22
Tableau 5 : Résumé des temps de formation de l'émail des molaires 23
Tableau 6 : Temps de formation et périodicité des couronnes dentaires des incisives centrales obtenus par observation histologique décrits dans la littérature 31
Tableau 7 : Temps de formation et périodicité des couronnes dentaires des incisives latérales obtenus par observation histologique décrits dans la littérature 33
Tableau 8 : Temps de formation et périodicité des couronnes dentaires des premières molaires obtenus par observation histologique décrits dans la littérature 35

Vu, le Directeur de thèse

M. Fernando V. RAMIREZ ROZZI

Vu, le Doyen de la Faculté de Chirurgie dentaire
de l'Université Paris Descartes

Professeur Louis MAMAN

Au nom et pour le compte de l'administratrice
provisoire de l'Université Paris Descartes,

Le Doyen Louis MAMAN

Le développement dentaire chez les aborigènes australiens : étude histologique préliminaire basée sur la microanatomie de l'émail

Résumé :

L'étude du développement dentaire a mené à l'établissement de nombreuses classifications au cours du temps telles que la classification de Démogé (1972) actuellement en vigueur. Cependant cette classification utilisée internationalement est basée sur des critères de développement dentaire européens. Suite à différents travaux, les chercheurs se posent la question d'une réelle uniformité dans le développement dentaire de la population mondiale. L'objectif de cette thèse est d'étudier puis de comparer le développement dentaire des aborigènes australiens avec d'autres groupes d'Hommes modernes à partir de l'analyse de la microanotomie amélaire de quatre individus (4 incisives et 4 molaires). L'observation des stries de Retzius, des striations transversales, ou encore des prismes de l'émail a été réalisée sous microscope optique et leur décompte a permis d'estimer le temps de formation de l'émail coronaire des 8 dents de notre échantillon. À partir de ces observations il a également été possible d'établir une chronologie de minéralisation entre les incisives et molaires d'un même individu. Globalement, les incisives centrales et les molaires semblent présenter un temps de formation coronaire plus long. Le temps de formation de l'incisive latérale, bien qu'une seule dent soit exploitée, apparait plus court que ceux d'autres groupes d'Hommes modernes. Ces différences pourraient s'expliquer par leur environnement, leurs aspects morphologiques et leur histoire évolutive singulière.

Discipline :

Anthropologie dentaire

Mots clés français (fMeSH et Rameau) :

Anthropologie -- Dissertation universitaire ; Paléodontologie -- Dissertation universitaire ; Dents fossiles -- Thèses et écrits académiques ; Émail dentaire -- Thèses et écrits académiques

English keywords (MeSH) :

Anthropology -- Academic Dissertation ; Paleodontology -- Academic Dissertation

Université Paris Descartes

Faculté de Chirurgie dentaire

1, rue Maurice Arnoux

92120 Montrouge