

UNIVERSITE DE LILLE
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année de soutenance : 2023

N° :

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

Présentée et soutenue publiquement le 04 Mai 2023

Par Pauline DESCAMPS

Née le 27/07/1997 à Lille – France

**Application du modèle de la cascade inhibitrice sur une
population d'enfants suivis longitudinalement**

JURY

Président : Monsieur le Professeur Thomas COLARD

Assesseurs : Madame le Docteur Amélie de BROUCKER
Madame le Docteur Cécile OLEJNIK
Madame le Docteur Mathilde SAVIGNAT

Président de l'Université	: Pr. R. BORDET
Directrice Générale des Services de l'Université	: M-D SAVINA
Doyen UFR3S	: Pr. D. LACROIX
Directrice des Services d'appui UFR3S	: G. PIERSON
Doyen de la faculté d'Odontologie – UFR3S	: Pr. C. DELFOSSE
Responsable des Services	: M. DROPSIT
Responsable de la Scolarité	: G. DUPONT

PERSONNEL ENSEIGNANT DE LA FACULTE.

PROFESSEURS DES UNIVERSITES :

K. AGOSSA	Parodontologie
P. BEHIN	Prothèses
T. COLARD	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
C. DELFOSSE	Responsable du Département d' Odontologie Pédiatrique Doyen de la faculté d'Odontologie – UFR3S
E. DEVEAUX	Responsable du Département de Dentisterie Restauratrice – Endodontie

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

T. BECAVIN	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
A. BLAIZOT	Prévention, Épidémiologie, Économie de la Santé, Odontologie Légale.
P. BOITELLE	Prothèses
F. BOSCHIN	Responsable du Département de Parodontologie
E. BOCQUET	Responsable du Département d' Orthopédie Dento-Faciale
C. CATTEAU	Responsable du Département de Prévention, Épidémiologie, Économie de la Santé, Odontologie Légale
X. COUDEL	Biologie Orale
A. de BROUCKER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
M. DEHURTEVENT	Prothèses
T. DELCAMBRE	Prothèses
D. DESCAMP	Prothèses
M. DUBAR	Parodontologie
A. GAMBIEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
F. GRAUX	Prothèses
M. LINEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
T. MARQUILLIER	Odontologie Pédiatrique
G. MAYER	Prothèses
L. NAWROCKI	Responsable du Département de Chirurgie Orale Chef du Service d'Odontologie A. Caumartin – CHRU Lille
C. OLEJNIK	Responsable du Département de Biologie Orale
P. ROCHER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
L. ROBBERECHT	Dentisterie Restauratrice Endodontie
M. SAVIGNAT	Responsable du Département des Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
T. TRENTSAUX	Responsable du Département d'Odontologie Pédiatrique
J. VANDOMME	Prothèses

Réglementation de présentation du mémoire de Thèse

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

Aux membres du jury,

Monsieur le Professeur Thomas COLARD

**Professeur des Universités – Praticien Hospitalier des
CSERD**

Section Réhabilitation orale

Département Sciences Anatomiques

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur au Muséum National d'Histoire Naturelle en
Anthropologie Biologique

Chargé de mission Recherche

Vous me faites l'honneur de présider cette thèse et je vous en suis
très reconnaissante.

J'ai pu bénéficier au cours de mes études de votre enseignement
clair et précis.

Votre gentillesse, vos qualités humaines et votre modestie m'auront
marquées durant mon cursus.

Veillez trouver ici, Professeur, l'expression de mes sincères
remerciements.

Madame le Docteur Amélie de BROUCKER

**Maître de Conférences des Universités – Praticien
Hospitalier des CSERD**

Section Réhabilitation Orale

Département Sciences Anatomiques

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université de Lille 2

Master II Biologie et Santé – LILLE 2

C'est avec beaucoup d'enthousiasme que vous avez
immédiatement accepté de diriger cette thèse et je vous en
remercie sincèrement.

Ça a été un plaisir de travailler avec vous aux urgences durant mon
année de T1 et cela s'est confirmé pour la rédaction de cette thèse.

Soyez assurée de ma sincère reconnaissance et de mon profond
respect.

Madame le Docteur Cécile OLEJNIK

**Maître de Conférences des Universités – Praticien
Hospitalier des CSERD**

*Section Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale
Département Biologie Orale*

Docteur en Chirurgie Dentaire
Docteur en Odontologie de l'Université de Lille2

Responsable du Département de Biologie Orale Chargée
de mission PASS – LAS

Vous avez eu la gentillesse d'accepter de faire partie de mon jury et
je vous en suis très reconnaissante.
Je vous remercie pour votre pédagogie et la qualité de vos
enseignements durant ces années à la faculté.
J'espère que ce travail saura retenir votre intérêt.
Veuillez trouver ici l'expression de mes sentiments les plus
respectueux.

Madame le Docteur Mathilde Savignat

**Maître de Conférences des Universités – Praticien
Hospitalier des CSERD**

*Section Réhabilitation Orale
Département Sciences Anatomiques*

Docteur en Chirurgie Dentaire
Docteur en Odontologie de l'Université de Lille2
Master Recherche Biologie Santé - Spécialité
Physiopathologie et Neurosciences

Responsable du Département des Sciences Anatomiques
Chargée de mission PASS - LAS

Je suis très honorée de vous compter parmi les membres de ce jury.
C'est avec plaisir que vous avez accepté d'en faire partie et je vous
en remercie sincèrement.
Je garderai un très bon souvenir de vos enseignements et de vos
TP ainsi que de votre bienveillance et votre sérénité.
Veuillez trouver ici le témoignage de mon plus profond respect.

TABLE DES MATIERES

I) Introduction.....	11
II) Matériel et méthodes	13
1. Sélection des patients	13
2. Conception de l'étude	14
3. Mesures de la longueur mésio-distale	14
III) Résultats.....	17
1. Présentation de la population	17
2. Caractérisation de la population.....	19
3. Résultats des mesures des diamètres mésio-distaux.....	21
4. Comparaison hommes/femmes.....	24
5. Test de normalité	24
6. Test de Student pour échantillons appariés	24
7. Tests de régression.....	24
8. Comparaison diamètres MD m2 observés <i>versus</i> diamètres MD m2 attendus	27
9. Répartition des quintuplés et triplets observés dans l'étude	29
IV) Discussion	31
V) Conclusion	34
VII) Références bibliographiques	37

TABLE DES ABREVIATIONS

m1 : Première molaire temporaire

m2 : Deuxième molaire temporaire

P1 : Première prémolaire

P2 : Deuxième prémolaire

M1 : Première molaire définitive

M2 : Deuxième molaire définitive

Mx : Maxillaire

Md : Mandibulaire

ICM : Inhibitory Cascade Model

ME : Modèle d'étude

Sexe 0 = homme

Sexe 1 = femme

D = droite

G = gauche

Chiffre en exposant = dent maxillaire

Chiffre en indice = dent mandibulaire

I) Introduction

La recherche en paléoanthropologie dont le but est d'étudier l'évolution humaine s'est particulièrement développée ces quinze dernières années dans le domaine de la croissance maxillo-faciale et plus particulièrement dans l'étude de la croissance dentaire. Une diminution de la taille globale des molaires et plus particulièrement de la troisième molaire a été constatée. Une éruption plus tardive ou une propension accrue à l'inclusion de cette dernière ont également été observées. Ces phénomènes s'expliqueraient par des changements dans le régime alimentaire, notre façon de cuire les aliments et de se nourrir, par des variations de cycles biologiques et enfin par une évolution dans la maturation et la taille du cerveau (1)(2)(3)(4)(5).

Ces variations de taille ont été expliquées par Butler puis Dahlberg par l'intervention de morphogènes, molécules de signalisation dont la concentration ferait varier l'expression des gènes dont ceux responsables de la taille des dents (6)(7).

Kavanagh et *al.* en 2007 ont repris cette théorie et proposé le modèle de la cascade inhibitrice (ICM pour Inhibitory Cascade Model) (8). Ce modèle testé sur modèle animal propose que la taille des molaires serait régie par un mécanisme de développement basé sur un rapport activateur/inhibiteur initié par la dent adjacente précédente. Ainsi, l'évolution de la première molaire définitive (M1) activerait l'évolution et la croissance de la deuxième molaire définitive (M2) qui à son tour activerait l'évolution et la croissance de la troisième molaire définitive (M3) tout en inhibant la croissance de M1 et ainsi de suite. Autrement dit, la taille des molaires serait soumise à l'équation suivante (8)(9) :

$$1 + [(a - i) / i] (x - 1)$$

avec x = position de la molaire sur l'arcade

avec a = signaux activateurs

avec i = signaux inhibiteurs

L'ICM serait aussi vérifiée par la règle suivante : la surface coronaire (diamètre mésio-distal maximal x diamètre vestibulo-lingual maximal) de la dent centrale d'un triplet (M2) serait environ égale à un tiers de la surface totale du triplet M1 + M2 + M3 (10).

Ce modèle a été validé chez d'autres espèces de mammifères éteintes et existantes dont le genre *Homo* (10)(11)(12)(13)(14)(15)(16)(17).

Evans et *al.* en 2016 ont testé et vérifié ce modèle de la cascade inhibitrice sur des échantillons d'hominidés (grands singes, Australopithèques et *Homo*) sur des molaires déciduales et permanentes mandibulaires avec la particularité de mettre en évidence une inversion de la cascade inhibitrice pour certaines espèces. Les résultats montrent (m1 pour première molaire déciduale et m2 pour deuxième molaire déciduale) :

- Pour les espèces de grands singes et le genre *Homo* hormis *Homo sapiens* (inversion de la cascade en M2) :

$$m1 < m2 < M1 < M2 > M3$$

- Pour les Australopithèques :

$$m1 < m2 < M1 < M2 \leq M3$$

- Pour *Homo sapiens* (inversion de la cascade en M1) :

$$m1 < m2 < M1 > M2 > M3$$

Plus récemment, en 2021, Bermudez de Castro et *al.* et Boughner et *al.* ont étudié l'ICM sur des molaires permanentes dans des populations contemporaines et leurs résultats remettent en question ce modèle puisqu'à lui seul il n'explique pas les variations de tailles inter-molaires observées. Les hypothèses avancées par les auteurs pour expliquer ces résultats sont l'étude de l'ICM sur une population contemporaine et non une population du passé et l'utilisation de données individuelles et non d'une moyenne sur l'échantillon suggérant ainsi l'implication d'autres facteurs non expliqués et pris en compte par le modèle de l'ICM (9)(18).

L'objectif de ce travail était donc de tester le modèle de l'ICM sur des molaires déciduales, des prémolaires et des molaires permanentes d'une population d'enfants suivis de façon longitudinale en utilisant des modèles surfaciques d'étude enregistrés périodiquement au cours de la croissance.

II) Matériel et méthodes

1. Sélection des patients

Pour réaliser cette étude, nous avons étudié les modèles d'étude numérisés d'enfants et adolescents filles et garçons de la « Craniofacial Growth Legacy Collection » qui est une branche caritative de l'Association Américaine des Orthodontistes (AAOF) (19). L'AAOF répertorie 9 collections supports pour étudier la croissance crânio-faciale, soit un total de 842 patients.

Nous nous sommes intéressés aux patients pour lesquels des modèles d'étude avaient été numérisés.

Ainsi, seules 3 collections (Michigan, Burlington et Oregon) ont été retenues pour l'étude ce qui représentait 39 patients.

Finalement, après analyse, il s'est avéré que seule la collection Michigan présentait des modèles exploitables comprenant 37 patients.

Cette collection Michigan comprenant 102 individus a démarré en 1935 et pris fin en 1970. Elle portait sur des élèves âgés de 3 à 18 ans inscrits à l'école primaire et secondaire. Pour chaque patient, à divers moments-clés de leur croissance, des modèles d'étude et des téléradiographies de profil ont été conservés et archivés (20). Les modèles d'étude ont été numérisés ces dernières années au format .stl et à l'échelle 1:1.

Pour pouvoir être inclus dans l'étude, certains critères ont été définis :

- Modèle lisible et de bonne qualité.
- Présence d'au moins une molaire lactéale, une prémolaire et une molaire définitive.
- Face occlusale entièrement visible.
- Dent ayant terminé son éruption.

Pour chaque patient, une sélection des modèles d'étude les plus pertinents a été réalisée de telle sorte qu'un maximum de mesures de molaires déciduales, prémolaires et molaires permanentes soit collectées. Ainsi 4 modèles par patient ont été collectés : un modèle maxillaire et un modèle mandibulaire présentant les molaires lactéales, un modèle maxillaire et un modèle mandibulaire présentant les prémolaires et molaires définitives (Annexe 1).

2. Conception de l'étude

Rappelons que selon les auteurs, la cascade inhibitrice dans le genre *Homo sapiens* induit un gradient de taille des molaires comme suit :

$$m1 < m2 < M1 > M2 > M3$$

Sachant que le développement chronologique des molaires humaines se fait selon une direction antéro-postérieure, notre étude a la particularité de se concentrer uniquement sur le diamètre mésio-distal maximal coronaire des molaires et prémolaires contrairement aux études précédentes qui comparaient la surface des dents soit le diamètre mésio-distal maximal coronaire multiplié par le diamètre vestibulo-lingual maximal coronaire.

Dans un premier temps, nous avons vérifié l'existence ou non d'un lien réciproque entre le diamètre mésio-distal des dents selon deux triplets : $m1 - m2 - M1$ et $P1 - P2 - M1$ (P1 pour première prémolaire et P2 pour deuxième prémolaire) à l'aide d'un test de régression linéaire des ratios d'une part de $m1/M1$ et $m2/M1$ et d'autre part de $P1/M1$ et $P2/M1$. Les ratios ont permis alors d'effacer les variations interindividuelles.

D'autre part, pour vérifier si le triplet $m1 - m2 - M1$ suit le modèle de la cascade inhibitrice, nous avons comparé la taille de $m2$ attendue ($m2$ attendue = $1/3 (m1+m2+M1)$) et la taille de $m2$ observée (9).

3. Mesures de la longueur mésio-distale

Pour réaliser les mesures sur les modèles d'étude numérisés, la « Craniofacial Growth Legacy Collection » nous a envoyé les fichiers au format .stl des modèles d'étude de chaque patient de la collection Michigan.

Les mesures des longueurs mésio-distales de chaque dent ont été réalisées sur les modèles d'étude numérisés grâce au logiciel de modélisation en trois dimensions (3D) Exocad.

Exocad est un logiciel dentaire de conception et fabrication assistées par ordinateur (CFAO) utilisé par les prothésistes dentaires, les chirurgiens-dentistes et les orthodontistes. Ce logiciel a la particularité d'atteindre un haut niveau de précision permettant ainsi une prise de mesures précise.

Les modèles ont été placés en vue occlusale stricte. Le segment passant par la gouttière masticatrice de chaque dent et allant de la face mésiale à la face distale a été mesuré (figures 1, 2 et 3).

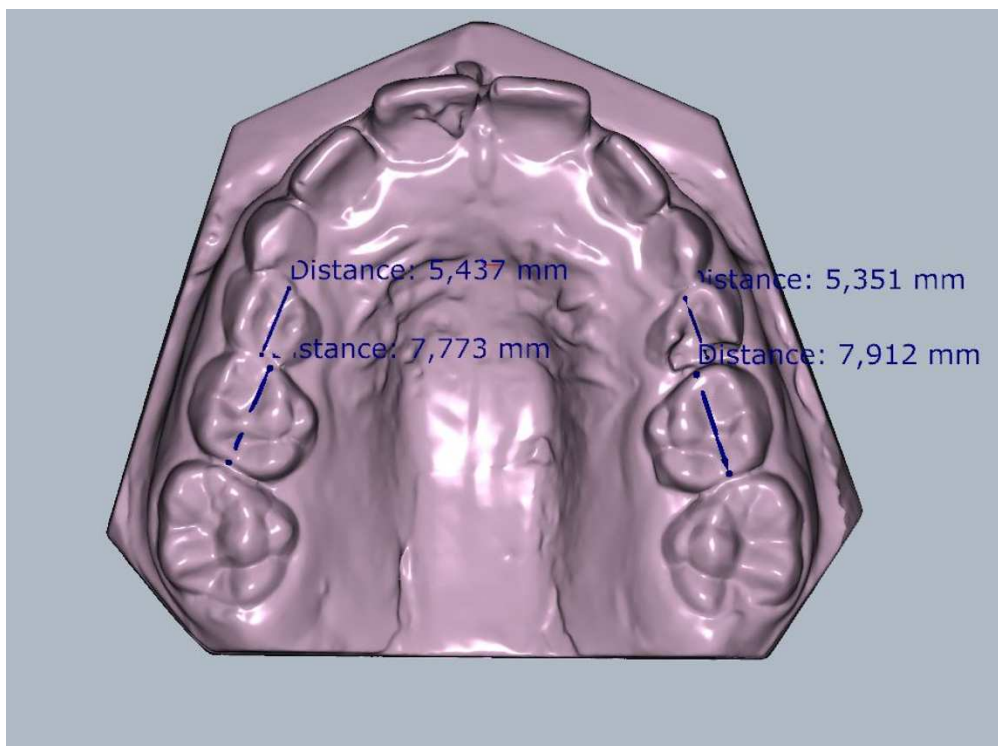


Figure 1 : Patient 1820 – modèle maxillaire avec mesures des molaires déciduales sur Exocad (illustration personnelle)

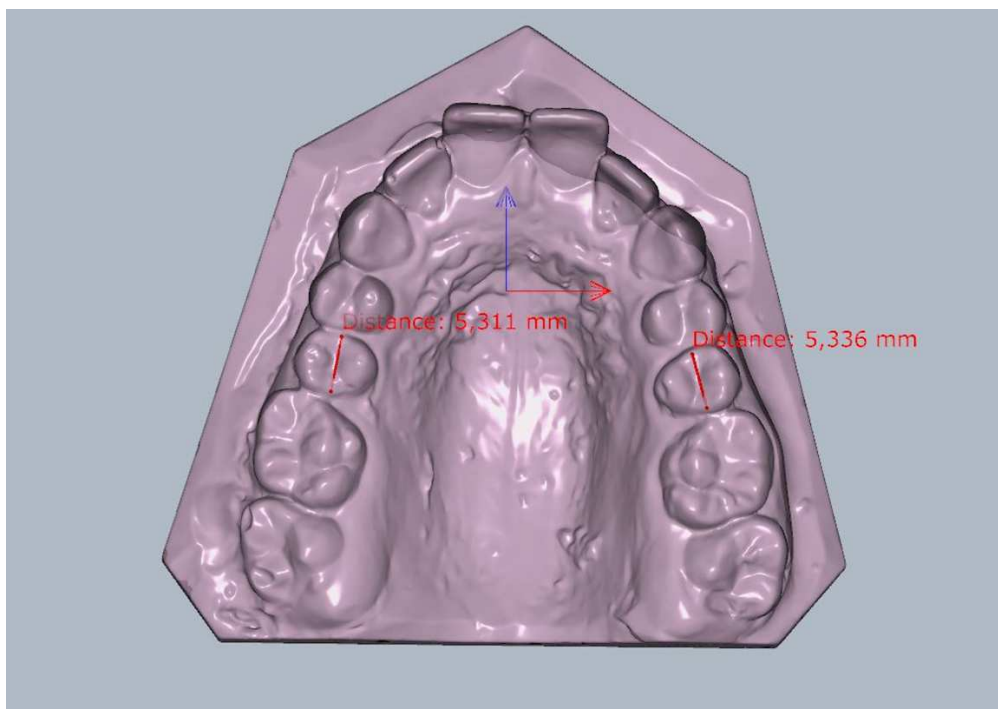


Figure 2 : Patient 1820 – modèle maxillaire avec mesures des P2 sur Exocad (illustration personnelle)

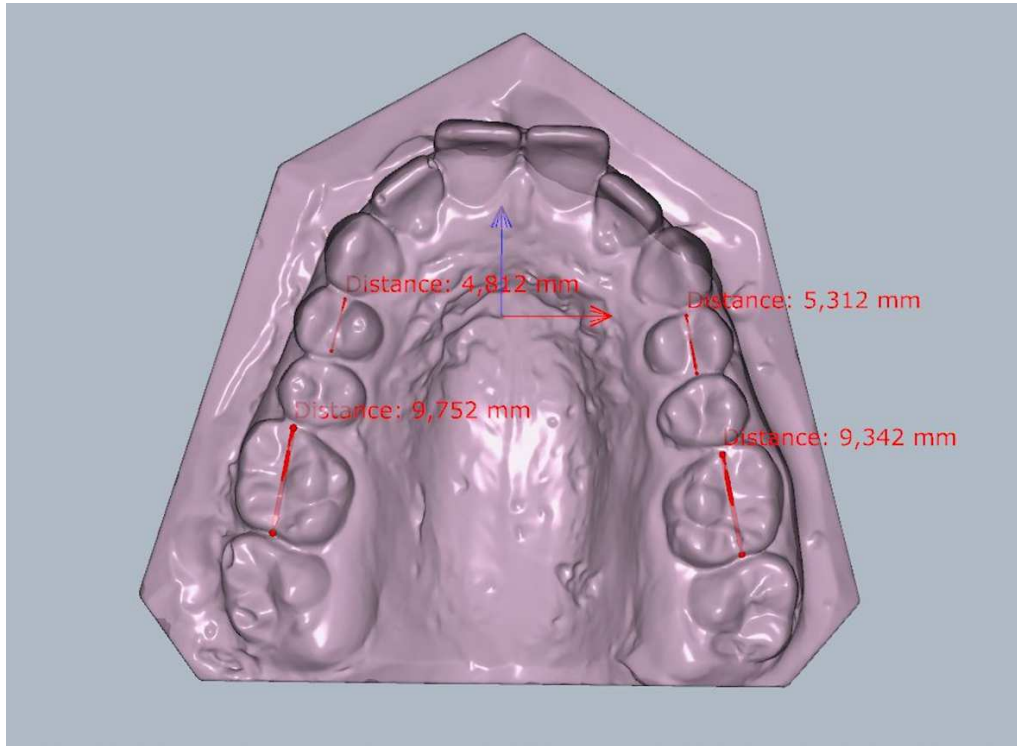


Figure 3 : Patient 1820 – modèle maxillaire avec mesures des P1 et M1 sur Exocad (illustration personnelle)

III) Résultats

1. Présentation de la population

La collection de l'Université du Michigan comprend 37 patients (19 filles et 18 garçons).

Après analyse des modèles d'étude maxillaires et mandibulaires numérisés au format .stl de chaque individu, il a été constaté que certains modèles ne pouvaient être exploités dans notre étude pour diverses raisons :

- Triplet m1/m2/M1 ou P1/P2/M1 incomplets (figure 4) ;
- Eruption incomplète compromettant la mesure du diamètre mésio-distal (figure 4) ;
- Numérisation incomplète de la M2 (figure 5) ;
- Modèle d'étude maxillaire ou mandibulaire inexistant pour une raison inconnue.

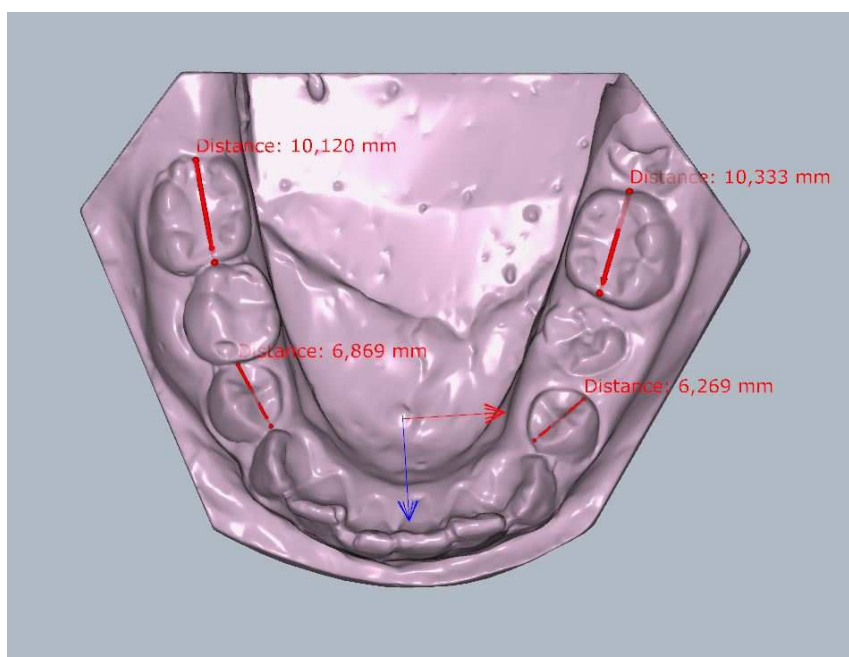


Figure 4 : Exemple de modèle d'étude avec absence de P2 à droite et présence de P2 en cours d'éruption à gauche (illustration personnelle)

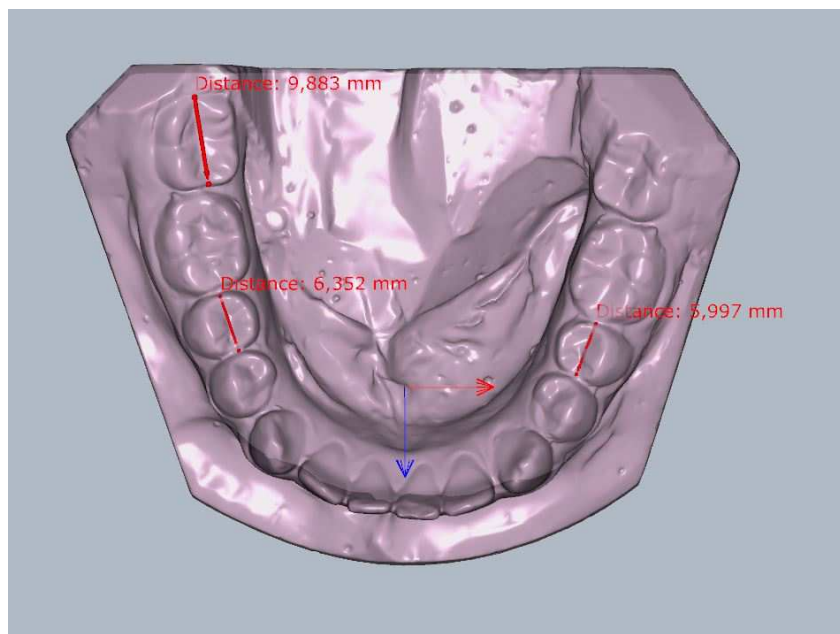


Figure 5 : Exemple de modèle d'étude comportant une M2 non exploitable dans le secteur 3 (illustration personnelle)

Finalement, 10 patients ont été inclus dans l'étude (figure 6).

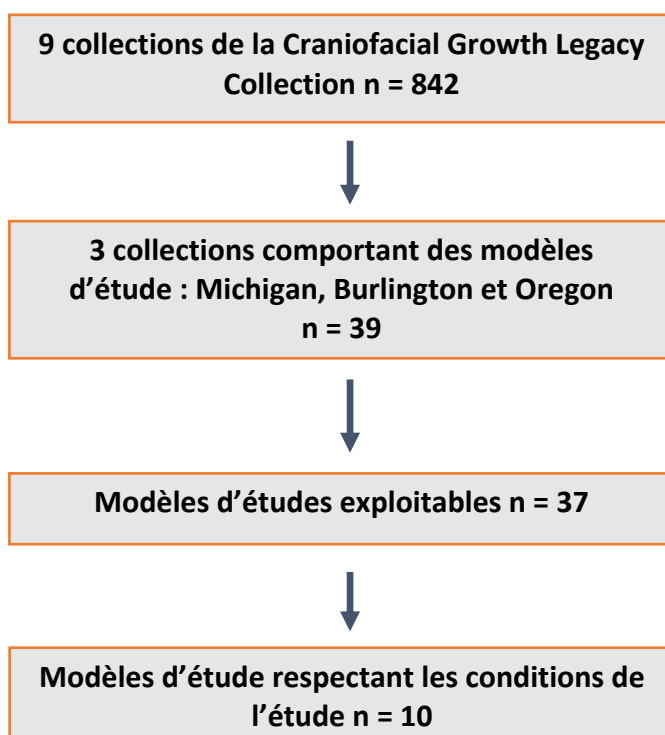


Figure 6 : Organigramme schématique de la sélection des patients

2. Caractérisation de la population

Sur l'échantillon de 10 personnes, 6 sont des hommes soit 60% et 4 sont des femmes soit 40% (figure 7 et tableau 1).

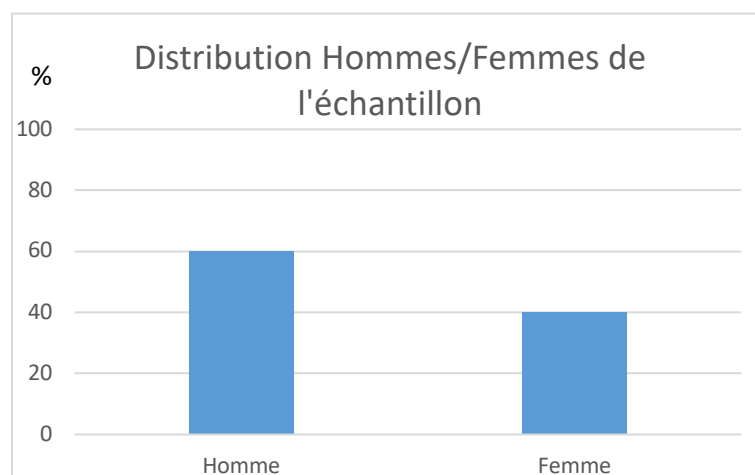


Figure 7 : Histogramme représentant la distribution hommes/femmes dans l'échantillon

Les mesures des dents déciduales maxillaires et mandibulaires ont été réalisées respectivement sur des modèles d'étude enregistrés en moyenne à 7,8 ans et 7,4 ans. Concernant l'âge moyen des patients pour la prise de mesures des dents permanentes, il était de 14,2 ans pour les dents maxillaires et 13,7 ans pour les dents mandibulaires (tableau 1).

Tableau 1 : Liste des patients sélectionnés, leur sexe et leurs âges au moment de l'enregistrement des modèles d'étude (sexe 0 pour homme, 1 pour femme ; ME pour modèle d'étude ; mx pour maxillaire ; md pour mandibulaire ; a pour ans et m pour mois)

N° individu	Sexe	Age du 1^{er} ME mx	Age du 2^{ème} ME mx	Age du 1^{er} ME md	Age du 2^{ème} ME md
2000	0	9a0m	13a0m	6a0m	13a0m
2008	0	7a7m	16a9m	7a7m	16a9m
2099	0	8a5m	14a10m	8a5m	15a6m
2125	1	8a0m	14a10m	7a0m	14a0m
2449	1	8a7m	16a6m	7a7m	13a6m
2781	1	7a0m	14a11m	8a11m	12a11m
2802	0	7a5m	14a0m	7a5m	14a0m
2808	0	7a6m	13a6m	6a7m	12a6m
2811	1	7a7m	14a6m	7a7m	14a4m
2984	0	7a11m	11a11m	7a11m	11a11m

3. Résultats des mesures des diamètres mésio-distaux

Les diamètres mésio-distaux de chaque dent pour les 10 individus de l'étude ont été répertoriés dans un tableau Excel (tableaux 2 à 5 : chiffre en exposant = dent maxillaire, chiffre en indice = dent mandibulaire, D pour droite, G pour gauche).

Tableau 2 : Diamètres mésio-distaux secteur 1

N°individu	Sexe	dMD m ¹ D	dMD m ² D	dMD P ¹ D	dMD P ² D	dMD M ¹ D
2000	0	5,684	8,014	6,668	5,886	9,629
2008	0	6,093	8,077	6,061	6,448	10,418
2099	0	6,145	8,247	6,26	5,9	10,644
2125	1	6,653	8,72	6,84	6,71	9,901
2449	1	6,257	8,803	6,668	5,868	9,991
2781	1	5,374	7,633	5,443	5,643	8,999
2802	0	6,394	8,93	6,459	6,492	9,996
2808	0	5,982	7,633	6,748	6,637	10,139
2811	1	4,973	7,229	5,507	6,218	9,208
2984	0	6,605	8,581	7,035	6,499	10,888

Tableau 3 : Diamètres mésio-distaux secteur 2

N°individu	Sexe	dMD m ¹ G	dMD m ² G	dMD P ¹ G	dMD P ² G	dMD M ¹ G
2000	0	5,946	8,185	6,253	6,14	10,01
2008	0	5,977	7,876	6,038	6,351	10,73
2099	0	6,087	8,536	5,547	5,915	10,403
2125	1	7,19	8,794	7,149	6,767	9,692
2449	1	5,887	8,04	6,729	6,069	9,612
2781	1	5,682	7,539	5,347	5,843	8,794
2802	0	6,475	8,26	6,656	6,644	10,712
2808	0	6,081	8,068	6,873	6,569	10,075
2811	1	5,556	7,8	5,862	5,806	9,215
2984	0	6,971	8,623	6,807	6,126	11,102

Tableau 4 : Diamètres mésio-distaux secteur 3

N°individu	Sexe	dMD m ₁ G	dMD m ₂ G	dMD P ₁ G	dMD P ₂ G	dMD M ₁ G
2000	0	7,183	9,009	5,86	5,997	11,078
2008	0	7,127	9,069	6,737	6,884	10,708
2099	0	7,477	9,853	6,215	6,485	10,82
2125	1	7,475	9,49	6,874	6,626	9,924
2449	1	7,135	9,19	6,59	6,254	10,637
2781	1	6,524	8,69	5,386	5,954	9,361
2802	0	7,459	9,296	6,327	6,27	10,483
2808	0	6,655	8,94	6,508	6,491	10,509
2811	1	6,829	8,815	5,48	6,054	9,311
2984	0	7,208	10,401	6,448	6,822	9,764

Tableau 5 : Diamètres mésio-distaux secteur 4

N°individu	Sexe	dMD m ₁ D	dMD m ₂ D	dMD P ₁ D	dMD P ₂ D	dMD M ₁ D
2000	0	6,972	9,339	6,18	6,352	10,197
2008	0	7,36	8,575	6,443	6,173	10,737
2099	0	7,35	9,826	6,824	6,842	10,439
2125	1	7,537	9,807	6,73	6,993	10,723
2449	1	7,518	9,195	6,844	6,572	10,233
2781	1	7,03	8,571	5,442	5,752	9,609
2802	0	6,994	9,578	6,385	6,723	10,341
2808	0	7,063	9,478	6,422	6,966	11,066
2811	1	6,434	8,682	5,767	5,996	9,607
2984	0	6,778	10,108	6,906	6,527	10,136

Une moyenne des diamètres mésio-distaux a été calculée pour chaque groupe de dents de chaque secteur (tableau 6 et figure 8).

Tableau 6 : Moyennes (Moy) pour chaque groupe de dents par secteur

	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4
Moy m1	6,016	6,185	7,104	7,107
Moy m2	8,187	8,172	9,316	9,275
Moy P1	6,369	6,326	6,394	6,243
Moy P2	6,23	6,223	6,49	6,384
Moy M1	9,981	10,035	10,309	10,26

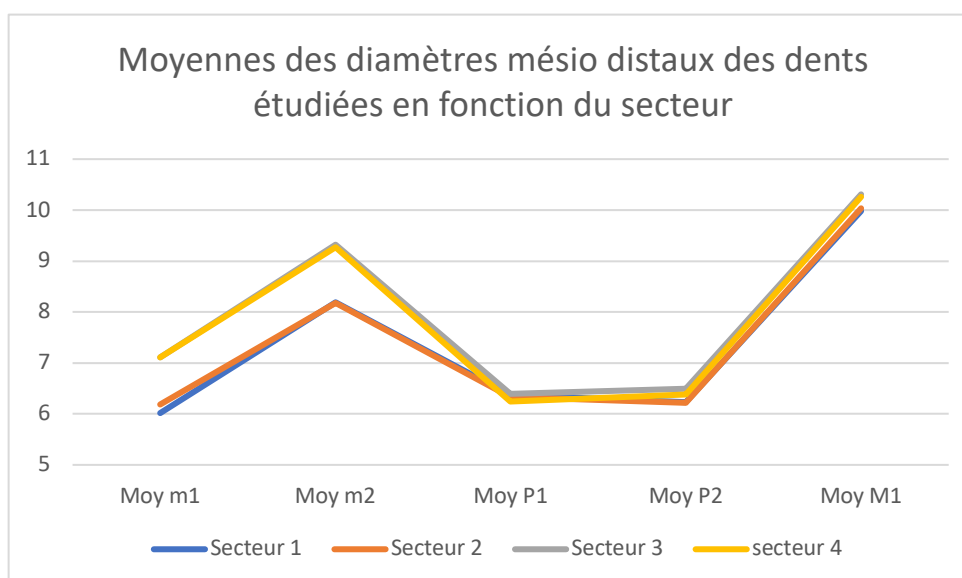


Figure 8 : Graphique des moyennes des diamètres mésio-distaux pour chaque secteur

Les moyennes des diamètres mésio-distaux des molaires déciduales sont plus élevées quel que soit le secteur pour les molaires mandibulaires par rapport aux molaires maxillaires. De plus, les molaires déciduales sont en série ascendante ($m1 < m2$) quelle que soit l'arcade concernée.

Il en est de même pour les dents permanentes à l'exception de P1 dont la moyenne des diamètres mésio-distaux est très légèrement inférieure à la mandibule (-0.12mm). Au maxillaire, la différence entre P1 et P2 est minime (0.03mm). Ainsi, $P1 = P2 < M1$. A la mandibule, $P1 < P2 < M1$.

Il est à noter que l'écart pour les dents permanentes est beaucoup plus faible entre les prémolaires et molaires maxillaires et mandibulaires comparés aux écarts constatés entre les molaires déciduales maxillaires et mandibulaires.

4. Comparaison hommes/femmes

Une comparaison des moyennes des diamètres mésio-distaux de chaque dent entre les hommes et les femmes a été réalisée.

Les diamètres mésio-distaux sont plus grands chez les hommes pour toutes les dents exceptées pour m1 mandibulaire dont le diamètre mésio-distal semble similaire chez les hommes et les femmes :

- m1 : +0,32mm au maxillaire et +0,03mm à la mandibule,
- m2 : +0,20mm au maxillaire et +0,45mm à la mandibule,
- P1 : +0,26mm au maxillaire et +0,30mm à la mandibule,
- P2 : +0,19mm au maxillaire et +0,27mm à la mandibule,
- M1 : +0,97mm au maxillaire et +0,60mm à la mandibule.

5. Test de normalité

Un test de normalité de Shapiro-Wilk a été réalisé. Toutes les données recueillies suivent une distribution normale ($p > 0.05$).

6. Test de Student pour échantillons appariés

Pour comparer les diamètres mésio-distaux droites et gauches d'une même arcade, un test de Student pour échantillons appariés a été réalisé.

Dans le cadre de notre étude, toutes les p-values calculées entre nos valeurs droites et gauches sont supérieures à 0,05 ce qui signifie que nos mesures pour une même dent ne sont statistiquement pas différentes à droite et à gauche.

7. Tests de régression

Le test de régression linéaire nous informe sur l'existence ou non d'un lien réciproque entre la taille des dents.

Avant de réaliser ce test, les diamètres mésio-distaux droite et gauche de chaque dent ont été regroupés étant donné que les tests de Student précédemment réalisés n'ont pas montré de différence significative entre droite et gauche.

Des droites de régression linéaire ont ensuite été réalisées en fonction des triplets choisis. Pour le triplet m1-m2-M1, les ratios m1/M1 et m2/M1 ont été analysés (figures 9 et 11) puis pour le triplet P1-P2-M1 la régression des ratios P1/M1 et P2/M1 a été observée (figures 10 et 12).

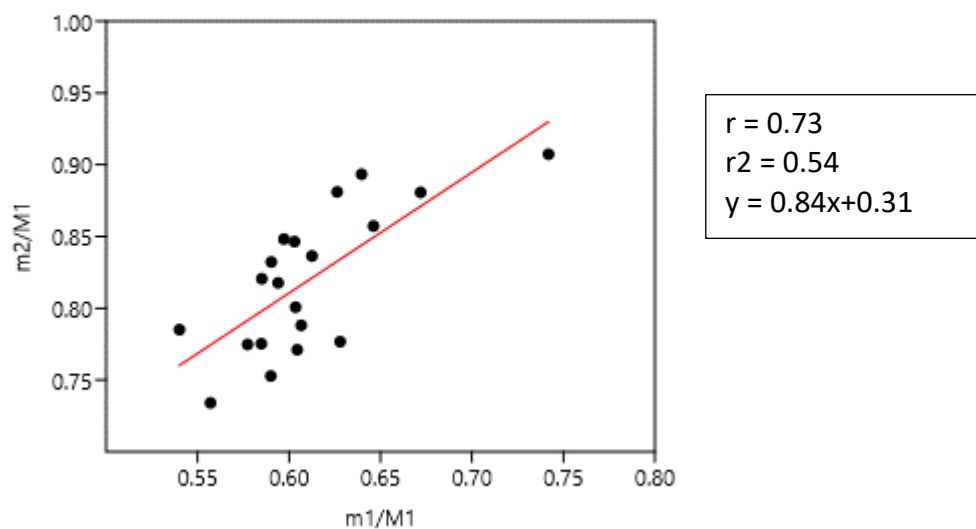


Figure 9 : Droite de régression linéaire de m1/M1 vs m2/M1 au Maxillaire

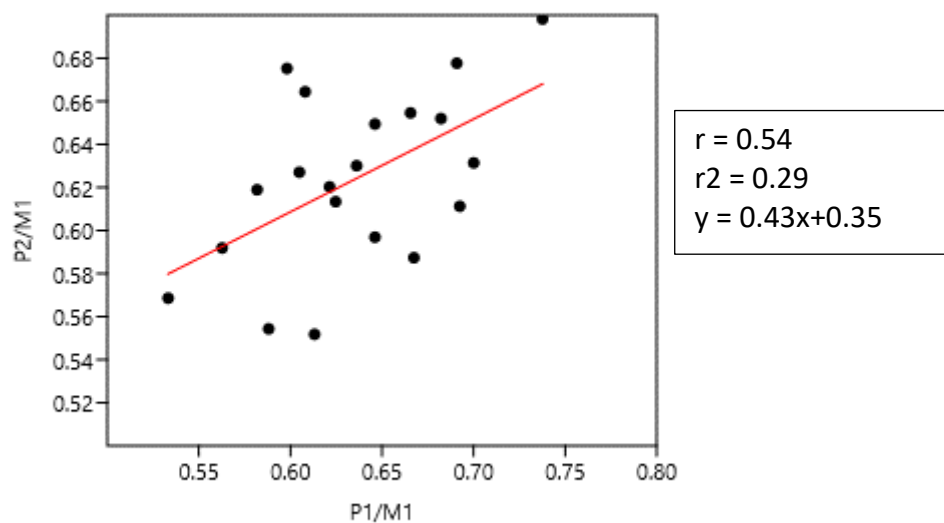


Figure 10 : Droite de régression linéaire de P1/M1 vs P2/M1 au Maxillaire

Le test de régression au maxillaire montre un lien ($r^2=0,54$) entre la taille des dents du triplet m1-m2-M1 (figure 9). Ce lien, par contre apparaît beaucoup moins fort pour les dents du triplet P1-P2-M1.

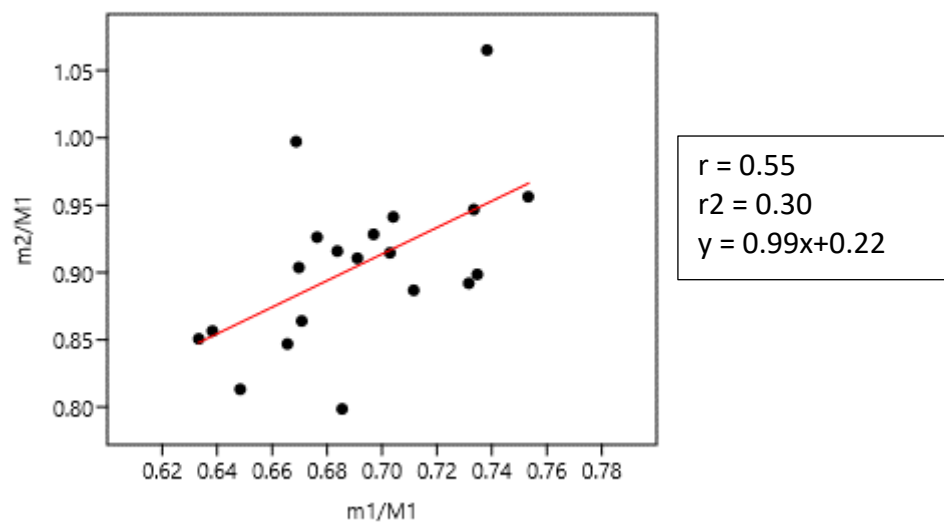


Figure 11 : Droite de régression linéaire de m1/M1 vs m2/M1 à la mandibule

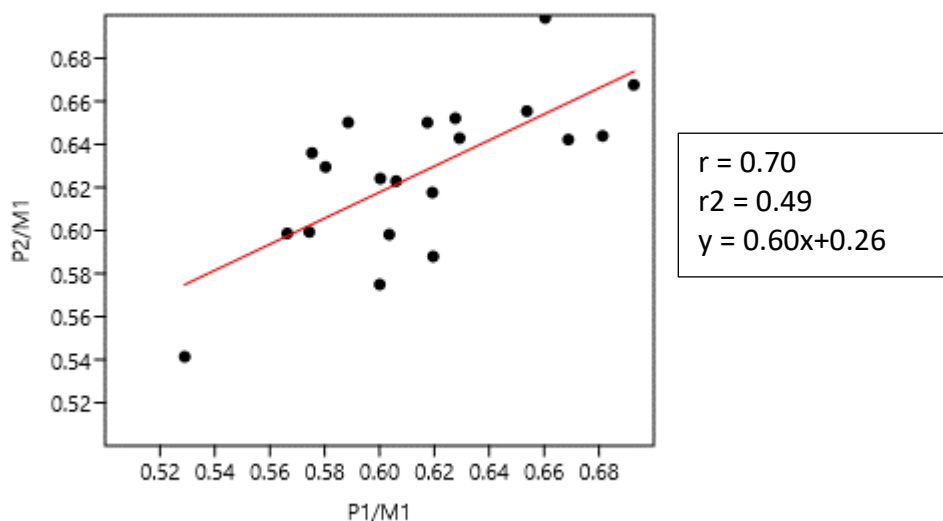


Figure 12 : Droite de régression linéaire de P1/M1 vs P2/M1 à la mandibule

Au contraire, à la mandibule, les résultats montrent l'existence d'un lien entre la taille des dents du triplet P1-P2-M1 tandis que les résultats pour le triplet m1-m2-M1 ne mettent que très peu en évidence un tel lien.

8. Comparaison diamètres MD m2 observés versus diamètres MD m2 attendus

Rappelons que selon Evans et *al.* en 2016, pour vérifier si un triplet suit le modèle de la cascade inhibitrice, il faut que la dent centrale du triplet soit égale à un tiers de la taille totale du triplet (10).

Dans le cadre de notre étude, nous avons testé cette règle avec la particularité de ne prendre en compte que le diamètre mésio-distal des dents.

Cette règle ne peut être testée que si les dents du triplet se suivent chronologiquement dans leur éruption, c'est pourquoi seul le triplet m1-m2-M1 a été testé.

Nous avons donc calculé la taille totale du triplet pour chaque secteur et chaque individu. Puis le diamètre mésio-distal observé a été comparé au diamètre mésio-distal attendu.

Comme Bermudez de Castro et *al.* l'ont fait dans leur étude en 2021, le modèle de l'ICM était vérifié lorsque le pourcentage d'erreur ne dépassait pas 5% (9).

Au maxillaire, 15% des triplets ne respectent pas la règle des tiers et ne suivent donc pas le modèle de la cascade inhibitrice (tableaux 7 et 8).

A la mandibule par contre, 55% des triplets ne vérifient pas l'ICM (tableaux 9 et 10).

Tableau 7 : Données obtenues (en mm) pour le triplet m1-m2-M1 maxillaire droit (en rouge les triplets ne vérifiant pas l'ICM)

n°individu	dMD m ¹ D	dMD m ² D	dMD M ¹ D	Triplets m ¹ m ² M ¹ D	Triplets/3 = m ² attendu	différence attendu vs observé en %
2000	5,684	8,014	9,629	23,327	7,776	2,974
2008	6,093	8,077	10,418	24,588	8,196	-1,473
2099	6,145	8,247	10,644	25,036	8,345	-1,192
2125	6,653	8,72	9,901	25,274	8,425	3,387
2249	5,895	8,226	8,993	23,114	7,705	6,338
2781	5,374	7,633	8,999	22,006	7,335	3,900
2802	6,394	8,93	9,996	25,32	8,440	5,487
2808	5,982	7,633	10,139	23,754	7,918	-3,734
2811	4,973	7,229	9,208	21,41	7,137	1,277
2984	6,605	8,581	10,888	26,074	8,691	-1,286

Tableau 8 : Données obtenues (en mm) pour le triplet m1-m2-M1 maxillaire gauche (en rouge le modèle ne suivant pas l'ICM)

n°individu	dMD m ¹ G	dMD m ² G	dMD M ¹ G	Triplets m ¹ m ² M ¹ G	Triplets/3 = m ² attendu	différence attendu vs observé en %
2000	5,946	8,185	10,01	24,141	8,047	1,686
2008	5,977	7,876	10,73	24,583	8,194	-4,042
2099	6,087	8,536	10,403	25,026	8,342	2,273
2125	7,19	8,794	9,692	25,676	8,559	2,676
2249	5,952	8,63	9,227	23,809	7,936	8,038
2781	5,682	7,539	8,794	22,015	7,338	2,662
2802	6,475	8,26	10,712	25,447	8,482	-2,692
2808	6,081	8,068	10,075	24,224	8,075	-0,083
2811	5,556	7,8	9,215	22,571	7,524	3,543
2984	6,971	8,623	11,102	26,696	8,899	-3,197

Tableau 9 : Données obtenues (en mm) pour le triplet m1-m2-M1 mandibulaire droit (en rouge les modèle ne suivant pas l'ICM)

n°individu	dMD m ₁ D	dMD m ₂ D	dMD M ₁ D	Triplets m ₁ m ₂ M ₁ D	Triplets/3 = m ₂ attendu	différence attendu vs observé en %
2000	6,972	9,339	10,197	26,508	8,836	5,386
2008	7,36	8,575	10,737	26,672	8,891	-3,681
2099	7,35	9,826	10,439	27,615	9,205	6,320
2125	7,537	9,807	10,723	28,067	9,356	4,602
2249	6,84	9,235	9,142	25,217	8,406	8,980
2781	7,03	8,571	9,609	25,21	8,403	1,956
2802	6,994	9,578	10,341	26,913	8,971	6,337
2808	7,063	9,478	11,066	27,607	9,202	2,908
2811	6,434	8,682	9,607	24,723	8,241	5,079
2984	6,778	10,108	10,136	27,022	9,007	10,889

Tableau 10 : Données obtenues (en mm) pour le triplet m1-m2-M1 mandibulaire gauche (en rouge les modèles ne suivant pas l'ICM)

n°individu	dMD m ₁ G	dMD m ₂ G	dMD M ₁ G	Triplets m ₁ m ₂ M ₁ G	Triplets/3 = m ₂ attendu	différence attendu vs observé en %
2000	7,183	9,009	11,078	27,27	9,090	-0,899
2008	7,127	9,069	10,708	26,904	8,968	1,114
2099	7,477	9,853	10,82	28,15	9,383	4,767
2125	7,475	9,49	9,924	26,889	8,963	5,553
2249	7,129	9,127	9,108	25,364	8,455	7,366
2781	6,524	8,69	9,361	24,575	8,192	5,735
2802	7,459	9,296	10,483	27,238	9,079	2,331
2808	6,655	8,94	10,509	26,104	8,701	2,670
2811	6,829	8,815	9,311	24,955	8,318	5,634
2984	7,208	10,401	9,764	27,373	9,124	12,274

9. Répartition des quintuplés et triplets observés dans l'étude

Une analyse des combinaisons de quintuplés (figure 13) et de triplets (figure 14) observés dans l'étude a été réalisée.

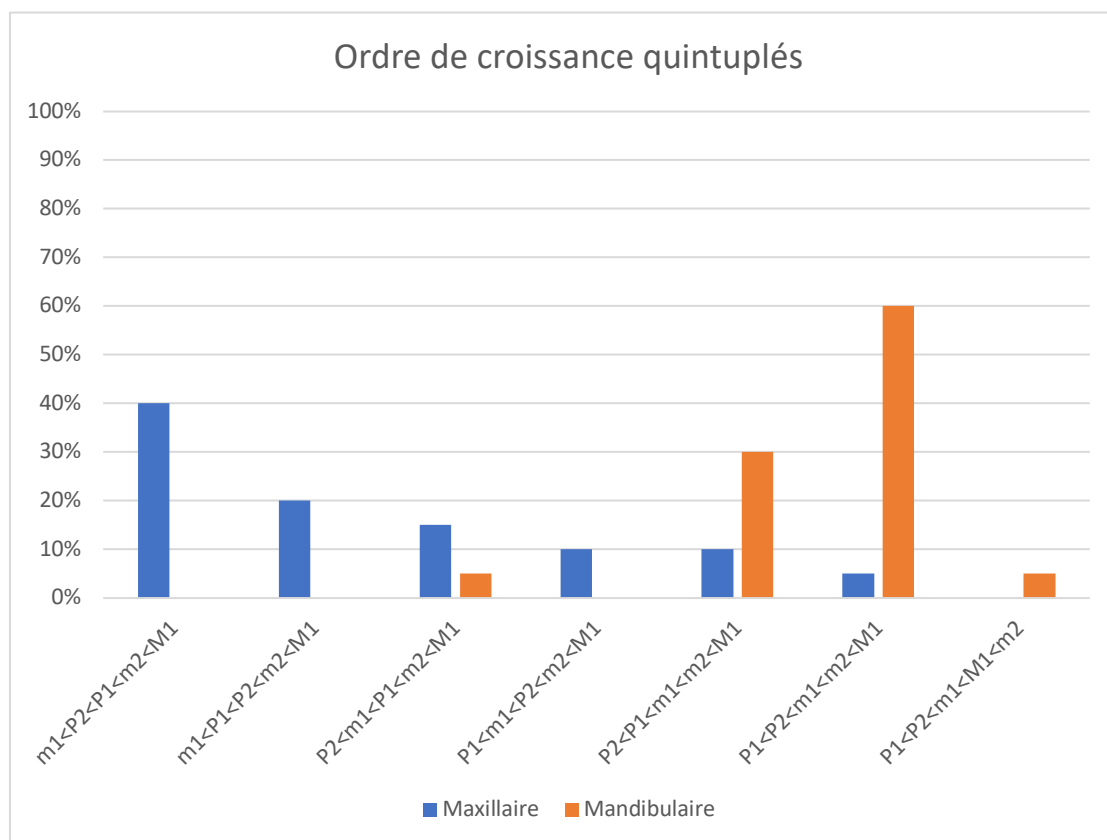


Figure 13 : Diagramme de répartition des différents quintuplés observés au maxillaire et à la mandibule

A l'échelle des quintuplés, les résultats montrent une grande variété de possibilité quant à l'ordre de croissance de ceux-ci. Un modèle prédomine tout de même au maxillaire : m1<P2<P1<m2<M1 et à la mandibule : P1<P2<m1<m2<M1.

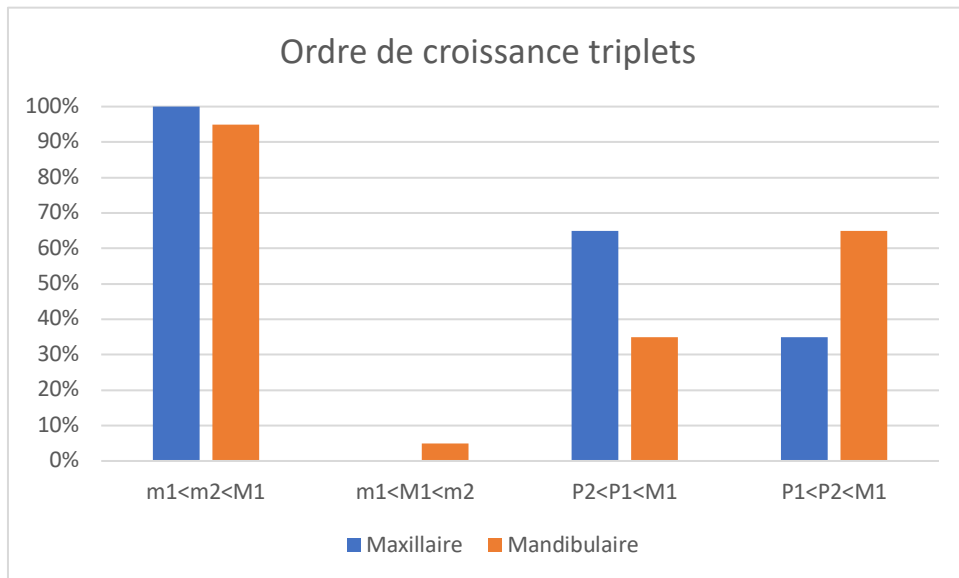


Figure 14 : Diagramme de répartition des différents triplets observés au maxillaire et à la mandibule

A l'échelle des triplets, au maxillaire et à la mandibule l'ordre de croissance $m1 < m2 < M1$ est principalement retrouvé (seul un individu sur 10 ne répondait pas à cet ordre).

Concernant le triplet $P1-P2-M1$, l'ordre $P2 < P1 < M1$ prédomine au maxillaire tandis que $P1 < P2 < M1$ prédomine à la mandibule.

IV) Discussion

L'analyse des moyennes des diamètres mésio-distaux par groupe de dents a montré un gradient de taille $m1 < m2 < M1$ quelle que soit l'arcade considérée. Ce résultat semble vérifier le modèle de l'ICM énoncé par Kavanagh et *al.* et vérifié par Evans et *al.* (10)(8). Cette méthode de calcul présente l'avantage d'être rapide et simple à réaliser. Néanmoins, il est assez difficile d'objectiver le grand axe de la dent selon la gouttière masticatrice de manière reproductible pour toutes les dents étudiées et selon l'opérateur. Il serait donc nécessaire à l'avenir de réaliser les mesures plusieurs fois et par plusieurs observateurs pour limiter le risque d'erreur.

L'échantillon ne comportant que 4 femmes et 6 hommes, il est difficile d'objectiver une différence significative entre ces deux groupes. Il est tout de même intéressant d'observer que les hommes semblent avoir des molaires déciduales et permanentes plus grandes que les femmes.

Le test de régression linéaire met en évidence un lien entre les diamètres mésio-distaux de $m1$, $m2$ et $M1$ pour les dents maxillaires ($r^2=0,54$). Le lien apparaît plus faible pour les molaires mandibulaires ($r^2=0,30$). Ainsi, la distinction entre les molaires maxillaires et mandibulaires est un élément important à considérer comme le soulignent Boughner et *al.* (18). Une augmentation de l'échantillon permettrait aussi de minimiser l'impact d'individus « hors normes » comme ici l'individu 2984 qui présente un gradient de taille des molaires à la marge des autres individus et qui tend aussi à diminuer le coefficient de détermination de la régression linéaire. D'autre part, un modèle linéaire simple ne semble pas suffisant pour expliquer le gradient de taille des molaires. L'intervention de paramètres autres que le modèle ICM au sein de la lame dentaire et du germe dentaire (orientation et forme des cellules (21) ; migration, arrangement et organisation des cellules, expression des gènes *Msx1* et *Bmp4* (22)) paraît plus que probable. Un modèle de régression linéaire multiple semblerait ainsi plus approprié. Enfin, ces résultats restent à être confirmés en prenant en compte le diamètre vestibulo-lingual permettant l'étude des « surfaces » des molaires maxillaires et mandibulaires.

Concernant les tests de régression du triplet P1-P2-M1, les résultats ne montrent pas l'existence d'un lien entre la taille des prémolaires et de M1 au maxillaire ($r^2=0,29$) contrairement à la mandibule ($r^2=0,49$). Comme pour les résultats du triplet m1-m2-M1, ceux-ci sont différents au maxillaire et à la mandibule et ne semblent pas être expliqués par un seul paramètre.

L'analyse des diamètres totaux des triplets et la comparaison du diamètre mésio-distal de m2 attendu et observé montrent que 85% des triplets maxillaires suivent le modèle de la cascade inhibitrice tandis qu'à la mandibule seuls 45% des triplets suivent le modèle. Ces résultats confirment ceux précédemment obtenus par les tests de régression et vont dans le même sens que ceux de Bermudez de Castro et *al.* (9).

D'autre part, un seul ordre de croissance prédomine dans le triplet comprenant les molaires déciduales : $m1 < m2 < M1$. Ces résultats confirment ceux précédemment obtenus par Evans et *al.* (10).

L'analyse des données concernant le triplet P1-P2-M1 montre une prédominance des prémolaires maxillaires en série descendante tandis que pour les prémolaires mandibulaires, la majorité est en série ascendante.

Enfin, le biais principal de cette étude réside dans la taille de l'échantillon. En effet, après sélection des patients répondant aux critères d'inclusion, seuls 10 patients sur 37 ont pu être retenus. Cette faible taille de l'échantillon s'explique par la rareté des données permettant de suivre une population d'enfants longitudinalement et sur une aussi longue période (en moyenne de 6 à 16 ans). D'autre part, la plupart des études précédentes ont porté sur l'étude du triplet M1-M2-M3 ; or notre échantillon ne nous a pas permis d'observer les M2 et M3 (M2 la plupart du temps tronquée car partiellement numérisée et M3 absente de l'arcade car n'ayant pas fait son éruption à 16 ans).

Nous avons aussi choisi d'étudier l'existence d'un rapport entre les diamètres mésio-distaux des molaires maxillaires et mandibulaires sachant que le développement chronologique des molaires humaines se fait selon une direction antéro-postérieure or nos résultats ne nous permettent pas d'être comparé totalement aux données de la littérature puisque celles-ci utilisent des données « surfaces » (diamètres mésio-distaux x diamètres vestibulo-lingaux).

Nos résultats discutés ci-dessus ne sont donc pas significativement exploitables mais permettent plutôt de dégager des tendances, pistes pour développer de futurs travaux.

V) Conclusion

Notre étude confirme que le modèle de la cascade inhibitrice n'explique pas complètement la variation et le gradient de taille des molaires déciduales et permanentes chez *Homo sapiens* comme le soulignent également Boughner et al. et Bermudez de Castro et al. (9) (18). L'intervention d'autres paramètres que le modèle d'activation/d'inhibition semblerait expliquer les écarts entre nos résultats et les prédictions du modèle ICM.

Pour cela, il serait intéressant d'exploiter les nombreux modèles d'étude dont dispose le département d'ODF.

De plus, l'enrichissement de nos données par la mesure des diamètres vestibulo-linguaux permettrait ainsi de calculer la « surface » et de comparer nos résultats à ceux de la littérature.

Enfin, les données « surfaces » ne sont que très approximatives. Il serait intéressant de tester le modèle ICM ou de développer un nouveau modèle en utilisant des données de volume coronaire, données que nous obtiendrions à l'aide d'un logiciel de segmentation permettant d'isoler la couronne des molaires et ainsi calculer leur volume à partir d'images CBCT.

TABLE DES FIGURES

<i>Figure 1</i> : Patient 1820 – modèle maxillaire avec mesures des molaires décidentales sur Exocad (illustration personnelle).....	15
<i>Figure 2</i> : Patient 1820 – modèle maxillaire avec mesures des P2 sur Exocad (illustration personnelle).....	15
<i>Figure 3</i> : Patient 1820 – modèle maxillaire avec mesures des P1 et M1 sur Exocad (illustration personnelle).....	16
<i>Figure 4</i> : Exemple de modèle d'étude avec absence de P2 à droite et présence de P2 en cours d'éruption à gauche (illustration personnelle).....	17
<i>Figure 5</i> : Exemple de modèle d'étude comportant une M2 non exploitable dans le secteur 3 (illustration personnelle).....	18
<i>Figure 6</i> : Organigramme schématique de la sélection des patients.....	18
<i>Figure 7</i> : Histogramme représentant la distribution hommes/femmes dans l'échantillon.....	19
<i>Figure 8</i> : Graphique des moyennes des diamètres mésio-distaux pour chaque secteur.....	23
<i>Figure 9</i> : Droite de régression linéaire de $m1/M1$ vs $m2/M1$ au Maxillaire.....	25
<i>Figure 10</i> : Droite de régression linéaire de $P1/M1$ vs $P2/M1$ au Maxillaire.....	26
<i>Figure 11</i> : Droite de régression linéaire de $m1/M1$ vs $m2/M1$ à la mandibule....	26
<i>Figure 12</i> : Droite de régression linéaire de $P1/M1$ vs $P2/M1$ à la mandibule.....	27
<i>Figure 13</i> : Diagramme de répartition des différents quintuplés observés au maxillaire et à la mandibule.....	29
<i>Figure 14</i> : Diagramme de répartition des différents triplets observés au maxillaire et à la mandibule.....	30

TABLE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1</i> : Liste des patients sélectionnés, leur sexe et leurs âges au moment de l'enregistrement des modèles d'étude (sexe 0 pour homme, 1 pour femme ; ME pour modèle d'étude ; mx pour maxillaire ; md pour mandibulaire ; a pour ans et m pour mois).....	20
<i>Tableau 2</i> : Diamètres mésio-distaux secteur 1.....	21
<i>Tableau 3</i> : Diamètres mésio-distaux secteur 2.....	21
<i>Tableau 4</i> : Diamètres mésio-distaux secteur 3.....	22
<i>Tableau 5</i> : Diamètres mésio-distaux secteur 4.....	22
<i>Tableau 6</i> : Moyennes (Moy) pour chaque groupe de dents par secteur.....	23
<i>Tableau 7</i> : Données obtenues (en mm) pour le triplet m1-m2-M1 maxillaire droit (en rouge les triplets ne vérifiant pas l'ICM).....	28
<i>Tableau 8</i> : Données obtenues (en mm) pour le triplet m1-m2-M1 maxillaire gauche (en rouge le modèle ne suivant pas l'ICM).....	28
<i>Tableau 9</i> : Données obtenues (en mm) pour le triplet m1-m2-M1 mandibulaire droit (en rouge les modèle ne suivant pas l'ICM).....	28
<i>Tableau 10</i> : Données obtenues (en mm) pour le triplet m1-m2-M1 maandibulaire gauche (en rouge les modèles ne suivant pas l'ICM).....	29

VII) Références bibliographiques

1. Brace CL. Environment, tooth form, and size in the Pleistocene. *J Dent Res.* 1967;46(5):809-16.
2. Smith BH. Dental development and the evolution of life history in Hominidae. *Am J Phys Anthropol.* 1991;86(2):157-74.
3. Bermúdez de Castro JM, Nicolas ME. Posterior dental size reduction in hominids: the Atapuerca evidence. *Am J Phys Anthropol.* avr 1995;96(4):335-56.
4. Boughner JC, Dean MC. Does space in the jaw influence the timing of molar crown initiation? A model using baboons (*Papio anubis*) and great apes (*Pan troglodytes*, *Pan paniscus*). *J Hum Evol.* mars 2004;46(3):255-77.
5. Macchiarelli R, Bondioli L, Debénath A, Mazurier A, Tournepiche JF, Birch W, et al. How Neanderthal molar teeth grew. *Nature.* 7 déc 2006;444(7120):748-51.
6. Butler PM. Studies of the Mammalian Dentition.–Differentiation of the Post-canine Dentition. *Proc Zool Soc Lond.* 1939;B109(1):1-36.
7. Dahlberg AA. The Changing Dentition of Man. *J Am Dent Assoc.* 1 juin 1945;32(11):676-90.
8. Kavanagh KD, Evans AR, Jernvall J. Predicting evolutionary patterns of mammalian teeth from development. *Nature.* 27 sept 2007;449(7161):427-32.
9. Bermúdez de Castro JM, Modesto-Mata M, García-Campos C, Sarmiento S, Martín-Francés L, Martínez de Pinillos M, et al. Testing the inhibitory cascade model in a recent human sample. *J Anat.* nov 2021;239(5):1170-81.
10. Evans AR, Daly ES, Catlett KK, Paul KS, King SJ, Skinner MM, et al. A simple rule governs the evolution and development of hominin tooth size. *Nature.* 25 févr 2016;530(7591):477-80.
11. Carter KE, Worthington S. The evolution of anthropoid molar proportions. *BMC Evol Biol.* 20 mai 2016;16(1):110.
12. Roseman CC, Delezene LK. The Inhibitory Cascade Model is Not a Good Predictor of Molar Size Covariation. *Evol Biol.* 1 sept 2019;46(3):229-38.
13. Polly PD. Evolutionary biology: development with a bite. *Nature.* 27 sept 2007;449(7161):413-5.
14. Renvoisé E, Evans AR, Jebrane A, Labruère C, Laffont R, Montuire S. Evolution of mammal tooth patterns: new insights from a developmental prediction model. *Evol Int J Org Evol.* mai 2009;63(5):1327-40.
15. Bernal V, Gonzalez PN, Perez SI. Developmental Processes, Evolvability, and Dental Diversification of New World Monkeys. *Evol Biol.* 1 déc 2013;40(4):532-41.
16. Halliday TJD, Goswami A. Testing the inhibitory cascade model in Mesozoic and Cenozoic mammaliaforms. *BMC Evol Biol.* 8 avr 2013;13:79.

17. Schroer K, Wood B. Modeling the dental development of fossil hominins through the inhibitory cascade. *J Anat.* févr 2015;226(2):150-62.
18. Boughner JC, Marchiori DF, Packota GV. Unexpected variation of human molar size patterns. *J Hum Evol.* déc 2021;161:103072.
19. Al-Jewair T, Stellrecht E, Lewandowski L, Chakaki R. American Association of Orthodontists Foundation Craniofacial Growth Legacy Collection in the orthodontic literature-use and trends: A systematic review. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* janv 2018;153(1):15-25.e10.
20. Sherwood RJ, Oh HS, Valiathan M, McNulty KP, Duren DL, Knigge RP, et al. Bayesian approach to longitudinal craniofacial growth: The Craniofacial Growth Consortium Study. *Anat Rec Hoboken NJ* 2007. mai 2021;304(5):991-1019.
21. Sánchez N, González-Ramírez MC, Contreras EG, Ubilla A, Li J, Valencia A, et al. Balance Between Tooth Size and Tooth Number Is Controlled by Hyaluronan. *Front Physiol.* 2020;11:996.
22. Mammoto T, Mammoto A, Jiang A, Jiang E, Hashmi B, Ingber DE. Mesenchymal condensation-dependent accumulation of collagen VI stabilizes organ-specific cell fates during embryonic tooth formation. *Dev Dyn Off Publ Am Assoc Anat.* juin 2015;244(6):713-23.

ANNEXES

Tableau maxillaire des modèles pré-sélectionnés dans la collection Michigan

	m1mx	m2mx	Pm1mx	Pm2mx	M1mx	M2mx
1820	9a2m	9a2m	17a7m	17a7m	17a7m	17a7m
1872	8a1m	8a1m	16a8m	16a8m	16a8m	16a8m
1890			16a9m	16a9m	16a9m	16a9m
1930			17a1m	17a1m	17a1m	17a1m
2000	9a0m	9a0m	13a0m	13a0m	13a0m	13a0m
2002	9a1m	9a1m	16a0m	16a0m	16a0m	
2008	7a7m	7a7m	16a9m	16a9m	16a9m	16a9m
2099	8a5m	8a5m	14a10m	14a10m	14a10m	
2101	7a0m	7a0m	15a11m	15a11m	15a11m	15a11m
2105		10a0m	13a3m	13a3m	13a3m	
2125	8a0m	8a0m	14a10m	14a10m	14a10m	
2188	6a7m	6a7m			11a6m	
2249	7a0m	7a0m			10a0m	
2368	8a7m	8a7m	12a6m	12a6m	12a6m	
2411	8a7m	8a7m	17a6m	17a6m	17a6m	17a6m
2449	8a7m	8a7m	16a6m	16a6m	16a6m	16a6m
2550	8a6m	8a6m	11a10m	11a10m	11a10m	
2554	8a0m	8a0m	10a0m		10a0m	
2558	8a0m	8a0m			10a11m	
2585	7a0m	7a0m			9a0m	
2726	8a0m	8a0m	14a1m		14a1m	
2761	7a7m	7a7m			9a6m	
2777	7a0m	7a0m	10a11m		10a11m	
2781	7a0m	7a0m	14a11m	14a11m	14a11m	
2802	7a5m	7a5m	14a0m	14a0m	14a0m	
2808	7a6m	7a6m	13a6m	13a6m	13a6m	13a6m
2811	7a7m	7a7m	14a6m	14a6m	14a6m	14a6m
2967	8a0m	8a0m	17a1m	17a1m	17a1m	17a1m
2978	7a11m	7a11m			11a4m	
2980	6a6m	6a6m	10a6m	10a6m	10a6m	
2981	7a6m	7a6m	11a6m	11a6m	11a6m	
2983	8a6m	8a6m	11a7m	11a7m	11a7m	
2984	7a11m	7a11m	11a11m	11a11m	11a11m	
3102	8a11m	8a11m			12a1m	
3235	8a11m	8a11m			9a11m	
3250	7a11m	7a11m	10a11m	10a11m	10a11m	
3252	7a6m	7a6m	12a6m	12a6m	12a6m	

Tableau mandibulaire des modèles sélectionnés en fonction des patients

	m1md	m2md	PM1md	PM2md	M1md	M2md
1820	9a2m	9a2m	16a7m		16a7m	16a7m
1872	7a0m	7a0m	16a8m	16a8m	16a8m	16a8m
1890			16a9m	16a9m	16a9m	16a9m
1930			17a1m	17a1m	17a1m	17a1m
2000	6a0m	6a0m	13a0m	13a0m	13a0m	13a0m
2002	8a1m	8a1m	15a0m	15a0m	15a0m	
2008	7a7m	7a7m	16a9m	16a9m	16a9m	16a9m
2099	8a5m	8a5m	15a6m	15a6m	15a6m	15a6m
2101	7a0m	7a0m	13a0m	13a0m	13a0m	13a0m
2105		10a0m	13a3m	13a3m	13a3m	13a3m
2125	7a0m	7a0m	14a0m	14a0m	14a0m	14a0m
2188	6a7m	6a7m			11a6m	
2249	6a1m	6a1m			9a0m	
2368	5a7m	5a7m	12a6m		12a6m	
2411	6a6m	6a6m	16a6m	16a6m	16a6m	
2449	7a7m	7a7m	7a7m	13a6m	13a6m	13a6m
2550	6a6m	6a6m			9a6m	
2554	6a0m	6a0m			10a0m	
2558	8a0m	8a0m			9a11m	
2585	6a0m	6a0m			9a0m	
2726	6a0m	6a0m	14a1m		14a1m	
2761	5a8m	5a8m			9a6m	
2777	7a0m	7a0m			10a11m	
2781	8a11m	8a11m	12a11m	12a11m	12a11m	
2802	7a5m	7a5m	14a0m	14a0m	14a0m	14a0m
2808	6a7m	6a7m	12a6m	12a6m	12a6m	12a6m
2811	7a7m	7a7m	7a7m	14a4m	14a4m	14a4m
2967	9a0m	9a0m	17a1m	17a1m	17a1m	17a1m
2978	6a11m	6a11m			11a4m	
2980	6a6m	6a6m	10a6m	10a6m	10a6m	
2981	6a6m	6a6m	11a6m		11a6m	
2983	8a6m	8a6m	11a7m	11a7m	11a7m	
2984	7a11m	7a11m	11a11m	11a11m	11a11m	
3102	6a11m	6a11m			12a1m	
3235	6a11m	6a11m			9a11m	
3250	6a11m	6a11m	10a11m	10a11m	10a11m	
3252	6a6m	6a6m	12a6m	12a6m	12a6m	

Thèse d'exercice : Chir. Dent. : Lille : Année 2023

Application du modèle de la cascade inhibitrice sur une population d'enfants suivis longitudinalement / **Pauline Descamps**. - p. (42) : ill. (14) ; réf. (22)

Domaines : Statistiques

Mots clés MeSH : étude, collecte statistique

Résumé de la thèse en français

Le modèle de la cascade inhibitrice (ICM) basé sur l'intervention de morphogènes qui sont des molécules de signalisation dont la concentration ferait varier la taille des dents en fonction de l'expression des gènes, propose que $m1 < m2 < M1 > M2 > M3$ chez *Homo sapiens*.

L'objectif de notre étude est de tester l'ICM sur une population d'enfants suivis longitudinalement.

Nos résultats remettent en question l'ICM et suggèrent l'intervention d'autres paramètres.

Toutefois, l'étude présentée demande à être approfondie par une analyse de la taille des molaires sur un plus grand échantillon.

JURY :

Président : Monsieur le Professeur Thomas Colard

Assesseurs : Madame le Docteur Amélie de Broucker

Madame le Docteur Cécile Olejnik

Madame le Docteur Mathilde Savignat

Adresse de l'auteur :