archive ouverte UNIGE

http://archive-ouverte.unige.ch

Thesis

Analyse histo-morphométrique des vaisseau sanguin du ligament parodontal bovin

VAGLIO, Giovanna

Abstract

Des tests biomécaniques sur le ligament parodontal du boeuf font l'objet d'études collaboratives entre la division de prothèse fixe (SMD-UniGE) et le laboratoire de mécanique appliquée (EPFL). Les dents bovines avaient été sélectionnées comme modèle expérimental grâce à leur taille et leur disponibilité. Jusqu'à l'heure actuelle, il n'y avait que peu de littérature portant sur la structure du desmodonte bovin. D'où le but de cette étude qui était de caractériser certains aspects de l'anatomie et de l'histologie parodontale des premières molaires permanentes bovines, pouvant influencer le comportement mécanique. Une technique histologique classique (microscope optique) associée à un système informatique spécifique nous a permis de mesurer, non seulement la largeur du ligament parodontal bovin, mais aussi la densité (surface des vaisseaux / surface du ligament) et la densité numérique (nombre de vaisseaux / surface du ligament) des vaisseaux sanguins présents, ainsi que leur diamètre. Les mesures ont été effectuées à partir de coupes histologiques non décalcifiées de quatre dents (provenant de 2 animaux âgés de 2 ans), à 4 différents niveaux de profondeur et à 6 [...]

Reference

VAGLIO, Giovanna. *Analyse histo-morphométrique des vaisseau sanguin du ligament parodontal bovin*. Thèse de doctorat : Univ. Genève, 2008, no. Méd. dent. 669

Available at: http://archive-ouverte.unige.ch/unige:692

Disclaimer: layout of this document may differ from the published version.





UNIVERSITE DE GENEVE

FACULTE DE MEDECINE

Section de Médecine dentaire Département de Prothèse dentaire Division de Prothèse Conjointe et d'Occlusodontie

Thèse effectuée sous la direction du Docteur Anselm WISKOTT, Privat-docent

ANALYSE HISTO-MORPHOMETRIQUE DES VAISSEAUX SANGUINS DU LIGAMENT PARODONTAL BOVIN

Thèse

Présentée à la Faculté de Médecine de l'Université de Genève pour obtenir le grade de Docteur en Médecine dentaire

par

Giovanna VAGLIO

de

Bellinzona, Tessin

Thèse N°669

Genève

2008



DOCTORAT EN MEDECINE DENTAIRE

Thèse de :

Madame Giovanna VAGLIO

Originaire de Bellinzona (TI)

Intitulée :

ANALYSE HISTO-MORPHOMETRIQUE DES VAISSEAUX SANGUINS DU LIGAMENT PARODONTAL BOVIN

La Faculté de médecine, sur le préavis de Monsieur Urs BELSER, professeur ordinaire à la Section de médecine dentaire et de Monsieur Anselm WISKOTT, privat-docent à la Section de médecine dentaire, autorise l'impression de la présente thèse, sans prétendre par là émettre d'opinion sur les propositions qui y sont énoncées.

Genève, le 31 octobre 2008

Thèse nº 669

Jean Louis CARPENTIER

Doyen

N.B. thèse La doit porter la déclaration précédente et remplir les conditions énumérées dans les "Informations relatives à la présentation thèses des de doctorat à l'Université de Genève".

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont aidée, directement ou indirectement, à élaborer ce travail et particulièrement :

Le Professeur Urs Belser, qui m'a donné la possibilité d'effectuer ce travail de thèse au sein de sa division de Prothèse fixe et Occlusodontie.

Mon directeur de thèse, le Dr Anselm Wiskott pour ses précieux conseils et sa grande disponibilité.

Les membres du « Groupe PDL » : Prof. Urs Belser, Prof. John Botsis, Dr Anselm Wiskott, Dr Dieter Bosshardt, Dr Tatsuya Shibata, Dr Aïssa Mellal et le Dr Marzio Bergomi pour les conseils, le soutien et la sympathie.

L'équipe de la Section de Prothèse fixe de l'Université de Genève : Léo, Marc-Emmanuel, Serge, Pierre, Francesca, Giovanni, Linda, Osvaldo, Maria-José, Alex, Maria, Ana, Erik (e lo straniero : Stefano Ardu) pour la bonne ambiance et les coups de main.

Mme Véronique Zihlmann et Mme Huguette Hernoux pour leur précieux aide administratif.

Un grazie speciale al Dott. Marzio Bergomi per la sua competenza, la sua pazienza, il suo indispensabile aiuto e la sua amicizia.

Voglio infine ringraziare di cuore i miei genitori ai quali dedico questo lavoro.

Résumé

Des tests biomécaniques sur le ligament parodontal du boeuf font l'objet d'études collaboratives entre la division de prothèse fixe (SMD-UniGE) et le laboratoire de mécanique appliquée (EPFL). Les dents bovines avaient été sélectionnées comme modèle expérimental grâce à leur taille et leur disponibilité. Jusqu'à l'heure actuelle, il n'y avait que peu de littérature portant sur la structure du desmodonte bovin. D'où le but de cette étude qui était de caractériser certains aspects de l'anatomie et de l'histologie parodontale des premières molaires permanentes bovines, pouvant influencer le comportement mécanique.

Une technique histologique classique (microscope optique) associée à un système informatique spécifique nous a permis de mesurer, non seulement la largeur du ligament parodontal bovin, mais aussi la densité (surface des vaisseaux / surface du ligament) et la densité numérique (nombre de vaisseaux / surface du ligament) des vaisseaux sanguins présents, ainsi que leur diamètre.

Les mesures ont été effectuées à partir de coupes histologiques non décalcifiées de quatre dents (provenant de 2 animaux âgés de 2 ans), à 4 différents niveaux de profondeur et à 6 localisations circonférentielles différentes des racines mésiales et distales.

La largeur du ligament parodontal était 2 à 3 fois plus importante chez les dents bovines que chez les dents humaines. D'importantes variations interindividuelles et interrégionales ont été mises en évidence en ce qui concernait la densité, la densité numérique et la largeur du ligament parodontal. Cette recherche a aussi montré que la région mésio-vestibulaire des racines distales était la plus indiquée pour les prélèvements d'échantillons destinés aux tests biomécaniques, contrairement à la région apicale. L'essentiel de ces résultats a fait l'objet d'une publication dans le « Journal of Anatomy » (Bosshardt, D. D., Bergomi, M., Vaglio, G., Wiskott, A. (2008). "Regional structural

characteristics of bovine periodontal ligament samples and their suitability for biomechanical." <u>J Anat</u> **212**(3): 319-29).

Table des matières

Remerciements i					
Résumé ii					
Table des matières iv					
1.	Intro	oduction1			
1.1.	Con	texte1			
1.2.	Obje	ectifs3			
2.	Rev	ue des connaissances4			
2.1.	Les	dents des mammifères herbivores4			
2.2.	Den	ture bovine5			
2.3.	Gér	éralités sur le parodonte9			
2.4.	Stru	cture et fonction du ligament parodontal9			
2.5.	Vas	cularisation du ligament parodontal16			
3. Matériels et Méthodes		ériels et Méthodes26			
3.1.	Séle	ection et obtention des mandibules bovines			
3.2.	Prél	Prélèvement de la première molaire27			
3.3.	Sec	Sections transversales de la première molaire			
3.4.	Pré	Préparation des échantillons non-décalcifiés pour l'observation			
	histo	ologique30			
3.5.	Obs	ervation des échantillons au microscope optique32			
3.6.	Coll	ecte des photos histologiques33			
3.7.	Pré	paration des images pour l'analyse informatique			
3.	7.1.	Collage des photos avec Adobe Photoshop			
3.	7.2.	Evidement des vaisseaux sanguins			
3.8.	Ana	lyse informatique des images du ligament parodontal avec			
	Lab	View			
3.	8.1.	Mesure de la taille, nombre et densité des vaisseaux			
		sanguins			

	3.8	2. Mesure du diamètre des vaisseaux sanguins
	3.8	3. Mesure de la largeur du ligament parodontal
4.		Résultats41
4	l.1.	Histomorphométrie41
	4.1.	1. Densité des vaisseaux sanguins du ligament parodontal
		bovin41
	4.1.	2. Densité numérique des vaisseaux sanguins du ligament
		parodontal bovin47
	4.1.	3. Largeur du ligament parodontal bovin55
	4.1.	4. Diamètres des vaisseaux sanguins du ligament parodontal
		bovin61
5.		Discussion
5	5.1.	Sélection des échantillons82
5	5.2.	Technique et échantillons85
5	5.3.	Analyse informatique87
5	5.4.	Interprétation des résultats morphométriques88
6.		Bibliographie
7.		Annexes

1. Introduction

1.1. Contexte

Cette étude histo-morphométrique est à situer dans un plus ample projet, en collaboration avec les ingénieurs du Laboratoire de Mécanique Appliquée et d'analyse de Fiabilité de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (LMAF-EPFL), dont le but ultime est le développement d'un modèle tridimensionnel des dents grâce à l'Analyse à Eléments Finis (Pietrzak 2002). L'impact clinique de ce modèle n'est pas négligeable : il permettra de prédire les mouvements dentaires, en terme de direction et d'importance, non seulement dans le cadre orthodontique, mais aussi en parodontologie et dans les interactions entre les dents et leurs restaurations.

L'étude quantitative du comportement mécanique des tissus vivants (*biomécanique*) a commencé de façon répandue qu'à partir de la moitié du siècle dernier. Une meilleure connaissance de la biomécanique d'un système (ou d'un organisme) nous permet de mieux comprendre son fonctionnement normal, de prévoir les changements lorsqu'il subit des altérations, et même de proposer des méthodes d'interventions artificielles. On n'exagère donc pas en disant que : la biomécanique est un outil qui peut contribuer à un avancement de la technologie scientifique et médicale.

La *biomécanique dentaire* fait l'objet de recherche parmi les ingénieurs de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) depuis la fin des années '90 (Pietrzak 1998).

La prédiction de la direction et de l'amplitude du mouvement dentaire est le but principal de la biomécanique dentaire.

Les mécanismes permettant le mouvement pendant l'éruption ou lorsque les dents sont soumises à des forces externes (p.ex. lors d'un traitement orthodontique) sont étroitement liés au ligament parodontal. C'est pourquoi la biomécanique se penche particulièrement sur la caractérisation de la réponse du ligament parodontal soumis à des stimuli externes.

La connaissance des propriétés mécaniques du ligament est essentielle pour le développement d'un modèle physique et numérique du système dent-ligament-os.

La littérature et les études conduites au LMAF-EPFL concernant le comportement mécanique du ligament parodontal de différents mammifères, dont l'homme, a mis en évidence un comportement viscoélastique non linéaire en compression et en traction (Mandel 1986; Pedersen 1991; Dorow 2002; Pini, Wiskott et al. 2002; Toms 2002; Kawarizadeh 2003; Sanctuary 2005; Sanctuary 2006; Shibata 2006). Ce comportement est dû à l'interaction des constituants du ligament (fibres de collagène, vaisseaux sanguins, substance fondamentale, fluide interstitiel, etc.) pendant sa déformation.

En utilisant ce modèle non linéaire viscoélastique, le comportement du ligament peut être simulé numériquement avec l'analyse à éléments finis (Pietrzak 2002).

Les tests mécaniques effectués à l'EPFL, essentiellement des tests uniaxiaux sur le ligament en compression-traction (« push-pull tests ») et en cisaillement, nécessitaient un modèle expérimental pratique. La dent et l'os autour devaient être assez gros pour permettre leur fractionnement en

Introduction

plus petits échantillons. Ces échantillons devaient quand même être encore assez gros pour en permettre la fixation aux outils des appareillages de charge mis au point par le LMAF.

A l'époque, l'animal expérimental choisi était le bovin (Bos taurus). La nécessité d'avoir des spécimens de grosse taille pour les tests mécaniques a exclu les petits animaux tels les rats, les lapins et même les cochons, bien que ces derniers possèdent des dents plus semblables, par leur morphologie et leur fonction (omnivores), à celles de l'homme.

Une connaissance de l'anatomie et de l'histologie est un prérequis important afin de sélectionner la bonne dent ou le meilleur site autour d'une racine pour procéder au test mécanique. De plus, elle pourra contribuer à une meilleure compréhension du comportement du ligament sous contraintes.

La littérature scientifique est très riche en études portant sur la morphologie et la structure dentaire et parodontale des animaux, en particulier des rongeurs et des chiens. En revanche, on retrouve peu d'articles sur la structure du ligament parodontal bovin. À l'heure actuelle, seul un auteur s'est penché sur quelques aspects structurels de ce ligament (Berkovitz, Whatling et al. 1997). Malheureusement, cette étude, portant sur les restes de Malassez, n'a, dans ce contexte, qu'un intérêt relatif car elle ne fournit pas d'éléments pour expliquer le comportement biomécanique du ligament.

1.2. Objectifs

A cause de la pauvreté des connaissances concernant la structure du desmodonte du bœuf et l'importance clinique que les tests mécaniques peuvent apporter à la vie du praticien, cette étude vise à caractériser des aspects anatomiques et histologiques du ligament parodontal bovin, susceptibles d'influencer son comportement mécanique.

2. Revue des connaissances

2.1. Les dents des mammifères herbivores

Les mammifères herbivores se sont adaptés à un régime exclusivement végétal. Les feuilles ou l'herbe doivent être broyées sous les dents avant d'être avalées. C'est pour cette raison que les dents postérieures des herbivores ont une large surface occlusale aplatie et se placent bout à bout avec les dents antagonistes. Lors de la mastication, les maxillaires se déplacent latéralement entre eux, en brisant les végétaux entre les grosses molaires.

Certains herbivores sont appelés ruminants (bœuf, girafe,..). Les ruminants ont 4 estomacs. Pendant le jour, ils mastiquent les végétaux, qui, une fois avalés, vont dans le 1^{er} estomac, appelé rumen. Le soir, l'animal régurgite le bol alimentaire contenu dans le 1^{er} estomac et il le mastique encore une fois avant de l'avaler et le faire aller dans le 2^{ème} estomac (abomasum). Les 2 autres estomacs (omasum et reticulum) servent à l'absorption de l'eau et pour y déposer des éventuelles pièces non digérables. Avec ce type de digestion, les dents sont sollicitées en permanence.

Le broyage provoque une forte usure des dents, mais la hauteur de la portion exposée des dents permanentes des herbivores reste relativement

constante durant toute la vie. Pour conserver une hauteur de couronne constante, un mouvement d'éruption continue est nécessaire.

Les dents à croissance prolongée (par exemple, les molaires du boeuf) possèdent une couronne très haute (hypsélodontie) et, en partie, recouverte de cément. L'hypsélodontie est une spécialité des mammifères herbivores. L'apposition du cément et de l'os alvéolaire contribue à la croissance prolongée qui se poursuit longtemps durant la vie de l'animal, et qui compense l'usure de la couronne. Les apex de ces dents restent ouverts très longtemps (Lautrou 1997).

Le cément est déposé depuis l'apex jusqu'à la base de la couronne (partie non exposée) en anneaux concentriques. Ce processus continue indéfinitivement, mais sa vitesse peut varier. Chez les dents des animaux âgés, on peut voir les anneaux de cément déposé qui n'ont pas une forme et un espacement régulier. Cette apposition est une demie fois moins rapide que la vitesse à laquelle on perd la substance dentaire par attrition. La prolifération de l'os alvéolaire compense pour l'autre moitié perdue. L'alvéole se rétrécit de plus en plus à cause de l'apposition osseuse, surtout au niveau le plus profond.

2.2. Denture bovine

Les dents des mammifères ont un design commun : une couronne constituée d'émail et de dentine, une cavité pulpaire, une racine attachée via le cément aux maxillaires. Les bovins ne font pas exception et leurs dents suivent ce schéma.

Les bovins possèdent deux dentitions successives (diphyodontie). Chacune des dentitions comporte un nombre réduit de dents (oligodontie) qui possèdent une morphologie variée (hétérodontie) au sein de la même denture. En outre, la forme des dents présente une certaine complexité (plexodontie). Les dents sont enchâssées dans les alvéoles de l'os alvéolaire auquel elles sont reliées par les fibres desmodontales qui les maintiennent fermement, tout en leur assurant une certaine mobilité physiologique.

Dents temporaires :

La première dentition est présente dès la naissance ou apparaît dans les jours suivants. Elle compte 20 dents : 8 incisives de lait (Id) et 6 molaires de lait (Md) au niveau de la mandibule et 6 molaires de lait au maxillaire. Aucune incisive n'est prévue pour le maxillaire, ni en denture temporaire, ni en denture définitive.

Dents permanentes :

Les 20 dents de laits seront remplacées par 32 dents permanentes, dont la formule dentaire est :

Supérieur : 0/0/3/3 (0 incisives, 0 canines, 3 prémolaires, 3 molaires) Inférieur : 4/0/3/3 (4 incisives, 0 canines, 3 prémolaires, 3 molaires)

Dents antérieures :

Les ruminants possèdent 4 incisives (par hémiarcade inférieure). La 4ème incisive semble avoir une origine canine. Il a, en effet, été postulé que la canine a migré vers l'aire incisale et se soit modifiée en forme d'incisive, beaucoup plus utile qu'une canine lors d'une diète exclusivement herbivore (Jones 1957).

Les incisives sont larges et en forme de pelle, leur bord incisal est fin et coupant : idéal pour faucher l'herbe. Comme déjà mentionné, le bœuf n'a pas d'incisives supérieures. À la place, il possède un dur coussinet de gencive.



La dentition bovine est utilisée pour établir l'âge de l'animal dans le cas où on ignore sa date de naissance. Celle-ci est déterminée par l'éruption des incisives. Selon l'Agence Canadienne de l'Inspection des Aliments, un bovin est considéré être âgé de 30 mois si au moins 2 paires d'incisives permanentes ont fait leur éruption (CFIA, 1990. Annex N of Inspection Procedures, Bovine SRM). Un bovin âgé entre 18 et 24 mois n'aura qu'une seule incisive permanente. Enfin, un bovin sans aucune dent définitive, est considéré comme plus jeune que 18 mois.

Dents postérieures :

Les bovins possèdent 3 molaires et 3 prémolaires (par hémiarcade). On persiste à numéroter les prémolaires de 2 à 4, en souvenir de la 1ère prémolaire qui, pendant l'évolution, a migré dans l'aire canine, pour ensuite disparaître.



Les dents postérieures ont une importante table occlusale, idéale pour broyer l'herbe. La table occlusale a une caractéristique morphologie en dents de scie due à l'exposition des crêtes d'émail et de dentine (sélénodontie) et à l'apposition externe du cément.

Les molaires maxillaires ont trois racines : deux vestibulaires et une grosse palatine. Les molaires mandibulaires n'en ont que deux : une antérieure, verticale, et une postérieure avec une légère courbure distale.

Tout au long de l'évolution, les molaires de lait et les prémolaires de certains herbivores, comme par exemple le cheval et le bœuf, ont subi un processus appelé « molarisation ». La molarisation implique une modification progressive de la morphologie des molaires déciduales et des prémolaires qui leur succèdent, qui prennent une forme typique de molaire.

Les crânes des chevaux primitifs, retrouvés par les paléontologues, montraient des prémolaires qui avaient une forme différente par rapport aux molaires de lait (molarisées) qu'elles allaient remplacer. Chez les chevaux modernes, toutes les dents postérieures (déciduales ou définitives) présentent la même morphologie. La molarisation est un processus qui progresse de l'arrière vers l'avant à travers les molaires de lait et ensuite les prémolaires.

Bien que les dents postérieures du bétail servent à broyer, la complète molarisation a progressé seulement jusqu'à la dernière prémolaire.

2.3. Généralités sur le parodonte

Le parodonte (du grec, para = contre, et odous = dent), est un système fonctionnel de différents tissus qui revêtent et supportent chaque dent. Il comprend le cément, le ligament parodontal, l'os alvéolaire et la gencive. Les trois premières composantes constituent le vrai tissu de support de la dent et ont la même origine embryonnaire (origine ectomésenchymateuse). Les cellules progénitrices de ces structures dérivent des cellules de la papille dentaire migrées dans le follicule dentaire au stade cloche du développement.

2.4. Structure et fonction du ligament parodontal

Le ligament parodontal est un tissu mou spécialisé situé sur tout le pourtour radiculaire, entre le cément couvrant la racine et l'os alvéolaire. Comme tous les tissus conjonctifs fibreux mous, le ligament parodontal consiste en un réseau fibreux noyé dans une substance fondamentale gélatineuse contenant des cellules, des vaisseaux sanguins et des nerfs.

La **substance fondamentale** est le constituant majeur du ligament parodontal. On ne connaît pas encore en détail toutes ses composantes, mais elle semble être similaire à la substance fondamentale des autres tissus conjonctifs. En raison de l'importante phase aqueuse (70% d'eau), la substance fondamentale a la consistance et la fluidité d'un gel. Elle constitue le lieu de transit des apports métaboliques et des produits de la dégradation catabolique. En conséquence de ses déplacements et de sa compressibilité, la substance fondamentale joue un rôle d'amortisseur visà-vis des forces de pression développées lors de la mastication. Dans un étude sur le tissu conjonctif des tendons des lapins, les chercheurs ont pu montrer qu'il y avait significativement plus de substance fondamentale entre les faisceaux des fibres de collagène soumise à une compression que dans les zones soumises à une tension (50% et 27%, respectivement) (Merrilees and Flint 1980). Berkovitz et ses collaborateurs (Berkovitz, Weaver et al. 1981) ont calculé que les faisceaux des fibres collagéniques du ligament parodontal des rats contenaient un volume encore plus important de substance fondamentale (environ 65%). D'où l'hypothèse que le ligament parodontal s'est adapté dans le but de résister au déplacement des dents lors des forces de compression.

Le ligament parodontal compte beaucoup de **cellules** dont la plus fréquente est le fibroblaste. Cette cellule est responsable de la biosynthèse de nombreuses protéines, parmi lesquelles le collagène (principalement de type I). Les fibroblastes sont les seuls responsables de la production et de la dégradation du collagène, phénomène à l'origine de l'important turnover des fibres parodontales. Les fibroblastes ont aussi une autre importante fonction : l'inhibition de la minéralisation grâce à la sécrétion de facteurs qui empêchent la fusion de la racine avec l'os environnant, évitant ainsi l'ankylose des dents.

Le remaniement (apposition et résorption) de l'os alvéolaire et du cément sont sous la responsabilité des cellules osseuses (ostéoblastes et ostéoclastes) et cémentaires (cémentoblastes et cémentoclastes).

Le ligament parodontal compte aussi un grand nombre de cellules mésenchymateuses non différenciées (cellules progénitrices) qui, sous l'influence d'inductions systémiques ou suite à une stimulation locale, peuvent se différencier en ostéoblastes, cémentoblastes ou fibroblastes. Les cellules mésenchymateuses non différenciées ont, de préférence, une localisation périvasculaire.

Même en dehors de tout processus pathologique, on peut observer les cellules de défense (anti-inflammatoires et/ou anti-infectieuses) au sein du conjonctif desmodontal. Le système dentaire est en effet soumis à de nombreuses forces. Par conséquent, on observe fréquemment des infiltrats de cellules de défense (macrophages, polymorphonucléaires, lymphocytes), dont la présence résulte de l'état subinflammatoire crée par les polymicrotraumatismes. La différenciation des ostéoclastes et des cémentoclastes se fait à partir de ces cellules de défense. Ce phénomène est plus important lorsque le ligament parodontal est soumis, en plus des forces de pression, à l'agression des microbes oraux.

On peut trouver aussi, noyés dans la substance fondamentale, des restes des cellules épithéliales (Restes de Malassez), reliquats de la gaine de Hertwig. Ces cellules se disposent en amas, une lame basale les séparant du tissu conjonctif. Elles se situent près du cément ou incorporées dans celui-ci. Elles n'ont pratiquement pas de métabolisme et leur fonction reste inconnue.

Dans le ligament parodontal, on trouve plusieurs types de **fibres** : les plus importantes en densité sont les fibres de collagène (ou fibres de Sharpey). Elles s'insèrent dans l'os et dans le cément sur tout le pourtour périradiculaire. Leur chemin n'est pas droit, tout comme leur apparence qui rappelle plutôt une série de vagues.

Les fibres de collagène s'organisent en faisceaux qui ont une orientation spécifique selon leur localisation dans le ligament (p.ex. crestale, horizontale, oblique, apicale, interradiculaire).

La plupart du collagène est de type I. II en existe aussi de type III (20%). Ce dernier n'a pas un emplacement spécifique au sein du ligament parodontal. Il peut se mélanger avec le type I pour former des fibrilles mixtes. Dans le ligament des dents en éruption, la quantité de collagène de type III est plus importante que chez le ligament des dents qui ont fini leur éruption (Takita, Ohsaki et al. 1987). Il est d'ailleurs connu qu'en général, la quantité de collagène de type III dans le tissu conjonctif adulte est moindre que dans le même tissu conjonctif fœtal (Chung and Miller 1974; Epstein 1974; Shuttleworth and Forrest 1975; Barnes, Morton et al. 1976; Pierard and Lapiere 1976; Ten Cate 1998).

Un troisième type de collagène a été découvert dans le ligament desmodontal : le type XII. Il ne forme pas de fibrilles, mais il interagit avec le collagène de type I. Sa fonction reste inconnue (Dublet, Dixon et al. 1988; Ten Cate 1998).

L'ensemble ligamentaire du desmodonte subit, aussi longtemps que la dent reste sur l'arcade, des remaniements de structure et de positionnement. Son turnover est un des plus rapides du corps entier. Sa demi-vie est de l'ordre de quelques jours (van den Bos and Tonino 1984; Imberman, Ramamurthy et al. 1986). Cet important taux de renouvellement du collagène est assuré par l'activité cellulaire des fibroblastes. Des fibrilles de collagène nouvellement élaborées sont présentes librement dans la substance fondamentale et peuvent être incorporées aux faisceaux ligamentaires. Inversement, des dégradations moléculaires se produisent par le jeu du catabolisme tissulaire.

Plusieurs hypothèses expliquant les raisons de cet important turnover ligamentaire ont été élaborées. Une raison pourrait être la nécessité de l'adaptation rapide du tissu en fonction de la mastication. Cette hypothèse est renforcée par les études de Rippin (Rippin 1976), qui montra que la vitesse du turnover augmentait lorsque l'éruption était réactivée suite à l'extraction de la dent antagoniste. Le contraire a aussi été démontré dans les études de van den Bos et Tonino (1984) qui n'ont pas observé une variation de la vitesse de turnover lorsque ils avaient doublé le taux d'éruption des incisives de rats en les mettant en sousocclusion (dents hypofonctionnelles).

A cause de la similarité du ligament parodontal avec le tissu conjonctif embryonnaire et avec le tissu de guérison, il a été suggéré que l'important turnover pouvait être le résultat du stress mécanique dérivant des forces occlusales intermittentes qui causeraient un microtrauma dans le desmodonte (Limeback, Sodek et al. 1978).

D'autres fibres habitent le ligament parodontal : les fibres d'oxytalane et d'élaunine (ces dernières sont présentes seulement dans les fibres du ligament gingival). Il s'agit de 2 formes immatures. On ne trouve pas dans le ligament parodontal de fibres élastiques matures. La raison du manque de maturation de ces fibres n'est pas encore tout à fait claire. Il existe deux théories : le turnover est trop rapide pour permettre la maturation des fibres, ou alors, le ligament n'est pas soumis à la tension suffisante justifiant la nécessité d'avoir des fibres élastiques matures (Shore, Berkovitz et al. 1984).

Les fibres d'oxytalane sont de type pré-élastine et ne se trouvent nulle part ailleurs dans le corps. Elles ont une orientation principale apicoocclusale, mais elles forment un réseau tridimensionnel avec un système de connexion latéral composé de fines fibrilles, allant du cément aux vaisseaux sanguins parodontaux périphériques (Sims 1975; Sims 1976). On n'a jamais pu démontrer que ces fibres relient la dent à l'os.

La fonction remplie par ces fibres reste du domaine de l'hypothèse. Etant donné l'étroite relation entre ces fibres et les vaisseaux sanguins, le rôle de modulateur du comportement des vaisseaux, soit directement, soit par production d'une réponse neurale, leur a été attribué (Sims 1973; Sims 1977; Sims 1983). Mais d'autres hypothèses ont été émises, parmi lesquelles le rôle de support pour la dent en rigidifiant l'ensemble du ligament parodontal et le rôle d'échafaudage pour la migration des fibroblastes lors de l'éruption dentaire (Beertsen, Everts et al. 1974). Le tableau ci-dessous (Freezer and Sims 1987) nous donne une idée de la proportion des différents éléments présents dans le ligament parodontal.

Elément	Proportion (%)
Fibroblastes	35
Collagène	51
Vaisseaux	10
Nerfs	1 (95 non-myélinisés)
Fibres d'oxytalane	0.45
Autres cellules	2.44

Proportions relatives des éléments structurels trouvés dans le ligament parodontal des molaires de rat (Freezer and Sims 1987).

La largeur du ligament parodontal est de 150-300 µm chez l'homme, 120-200 µm chez le rat (Komatsu and Chiba 1993), 250-300 µm chez le cochon et 400-500 µm chez le bovin (Pini, Wiskott et al. 2002). Sa largeur diminue avec l'âge.

Chez l'homme et chez la plupart des animaux étudiés, la largeur du parodonte est la plus fine au niveau du tiers moyen de la racine, équivalent au point de rotation de la dent (Ten Cate 1998).

Ces composantes structurelles, ensemble, forment un système complexe qui recouvre plusieurs **fonctions**.

- Le ligament parodontal fournit un soutien à la dent dans son alvéole. Du cément à l'os, les fibres de Sharpey ont un trajet sinueux, de telle sorte que l'ancrage dento-alvéolaire possède une certaine résilience. On rappelle ici que l'ancrage primaire de la dent se constitue, au cours de l'édification radiculaire, par l'insertion progressive de faisceaux collagéniques du sac folliculaire dans le cément et dans l'os en voie d'élaboration et de minéralisation. Cet ancrage primaire se remodèle et s'adapte au fur et à mesure du développement des racines, puis au cours des migrations dentaires qui conduisent à l'éruption de la dent. Une fois la dent devenue fonctionnelle, le desmodonte sera le siège de remaniements permanents.

Toutes les composantes du ligament ont un rôle d'amortisseur, permettant le contrôle et la dissipation du stress mécanique exercé sur la dent lors de la mastication (Picton 1989). La substance fondamentale, le les vaisseaux sanguins participent au sang et comportement viscoélastique du système. Etant donné que les fluides sont incompressibles, quand on applique une force à la dent, les fluides agissent comme amortisseurs et se déplacent soit dans les trous de la lame cribiforme, soit dans d'autres régions du ligament (selon la direction de la force appliquée). Ce déplacement cause la dilatation des marges de l'alvéole. Outre le comportement viscoélastique dû à la physique des fluides, la mécanique des fibres joue aussi un rôle de protection contre les contraintes agissant sur la dentition. Les orientations différentes des groupes de fibres s'opposent aux forces de pression, de traction ou de torsion effectuées sur les dents. Quand les forces sur le parodonte augmentent de façon prolongée, la largeur du ligament peut augmenter de plus de 50% et les fibres de collagène s'épaississent. Les trabécules osseuses qui supportent les alvéoles augmentent en nombre et en épaisseur. L'os alvéolaire lui-même s'épaissit. Au contraire, lors de la diminution de la fonction, les changements observés sont à l'inverse (Ten Cate 1998).

- Une autre importante fonction du ligament parodontal est son rôle de récepteur sensoriel. Quand la dent bouge dans son alvéole, elle déforme des récepteurs contenus dans le ligament, ce qui contribue à la sensibilité au toucher et à la pression sur la dent. La stimulation des mécanorécepteurs active des fibres nerveuses qui transmettent le stimulus aux structures trigéminales. Même des stimuli de très faible intensité suffisent à provoquer le réflexe d'ouverture de la bouche. Enfin, la reconnaissance de la consistance des aliments se fait en partie par l'intermédiaire de la stimulation des terminaisons nerveuses du ligament alvéolo-dentaire, ce qui contribue à régler l'intensité des forces masticatoires.

- Le ligament abrite un important potentiel de régénération grâce aux cellules qui le constituent, ce qui participe au développement et au maintien du tissu fibreux et du tissu calcifié. Il est, en outre, siège de tout le transport nutritif.

- Le ligament participe au processus d'éruption et aux déplacements orthodontiques. Le processus d'éruption est l'ensemble des mouvements axiaux qui animent la dent. Les mécanismes qui interviennent au cours des processus d'éruption et de déplacement font appel à des remaniements cellulaires, tissulaires et vasculaires.

2.5. Vascularisation du ligament parodontal

Pour être un tissu conjonctif, le ligament parodontal est exceptionnellement bien vascularisé, ce qui reflet la grande vitesse de turnover de ses composantes cellulaires et extracellulaires.

Embryologie

Le système vasculaire du ligament parodontal se met en place précocement, dans le sac folliculaire, au stade de la cloche. Sa formation coïncide avec le début de la formation de la racine. Les vaisseaux du ligament, dérivant de la région basale du germe dentaire, courent parallèlement à l'axe de la racine pour se connecter avec le réseau vasculaire de l'organe de l'émail, qui se trouve dans la zone cervicale. Dans un premier temps, la frontière entre ces deux réseaux est indistincte, mais avec la progression de la formation de la racine, ces deux différents systèmes deviennent reconnaissables.

Les vaisseaux du ligament parodontal s'allongent davantage longitudinalement et se connectent entre eux avec des branches latérales. La construction du système vasculaire du ligament prévoit la connexion, au réseau existant, de vaisseaux dérivant de l'os alvéolaire qui pénètrent le ligament via les canaux de Volkmann (Figure 2).

La densité du réseau vasculaire diminue avec la progression de la formation de la racine, spécialement dans la zone intermédiaire (Tsukada, Ishikawa et al. 2000).

Anatomie

Le principal approvisionnement de sang dérive des artères alvéolaires inférieure et supérieure. Ces artères donnent naissance à des plus fines branches, une partie entre dans la racine, et une partie monte dans l'os en prenant le nom d'artères intraseptales. Beaucoup de leurs branches partent horizontalement en traversant l'os alvéolaire et entrent dans l'espace ligamentaire. À cause de cette traversée, elles prennent le nom d'artères perforantes (Schéma ci-dessous et Figure 2) (Edwall 1982; Triller 1986; Selliseth and Selvig 1994; Ten Cate 1998).



Schéma de la vascularisation dentaire et parodontale.

Cetaspectmontrelesinterconnexionsentrelesvascularisationsdesterritoirespulpaire,osseux,desmodontaletgingival.etdesmodontalet

1 : Gencive ; 2 : Pulpe ;

3 : Desmodonte ; 4 : Os alvéolaire (Triller 1986)

Architecture

L'observation bidimensionnelle de l'histologie classique nous ne permet pas de distinguer l'ultrastructure des vaisseaux du ligament parodontal. Les données sur la classification des microvaisseaux étaient centrés sur l'apport sanguin (artères), en ignorant souvent le drainage veineux (veines), ou alors, de façon générale sans préciser le type de vaisseaux sanguins (Selliseth and Selvig 1994). En 1986, Weekes et Sims n'hésitaient pas à affirmer, à tort, que la vascularisation du desmodonte comprenait principalement des veinules post-capillaires, quelques capillaires et aucune artériole (Weekes and Sims 1986).

La solution à ce problème a été l'utilisation de la méthode du « vascular corrosion cast », qui a rendu possible l'étude des détails de l'architecture de la vascularisation en 3 dimensions (Lametschwandtner,

Lametschwandtner et al. 1984). Cette technique, longuement utilisée pour créer des modèles de la vascularisation en macro-anatomie, prévoit l'injection dans les vaisseaux sanguins d'une résine synthétique à basse viscosité. Les tissus périphériques sont ensuite dissous avec des acides et des alcalines, révélant un moulage tridimensionnel du système vasculaire. Des impressionnantes images tridimensionnelles de la microvascularisation peuvent être observées grâce à l'aide du microscope électronique à balayage (SEM). Le diamètre du moulage des vaisseaux permet de distinguer entre une artère et une artériole ou entre un capillaire et une veinule.

En médecine dentaire, cette méthode a été utilisée principalement pour observer les vaisseaux dans la pulpe (Takahashi 1985; Kishi, Shimozato et al. 1989). Bien que plus rares, il existe quelques études qui montrent la relation entre les vaisseaux sanguins et l'os alvéolaire. Cette fois, ceci implique la dissolution des tissus mous qui se fait grâce à des protéases, de façon à laisser intacts l'os et la dent (Figure 1 et Figure 2) (Matsuo and Takahashi 2002).

Cette technique moderne a permis de montrer et de confirmer l'approvisionnement de sang du ligament parodontal. L'apport sanguin se fait par trois directions (Figure 1):

- Latérale : via les vaisseaux sanguins qui naissent de l'artère alvéolaire dans l'os alvéolaire et qui entrent dans le ligament à travers les canaux de Volkmann. Cette voie semble être la plus importante.
- Cervicale : via les anastomoses avec les vaisseaux sanguins gingivaux (dérivant des vaisseaux de la muqueuse) dans la région cervicale (Carranza, Itoiz et al. 1966).

 Apicale : via les vaisseaux sanguins qui se séparent en vaisseaux pulpaires et du ligament.



Figure 1: Réseau vasculaire d'une prémolaire de chien. L'apport sanguin dans le ligament parodontal se fait par 3 directions : latéral (1), cervical (2) et apicale (3). G, réseau vasculaire gingival AB, os alvéolaire (Matsuo and Takahashi 2002).

Les artères perforantes sont plus nombreuses dans les dents postérieures que dans les dents antérieures ainsi que plus abondantes dans les dents mandibulaires que dans les dents maxillaires (Ten Cate 1998). Une fois dans le ligament, les vaisseaux occupent l'espace interstitiel, s'installant entre les fibres. Le sang provenant des différentes trois voies se jette dans les boucles capillaires qui se drainent ensuite dans les veinules jusqu'à un système veineux de relativement large diamètre placé dans la portion apicale du ligament. En règle générale, les artérioles courent en direction cervicale ; les boucles capillaires se trouvent dans la zone cervicale et les veinules courent en direction apicale.

La vascularisation sanguine du desmodonte se double d'une vascularisation lymphatique.



Figure 2: Relation vasculaire entre ligament desmodontal et moelle osseuse (échantillon décalcifié). Le plexus veineux dans la moelle osseuse alvéolaire (BM) s'anastomose avec le ligament parodontal (PDL) à travers les canaux de Volkmann (flèche à tête double). A, artérioles. V, veinules. Barre: 100 µm. (Matsuo and Takahashi 2002)

Fonctions

La microvascularisation desmodontale forme un système très organisé qui est probablement en relation avec les fonctions qu'elle exerce au sein du ligament parodontal. L'observation structurelle de matériel fixé a montré la présence de fenestrations dans les capillaires parodontaux (Moxham, Shore et al. 1985; Moxham, Shore et al. 1987; Clark 1991).

Dans le reste du corps, les capillaires fenêtrés se trouvent dans les organes engagés dans la production ou l'absorption de fluides, ou quand il y a une nécessité d'un échange plus direct avec la circulation sanguine (par exemple : glomérules rénaux, glandes salivaires, et membranes des articulations synoviales). Plusieurs études physiologiques ont montré l'importante différence entre la perméabilité des capillaires fenêtrés par rapport aux capillaires continus. Le dense plexus capillaire, se trouvant dans le segment cervical de la dent, pourrait avoir une importance pour la défense contre les microbes oraux grâce à la mise en place d'une réponse inflammatoire (Matsuo and Takahashi 2002). En outre, le fluide gingival exsude de ces fenestrations, déclanchant un important mécanisme d'auto-nettoyage de la gencive.

L'observation structurelle a aussi mis en évidence que le bout des boucles capillaires possède un diamètre plus large, ce qui implique une diminution de la vitesse sanguine et des turbulences, facilitant ainsi l'échange d'éléments nutritifs et produits cataboliques (Selliseth and Selvig 1994; Matsuo and Takahashi 2002).

Les études de Moxham et al. (1985, 1987) portaient sur les incisives à croissance continue, sur les molaires en éruption et sur les molaires complètement éruptées des rats. Significativement plus de fenestrations ont été trouvées : chez les molaires en éruption par rapport aux molaires à croissance complète et, à l'apex des incisives par rapport à la partie cervicale. Ceci nous suggère qu'il y a un lien entre les vaisseaux fenêtrés et l'éruption. Les auteurs restent cependant prudents en soulignant que la différence dans la distribution des fenestrations pourrait être un effet de l'éruption plutôt que la cause. Donc, le rôle des fenestrations dans le processus d'éruption reste encore incertain.

Très peu d'études portent sur la mesure de la pression des fluides dans le ligament parodontal. Cependant, cette information est importante quand on considère le possible rôle de la vascularisation et de la pression des fluides dans les tissus sur les mécanismes d'éruption et de soutien de la dent. Malheureusement, les valeurs de la pression tissulaire desmodontale sont encore conflictuelles et insuffisantes : Lamb et Van Hassel (Lamb 1972) et Palcanis (Palcanis 1973) ont reporté une pression des fluides des tissus à environ 10mmHg. Quelques années plus tard, Walker (Walker 1978) a parlé d'une pression d'environ 2mmHg en dessous de la pression atmosphérique. Myhre et al. (Myhre, Preus et al. 1979) et Tanaka (Tanaka 1983) ont affirmé que la mobilité dentaire est influencée par la pression sanguine, via les vaisseaux parodontaux.

Une autre importante fonction du système vasculaire est l'amortissement des forces de mastication. En effet, le réseau de mailles vasculaires s'anastomose avec le plexus veineux de l'os alvéolaire à travers les canaux de Volkmann. Quand on applique une force occlusale, le sang, pressurisé dans les vaisseaux du ligament, s'écoule à travers les canaux de Volkmann dans la moelle osseuse, où le réseau veineux agit de réservoir du sang du ligament. La résistance des fluides qui s'installe à ce moment génère un pouvoir de freinage qui engendre une action d'absorbeur. Quand la force est levée, le sang reflue vers le ligament.

La charge mécanique induit une augmentation en nombre et en taille des fenestrations (Lew, Sims et al. 1989) permettant l'extravasion des leucocytes dans le tissu interstitiel (Rygh, Bowling et al. 1986). Ces derniers sont la source majeure de cytokines capables d'activer les cellules ostéogéniques, ce qui initie le remodelage osseux et le mouvement dentaire (Davidovitch 1991).

Les vaisseaux sanguins parodontaux sont en étroite relation avec les fibres desmodontales. À tel point que le réseau vasculaire peut changer de disposition suivant les changements des fibres (Kawato 1988). De plus, le diamètre des mailles du réseau vasculaire augmente si on coupe le ligament et si on procède à la réimplantation de la dent (Matsuo 1990).

Ainsi, les changements dans le système vasculaire peuvent participer à la reconstruction des fibres desmodontales (Matsuo and Takahashi 2002).

Histomorphométrie

La densité des vaisseaux sanguins dans le ligament parodontal de l'homme varie selon les différentes études. Elle se trouve dans une fourchette allant de 1.63 à 3.5% (Foong and Sims 1999) jusqu'à 10% selon l'ouvrage de base de Ten Cate (1998). Chez les animaux (souris, rats et ouistiti), cette densité semble être plus importante. Elle se situe dans une fourchette allant de 7.5 à 11.5% (Freezer and Sims 1987; Lew, Sims et al. 1989; Clark 1991; Parlange and Sims 1993; Chintakanon 1995; Sims, Leppard et al. 1996).

La densité des vaisseaux desmodontaux des molaires de souris adultes à été mesurée à 7% (McCulloch and Melcher 1983), et à plus de 50% à l'apex des incisives du rat (Moxham, Shore et al. 1985). Ceci met en évidence une variation, et donc une implication de la vascularisation par rapport aux phases éruptives et post-éruptives du développement de la dent (Moxham, Shore et al. 1987).

Garfunkel et Sciaky (Garfunkel and Sciaky 1971) rapportent une augmentation progressive dans le volume vasculaire ligamentaire du tiers cervical vers le tiers apical des molaires du rat. Parlange et Sims (Parlange and Sims 1993) rapportent que le tiers cervical contient 45.5% du volume total du sang du ligament et que le reste est distribué dans les zones intermédiaires et apicales. Contrairement à ces 2 études, Foong et Sims (Foong and Sims 1999) montrent, dans une étude portant sur un seul humain, que plus que 50% du volume vasculaire réside dans le tiers apical.

Au niveau apical, la compression des incisives de rat amène à la diminution de la densité vasculaire (Attal, Blaushild et al. 2001). Le contraire est observé dans la partie coronaire du ligament, où, en cas de

charge, la densité augmente 4 fois plus que la même zone sous tension. Tension et compression amènent donc à une augmentation de l'activité vasculaire, mais en proportions différentes (Rygh, Bowling et al. 1986).

Quelques études portent sur les diamètres des vaisseaux parodontaux, dont le résumé se trouve dans le tableau ci-dessous :

Homme	4.11 μm capillaires 16.15 μm post-capillaires	
	59.9 µm veinules de collection	(Foong and Sims, 1999)
Rat	20 µm	(Weekes and Sims, 1986)
Chien	10-150 µm	(Matsuo and Takahashi, 2002)
Ouistiti	10-25 µm veinules	(Lee 1991)

3. Matériels et Méthodes

pouvant interférer avec les résultats histologiques.

3.1. Sélection et obtention des mandibules bovines

L'étude a porté sur l'analyse du ligament parodontal des premières molaires de 2 bœufs.

Les mandibules de ces derniers ont été prélevées auprès de l'Abattoir & Centre Collecteur Déchets Animaux de Clarens (Rue du Collège 44, 1815 Clarens, Suisse).

Dans les autres abattoirs, qui traitent des bovins âgés de plus de 30 mois, chaque tête est congelée pour procéder à des tests de dépistage de l'Encéphalopathie Spongiforme Bovine (BSE) ou Maladie de la vache folle. Ces tests sont obligatoires pour chaque bovin âgé de plus de 2 ans. Nous avons donc choisi les jeunes bœufs de moins de 2 ans de l'abattoir de Clarens pour pouvoir effectuer les prélèvements sur les animaux fraîchement tués et éviter ainsi une période latente de congélation

Les mandibules des 2 bœufs ont été prélevées immédiatement après la mort des animaux et emballées dans des sacs plastiques. Elles ont ensuite été transportées au laboratoire de biomécanique de l'EPFL. Le temps écoulé entre la mort de l'animal et l'arrivée des mandibules au laboratoire était moins de 1 heure.

3.2. Prélèvement de la première molaire

Au laboratoire, les tissus mous de la mandibule intacte (restes de peau, tendons, muscles,...) ont été éliminés à l'aide d'un scalpel. Ensuite, on a séparé la mandibule en un segment latéral droit et gauche par une section de la partie antérieure contenant les incisives et la première prémolaire (Photo 1). Ce sciage a été effectué avec une scie à bande industrielle (Magnum, Metabowerke GmbH & Co., Nürtingen, Allemagne).



Photo 1: Photo de mandibule bovine montrant le premier trait de coupe

Chaque segment comprenait deux prémolaires, une molaire déciduale (qui garde la place de la future 4ème prémolaire) et trois molaires, dont la troisième n'avait pas encore complété son éruption (Photo 2).



Photo 2: Segment latéral droit de mandibule bovine (M : molaire ; Md : molaire déciduale ; P : prémolaire).

Des sections supplémentaires le long de l'axe de la 1^{ère} molaire de lait et de la 2^{ème} molaire ont été réalisées pour obtenir un bloc contenant la 1^{ère} molaire avec son ligament parodontal intact. Un dernier sciage transversal, très apical sans toucher l'apex de la racine, a été effectué à fin de diminuer la taille du bloc (Photo 3). On a procédé au sectionnement du bloc à l'aide d'une scie manuelle.



Photo 3: Bloc de mandibule contenant la 1^{ère} molaire et son ligament.
3.3. Sections transversales de la première molaire

Le bloc, coincé dans un étau, a été ensuite coupé transversalement au moyen de la même scie manuelle. La partie coronaire, coupée au niveau de la crête alvéolaire, ainsi que la partie la plus apicale ont été écartées. Le reste du bloc, contenant les 2 racines mésiales et distales, a été également coupé transversalement en 4 tranches de environ 1cm chacune, nommées a, b, c et d ; respectivement du plus apical au plus coronaire (Figure 3).





La durée du sciage transversal du bloc a été de environ 2 heures par dents.

Les tranches ainsi obtenues ont été stockées dans des éprouvettes en plastique contenant une solution de formol 4% à température ambiante.

3.4. Préparation des échantillons non-décalcifiés pour l'observation histologique

Les échantillons stockés sous formol ont été transportés dans les laboratoires d'histologie du Département de Parodontologie et Prothèse Fixe de l'Ecole de Médecine Dentaire de l'Université de Berne pour la suite de la préparation sous la supervision du Dr. Dieter Bosshardt.

Chaque tranche de racine (a, b, c et d) a été fixée individuellement dans une solution de formol 4% à température ambiante pendant une période de 4 jours. Elles ont été ensuite rincées à l'eau courante pendant une nuit et déshydratées en passant par une série de solutions à concentrations croissantes d'éthanol.

Chaque tranche ainsi déshydratée a été englobée dans de la résine autopolymérisable (méthylmétacrylate). Après polymérisation, le bloc (racine + résine) a été coupé transversalement à l'aide d'une scie diamantée à basse vitesse (Varicut® VC-50, Leco, Munich, Allemagne) pour obtenir 10-12 sections (I→XII) de 200 µm d'épaisseur (Figure 4).



Figure 4: Schéma des sections transversales (de I à XII) au sein de chaque tranche de racine.

Au sein de chaque tranche (a, b, c et d) de chacune des racines mésiale et distale, on a sélectionné une section (I à XII) pour l'analyse histomorphométrique. On a écarté par un examen visuel les sections présentant de gros artefacts lors du sciage du bloc. De plus, dans la tranche d, les sections contenant de l'émail, descendant apicalement à la crête alvéolaire chez le bovin, ont également été exclues. A noter qu'on a essayé de choisir des sections pour conserver une distance inter-section semblable.

Quatre dents ont été préparées pour un total de 8 racines et 32 sections.

Chacune de ces 32 sections a été placée sur une plaque de verre acrylique opaque puis usée jusqu'à une épaisseur finale de 80-100 µm (Knuth-Rotor-3, Struers, Rodovre/Copenhagen, Danemark). La surface de chaque échantillon ainsi obtenu a été colorée au bleu de Toluidine/McNeal (Schenk 1984). Pour faciliter l'orientation dans l'espace de la section, on a procédé à la réalisation d'une coupure nette dans l'angle mésio-vestibulaire de chaque échantillon (Figure 5).





Chaque échantillon a été ensuite observé à la loupe (Leica M3Z) et au microscope (Leica Dialux 22 EB) afin de s'assurer de sa bonne qualité.

Pour les mesures morphométriques, les zones suivantes ont été choisies (Photo 4):

- Zone vestibulaire de la racine distale (db)
- Zone distale de la racine distale (dd)
- Zone linguale de la racine distale (dl)
- Zone vestibulaire de la racine mésiale (mb)
- Zone mésiale de la racine mésiale (mm)
- Zone linguale de la racine mésiale (ml)



Photo 4: Photo montrant les racines mésiale et distale de la 1^{ère} molaire avec les zones choisies. Légende selon texte ci-dessus.

3.5. Observation des échantillons au microscope optique

Les échantillons ont été observés à l'aide d'un microscope optique à lumière transmise (Olympus AX 70) à un grossissement x10.

L'orientation de la coupe dans le **plan horizontal** a été possible grâce à la coupure nette effectuée au niveau de l'angle mésio-vestibulaire de chaque échantillon (Figure 5).

L'orientation de l'échantillon dans le **plan vertical** (niveau de profondeur) a été revérifiée en comparant à l'œil nu les différentes coupes : dans une même racine, plus on descend en direction apicale, plus le diamètre diminue.

3.6. Collecte des photos histologiques

Des photos du PDL ont été prises avec un appareil numérique Olympus DP 10 intégré au microscope.

Sur les 32 échantillons, une série de 7 à 14 photos a été prise pour chacune des 6 différentes localisations (db, dl, dd, mb, ml, mm).

Les photos ont été prises de façon à avoir un recouvrement partiel entre elles afin de pouvoir être par la suite fusionnées entre elles en une seule image.

On a choisi de réaliser 7 photos pour pouvoir reconstruire une zone de ligament de environ 5mm de longueur. En largeur, lorsque le ligament était trop large, il a fallu doublé le nombre de photos pour avoir l'intégralité du ligament sur l'image finale.

3.7. Préparation des images pour l'analyse informatique

3.7.1. Collage des photos avec Adobe Photoshop

Les photos ont été transférées sur un ordinateur doté du programme informatique Adobe Photoshop (Adobe Photoshop, Adobe Systems Incorporated, CA, USA).

Marche à suivre pour le collage des différentes photos :

Ouvrir la première photo.

Dans la rubrique « Image », sélectionner « Taille de la zone de travail » et l'augmenter largement de façon arbitraire. À tout moment on peut effectuer une ultérieure augmentation (ou diminution) de la zone de travail.

Ouvrir la photo suivante et la "tirer" avec l'Outil Déplacement au niveau de l'Arrière-plan où se trouve la première photo (Figure 6).



Figure 6: Ecran montrant l'outil de déplacement sur Adobe Photoshop.

Une fois les 2 photos sur le même plan (*Arrière-plan*), on a modifié l'opacité de la photo importée pour pouvoir superposer les 2 images avec précision. Il a souvent été nécessaire d'effectuer un ajustement de rotation l'image grâce aux touches Ctrl+T (Figure 7).



Figure 7: Ecran montrant la modification de l'opacité et la superposition sur Adode Photoshop.

Une fois la superposition satisfaisante, on a confirmé avec la touche Enter et on a remis l'opacité de l'image importée à 100%.

Recommencer ensuite la procédure avec la photo suivante jusqu'à avoir complété la zone d'intérêt. L'image ainsi reconstruite était composée de plusieurs calques qu'on a fusionnés. L'image est ensuite enregistrée sur l'ordinateur en format JPG.

3.7.2. Evidement des vaisseaux sanguins

Sur la photo reconstruite, on a procédé à l'évidement des vaisseaux sanguins à l'aide du programme Adobe Photoshop.

Le contour de chaque vaisseau sanguin visible (au moins 6 pixels de diamètre) a été sélectionné manuellement à l'aide de la souris et son contenu a été informatiquement effacé (*Delete*). Le résultat a donné un vaisseau d'un blanc pur, pour créer un fort contraste avec les tissus environnants (Figure 8).



Figure 8: Images reconstruites montrant le résultat avant et après évidement des vaisseaux sanguins.

3.8. Analyse informatique des images du ligament parodontal avec LabView

L'analyse informatique a été faite uniquement à partir des images reconstruites (1 grande image au lieu de 7 petites images). Pour l'analyse,

on a utilisé un programme informatique confectionné spécialement par Marzio Bergomi, ingénieur du LMAF-EPFL, à l'aide des outils informatiques du programme commercial LabVIEW 7 Express (National Instrument Co., TX, USA).

Le software confectionné est capable de distinguer les vaisseaux sanguins contenus dans le ligament, dès le moment où leur contraste avec l'environnement a été augmenté par l'évidement.

3.8.1. Mesure de la taille, nombre et densité des vaisseaux sanguins

Chaque image "évidée" de ses vaisseaux a été ouverte avec LabVIEW. On a sélectionné à l'aide de la souris le contour du PDL, appelée sur le programme "zone d'intérêt" (*ROI* : region of interest) (Figure 9).



Figure 9: Ecran montrant la zone d'intérêt (contour du PDL) sélectionné à l'aide de la souris sur LabVIEW (ligne verte). La reconnaissance et mise en évidence des vaisseaux sanguins dans la région d'intérêt (ROI) se fait automatiquement. Facteur de conversion PIXEL→ mm (1mm=770.3 pixels)

L'ordinateur a ensuite calculé automatiquement les valeurs suivantes :

- Surface du PDL [pixels]
- Surface du PDL [mm²]
- Surface des vaisseaux sanguins [pixels]
- Surface des vaisseaux sanguins [mm²]
- Densité : surface vaisseaux / surface PDL
- Nombre de vaisseaux sanguins
- Densité numérique : nombre vaisseaux / pixels totaux

3.8.2. Mesure du diamètre des vaisseaux sanguins

Le programme LabVIEW a subit une modification ultérieure dans le but de calculer le diamètre des différents vaisseaux à partir de la même image "évidée".

3.8.3. Mesure de la largeur du ligament parodontal

La largeur du ligament parodontal des quatre 1^{ère} molaires de cette étude a été obtenue pour chacune des 6 régions (db, dd, dl, mb, mm, ml) des différents niveaux de profondeur (a, b, c et d).

Cette mesure a été effectuée grâce au programme Adobe Photoshop à partir des images reconstruites. Une série continue de lignes droites a été dessinée au milieu du ligament parodontal de chaque image de façon à suivre la courbure naturelle de la dent (Figure 10).



Figure 10: Série continue de lignes droites au milieu du ligament parodontal.

On a obtenu la longueur totale de la ligne au milieu du ligament parodontal en additionnant la longueur de chaque segment. La largeur du ligament a été calculée grâce à une approximation mathématique : en considérant la zone d'intérêt (ROI) comme un rectangle, on a divisé sa surface (mm²) par la longueur totale de la ligne (mm), ce qui a donné l'approximation de la largeur du ligament (mm).

4. Résultats

4.1. Histomorphométrie

4.1.1. Densité des vaisseaux sanguins du ligament parodontal bovin

Pour cette étude, 2 bœufs, appelés Animaux 9 et 10, ont été utilisés. Le label 9 et 10 a été conservé pour nous rappeler que des études histologiques et biomécaniques ont été déjà exécutés sur 8 autres animaux. Les bœufs 9 et 10 étaient particulièrement adaptés vu leur jeune âge. Ceci a permis d'éviter de procéder au test de dépistage de la BSE, ce qui nous a épargné une période latente de congélation pouvant interférer avec les résultats histologiques.

Chacune des 32 sections obtenues à partir des 8 racines comprenait 3 zones d'intérêt (db, dd et dl pour la racine distale ; mb, mm et ml pour la racine mésiale) (Photo 4, chapitre Matériels et Méthodes). Ceci a donné un total de 95 images reconstruites analysées. L'image linguale de la section la plus apicale, "a", de la racine distale de l'animal 10 n'a pas pu être prise en considération car le ligament était trop lâche et les vaisseaux sanguins n'étaient pas distinguables au microscope.

Le programme informatique LabVIEW a mesuré la *surface des vaisseaux* sanguins présents sur l'image reconstruite ainsi que la *surface totale du PDL* et ceci pour chacune des 95 images reconstruites. Le software a

ensuite calculé la *densité des vaisseaux sanguins* représentant le rapport entre la surface des vaisseaux sur la surface du PDL :



Les résultats (mesures et calcules obtenue par LabVIEW) sont automatiquement transférés sur une feuille Excel (Tableau I, chap. Annexes).

La portion de surface du PDL occupée par les vaisseaux sanguins a varié au sein d'une fourchette allant de 6.97% (Animal 9, racine distale gauche, niveau b, région vestibulaire) (Photo 5) à 34.18% (Animal 9, racine distale droite, niveau c, région distale) (Photo 6).



Photo 5: Animal 9, racine distale gauche, niveau b, région vestibulaire. La densité des vaisseaux sanguins était de 6.97%.



Photo 6: Animal 9, racine distale droite, niveau c, région distale. La densité des vaisseaux sanguins était de 34.18%.

La densité moyenne de tous les échantillons analysés (95 régions poolées) était de 17.58%.

Chaque image a été analysée de façon indépendante. Ceci nous a donné la possibilité de regrouper les différents résultats ou de les garder indépendants selon les animaux, les racines, la localisation ou le niveau de profondeur au sein de chaque racine.

Comparaison de la densité des vaisseaux sanguins du ligament parodontal entre les 2 bœufs

Les densités des vaisseaux sanguins des 95 échantillons ont été regroupées dans un premier temps par animal : Animal 9 et Animal 10. La densité moyenne des vaisseaux sanguins au sein de l'Animal 9 est de 19.33% (±6.96), tandis que pour l'Animal 10 elle est de 15.80% (±5.49) (Figure 11).



Figure 11: Densité des vaisseaux sanguins du PDL (%) de l'Animal 9 (19.33% ±6.96) et 10 (15.80% ±5.49).

Comparaison de la densité des vaisseaux sanguins du ligament parodontal entre les quatre différentes dents

La 1^{ère} molaire droite de l'Animal 9 présentait la densité de vaisseaux sanguins la plus élevée avec une valeur de 21.16% (±6.24). Contrairement, la 1^{ère} molaire gauche de l'Animal 10 présentait la densité de vaisseaux la plus faible avec une valeur de 15.45%(±5.71).

Les autres dents présentaient des valeurs intermédiaires allant de 17.50%(±7.28) pour la 1^{ère} molaire gauche de l'Animal 9 à 16.17%(±5.36) pour la 1^{ère} molaire droite de l'Animal 10 (Figure 12).



Figure 12: Densité des vaisseaux sanguins du PDL (%) des quatre 1^{ères} molaires analysées.

Comparaison de la densité des vaisseaux sanguins du ligament parodontal entre les différents niveaux des racines au sein du même animal

Tout en gardant les 2 animaux distincts, on a regroupé les résultats par niveau de profondeur de la racine (a, b, c et d).

Au sein de l'Animal 9, le niveau "a" présentait la plus faible densité de vaisseaux avec une moyenne de 17.46% (\pm 4.73), suivi par les niveaux b et d avec une moyenne de 19.53% (\pm 8.48) et de 19.81% (\pm 4.97), respectivement. Le niveau c présentait la plus grande densité de vaisseaux avec une moyenne de 20.52% (\pm 9.06) (Figure 13).

Au sein de l'Animal 10, le niveau d présentait la plus faible densité de vaisseaux avec une moyenne de 12.65% (\pm 4.73), suivi par les niveaux c et b avec une moyenne de 14.33% (\pm 4.71) et de 16.29% (\pm 5.24), respectivement. Le niveau le plus apical (a) présentait la plus grande densité de vaisseaux avec une moyenne de 20.31% (\pm 6.31) (Figure 13).





Comparaison de la densité des vaisseaux sanguins du ligament parodontal entre les différentes régions (dl, db, dd, ml, mb, mm) au sein du même animal

Les densités des vaisseaux sanguins des différentes régions (dl, db, dd, ml, mb, mm) ont été regroupées distinctement dans le but de savoir si une, ou plusieurs zones autour des racines présentaient une densité plus marquée que les autres.

Les valeurs moyennes des densités des vaisseaux sanguins étaient comprises dans une fourchette allant de 12.45% (±2.72) pour la région dl de l'Animal 10 à 24.99% (±4.21) pour la région mb de l'Animal 9 (Figure 14).

En ce qui concerne les autres régions les densités suivantes ont été trouvées:

- Animal 9 : dl 14.64% (±3.96) ; db 17.80% (±7.91) ; dd 21.01% (±8.44) ; ml 13.75% ; (±8.44) ; mm 23.80% (±5.16)
- Animal 10 : db 13.21% (±2.43) ; dd 19.87% (±8.53) ;

ml 19.14% (±5.07); mb 16.50% (±3.21); mm 13.22% (±4.26)



Figure 14: Densité des vaisseaux sanguins du PDL (%) des 6 régions du plan horizontal des 1ères molaires des Animaux 9 et 10. Le test ANOVA a détecté une différence significative au sein de l'Animal 9 (P=0.0007), l'application du Test de Scheffe a permis de situer cette différence entre les régions dl et mb et entre les zones ml et mb (*). Aucune différence n'a été enregistrée entre les régions de l'Animal 10 (ANOVA : P=0.0106).

4.1.2. Densité numérique des vaisseaux sanguins du ligament parodontal bovin

Parmi les valeurs mesurées automatiquement par le programme informatique LabVIEW, il y avait le *nombre de vaisseaux sanguins*

présents sur la surface du PDL de chaque image reconstruite. Toutes les 95 images reconstruites ont été analysées de façon indépendante. On rappelle ici que chaque image mesurait environ 5mm de longueur.

Le nombre de vaisseaux sanguins variait au sein d'une fourchette allant de 61 (Animal 10, racine mésiale gauche, niveau b, région mésiale) à 170 (Animal 10, racine mésiale droite, niveau a, région linguale) (Photo 7 et Photo 8).



Photo 7: Animal 10, racine mésiale gauche, niveau b, région mésiale. Cette portion de PDL comptait 61 vaisseaux sanguins.



Photo 8: Animal 10, racine mésiale droite, niveau a, région linguale. Cette portion de PDL comptait 170 vaisseaux sanguins.

Le nombre moyen de vaisseaux sanguins de tous les échantillons analysés (95 images poolées) était de 99.68.

Chaque image construite présentait une variation de sa longueur (environ 5 mm), les nombres de vaisseaux sanguins ne pouvait donc pas être directement comparés.

On a demandé ainsi au software LabVIEW de calculer la *densité numérique des vaisseaux sanguins* représentant le rapport entre le nombre de vaisseaux et la surface du PDL (Tableau II, chap. Annexes):



La densité numérique, étant une valeur relative, nous a permis des confrontations directes entre les différents résultats.

Les valeurs limites de densité numérique observées allaient de 26.09 vx/mm² (Animal 10, racine mésiale gauche, niveau c, région vestibulaire) à 89.86 vx/mm² (Animal 9, racine mésiale gauche, niveau c, région linguale) (Photo 9 et Photo 10).



Photo 9: Animal 10, racine mésiale gauche, niveau c, région vestibulaire. La densité numérique des vaisseaux sanguins était de 26.09 vx/mm².



Photo 10: Animal 9, racine mésiale gauche, niveau c, région linguale. La densité numérique des vaisseaux sanguins était de 89.86 vx/mm². La largeur du PDL était de 221 μm.

La densité numérique moyenne pour les 95 échantillons analysés étaient de 41.79 vx/mm².

Comme pour la densité, chaque image a été analysée de façon indépendante, ce qui nous a permis de regrouper les résultats à souhait.

Comparaison de la densité numérique des vaisseaux sanguins du ligament parodontal entre les 2 bœufs

La densité numérique moyenne des vaisseaux de l'Animal 9 était de 44.55 vx/mm² (±11.16), tandis que pour l'Animal 10, elle était de 38.98 vx/mm² (±7.99). (Figure 15).



Figure 15: Densité numérique des vaisseaux sanguins (vx/mm²) du PDL de l'Animal 9 (44.55 vx/mm² \pm 11.16) et de l'Animal 10 (38.98 vx/mm² \pm 7.99).

Comparaison de la densité numérique des vaisseaux sanguins du ligament parodontal entre les quatre différentes dents

La 1^{ère} molaire gauche de l'Animal 9 présentait la densité numérique la plus élevée avec une valeur de 46.58 vx/mm² (±13.65). L'homologue de l'Animal 10 (1^{ère} molaire gauche) présentait la densité numérique la plus faible avec une valeur de 36.58 vx/mm² (±8.58).

Les 1^{ères} molaires droites présentaient des valeurs de densité numérique intermédiaires : 42.58 vx/mm² (±7.73) pour l'Animal 9 et 41.48 vx/mm² (±6.61) pour l'Animal 10 (Figure 16).



Figure 16: Densité numérique des vaisseaux sanguins du PDL (vx/mm²) des quatre 1^{ères} molaires analysées.

Le test ANOVA a détecté une légère différence significative (P=0.00589), l'application du Test de Scheffe a situé cette différence entre les 1^{ères} molaires gauches de l'Animal 9 et de l'Animal 10 (*).

Comparaison de la densité numérique des vaisseaux sanguins du ligament parodontal entre les différents niveaux des racines au sein du même animal

Au sein de l'Animal 9, le niveau b présentait la plus faible densité numérique des vaisseaux avec une moyenne de 40.80 vx/mm² (±4.72), suivi par les niveaux a et c avec une moyenne de 42.02 vx/mm² (±8.42) et de 47.56 vx/mm² (±14.81), respectivement. Le niveau d présentait la densité numérique la plus élevée avec une moyenne de 47.83 vx/mm² (±13.26) (Figure 17).

Au sein de l'Animal 10, le niveau b présentait également la densité numérique la plus faible avec une moyenne de 37.26 vx/mm² (±6.90). Le niveau c suivait de très près avec une moyenne de 37.31 vx/mm² (±8.26).

Les niveaux a et d avaient les densités numériques les plus élevées avec une moyenne de 41.03 vx/mm² (±6.43) et de 40.48 vx/mm² (±10.04), respectivement (Figure 17).





Comparaison de la densité des vaisseaux sanguins du ligament parodontal entre les différentes régions (dl, db, dd, ml, mb, mm) au sein du même animal

Comme pour la densité, les résultats des différentes régions des racines (dl, db, dd, ml, mb, mm) ont été regroupés pour vérifier si une ou plusieurs zones de la dent présentaient une densité numérique plus marquée (Figure 18). Les valeurs moyennes des densités numériques étaient comprises dans une fourchette allant de 34.96 vx/mm² (±4.16) pour les régions dd de l'Animal 10 à 53.29 vx/mm² (±18.65) pour les régions ml de l'Animal 9. En ce qui concerne les autres régions, les densités numériques suivantes ont été trouvées:

- Animal 9: dl 49.57 vx/mm² (±10.73); db 39.37 vx/mm² (±6.12); dd 47.59 vx/mm² mb 37.02 vx/mm² (±3.92); mm 40.47 vx/mm² (±5.43)
- Animal 10 : dl 44.65 vx/mm² (±10.51) ; db 35.61 vx/mm² (±5.67) ; ml 46.15 vx/mm² (±6.46) ; mb 35.07 vx/mm² (±6.19); mm 38.13 vx/mm² (±7.39)





Selon ANOVA une différence existait entre les régions des 1ères molaires au sein de chaque groupe d'animaux (P=0.0114 et P=0.0039 pour les Animaux 9 et 10, respectivement). Cette observation n'a pas été confirmée par le test de Scheffe qui n'a pas réussi à identifier la localisation de ces différences statistiques.

4.1.3. Largeur du ligament parodontal bovin

La largeur du ligament parodontal a été obtenue pour chacune des 6 régions (db, dd, dl, mb, mm, ml) et pour chaque niveaux de profondeur (a, b, c et d) des quatre 1^{ères} molaires de cette étude.

A l'aide du programme informatique Adobe Photoshop, on a calculé la *longueur L* en additionnant les séries de lignes droites continues, et ceci pour chacune des 95 images reconstruites.

La largeur du PDL a découlé d'une approximation mathématique qui considérait la *surface arrondie du ligament* (qui était connue), comme un rectangle. Pour trouver la largeur h, il nous a suffit d'appliquer les fondements de géométrie (Figure 19 et Tableau III):

Largeur h = ·	surface PDL
	longueur L



Figure 19: Série continue de lignes droites au milieu du ligament parodontal qui additionnées donnaient la longueur (L) du PDL. Le rapport entre la surface du PDL et la longueur L donnait la largeur (h) du PDL.

La longueur des photos reconstruites était estimée à environ 5 mm. Une analyse plus précise indiquait une fourchette de variation allant de 3.12 mm (Animal 9, racine distale droite, niveau c, région vestibulaire) à 5.79 mm (Animal 9, racine distale gauche, niveau a, région distale). La moyenne était tout de même plus proche de notre estimation avec une valeur de 4.49 mm.

Une fois les largeurs du PDL calculées, on a décidé de transformer l'unité de mesure de mm à µm pour une question pratique étant donné les valeurs relativement faibles.

La largeur moyenne du PDL était de 551 µm. La largeur la plus étroite trouvée était de 221 µm (Animal 9, racine mésiale gauche, niveau c, région linguale) et la plus étendue était de 785 µm (Animal 10, racine mésiale droite, niveau a, région linguale) (Photo 10 et Photo 11).



Photo 11: Animal 10, racine mésiale droite, niveau a, région linguale. La largeur du PDL était de 785 µm.

Comparaison de la largeur du ligament parodontal entre les 2 bœufs

Dans un premier temps, on a comparé la largeur moyenne des molaires des 2 animaux analysés.

La largeur moyenne du ligament parodontal au sein de l'Animal 9 était de 470 μ m (±100) tandis que pour l'Animal 10, elle était de 633 μ m (±89) (Figure 20).



Figure 20: Les largeurs moyennes du PDL des Animaux 9 et 10 (2 molaires par animal) était de 470 μ m (±100) et 633 μ m (±89), respectivement.

Comparaison de la largeur du ligament parodontal entre les quatre différentes dents

La largeur du ligament parodontal des quatre molaires a été calculée. La représentation graphique nous a reconfirmé le décalage entre la largeur du ligament parodontal de l'Animal 9 et celui de l'Animal 10 (Figure 21).

Les moyennes des largeurs du ligament parodontal allaient de 652 μ m (±84.25) pour la 1^{ère} molaire droite de l'Animal 10 à 448 μ m (±110.19) pour la 1^{ère} molaire gauche de l'Animal 9.

Les valeurs des largeurs des 2 autres dents étaient de 491 μ m (±86.53) pour la 1^{ère} molaire droite de l'Animal 9 et de 616 μ m (±92.47) pour la 1^{ère} molaire gauche de l'Animal 10 (Figure 21).



Figure 21: Largeur du PDL (μm) des quatre 1^{ères} molaires analysées. Le test ANOVA (P=0.0000) a détecté une différence significative, l'application du test de Scheffe a permis de localiser les différences entre chaque molaire avec les 2 dents de l'autre animal (*). Aucune différence n'a été détectée au sein du même animal.

Comparaison de la largeur du ligament parodontal entre les différents niveaux des racines au sein du même animal

Tout en gardant les animaux distincts, on a regroupé les résultats par niveau de profondeur de la racine (a, b, c et d).

Au sein de l'Animal 9, le niveau c présentait la largeur du ligament la plus faible avec une moyenne de 427 μ m (±89), suivi par les niveaux d et b avec une moyenne de 445 μ m (±85) et de 467 μ m (±77), respectivement. Le niveau a présentait la plus grande largeur de ligament parodontal avec une moyenne de 540 μ m (±118) (Figure 22).

Au sein de l'Animal 10, la largeur du ligament la plus faible était représentée par le niveau d avec une moyenne de 599 μ m (±97), suivie de près par le niveau c avec une moyenne de 613 μ m (±116). Le niveau a présentait la plus grande largeur de ligament parodontal avec une moyenne de 670 μ m (±64). Le niveau b avait une largeur de 655 μ m (±57) de moyenne (Figure 22).



Figure 22: Largeur du PDL (µm) des différents niveaux de profondeur des racines (a, b, c et d) au sein du même Animal (9 et 10).

Au sein de l'animal 9 le test ANOVA a détecté une différence significative (P=0.02801), l'application du test de Scheffe a permis de localiser cette différence entre les niveaux a et c (*).

Comparaison de la largeur du ligament parodontal entre les différentes régions (dl, db, dd, ml, mb, mm) au sein du même animal

Les largeurs du ligament parodontal des différentes régions (dl, db, dd, ml, mb, mm) ont été calculées dans le but de savoir si une, ou plusieurs zones de la dent présentait une largeur du PDL plus marquée.

Les valeurs moyennes de la largeur du PDL étaient comprises dans une fourchette allant de 428.24 μ m (±93.08) pour la région distale de l'Animal 9 à 691.19 μ m (±66.90) pour la région distale de l'Animal 10.

En ce qui concernait les autres valeurs, on a trouvé les résultats suivants (Figure 23):

- Animal 9 : dl 472.24 μm (±87.80); db 469.62 μm (±84.75) ; ml 485.96 μm (±148.66); mb 498.71 μm (±96.04); mm 463.74 μm (±97.39)
- Animal 10 : dl 612.64 μm (±161.17); db 641.22 μm (±65.31); ml 645.11 μm (±88.96); mb 610.70 μm (±86.82); mm 607.51 μm (±38.70)



Figure 23: Largeur du PDL (μ m) des différentes régions des racines (dl, db, dd, ml, mb, mm) au sein du même animal (9 et 10).

4.1.4. Diamètres des vaisseaux sanguins du ligament parodontal bovin

En moyenne, 96.5 vaisseaux sanguins ont été inventoriés dans chaque coupe. La taille minimale des vaisseaux était de 6 pixels (les vaisseaux de taille inférieure n'ont pas pu être sélectionnés).

La longueur des régions sélectionnées n'étant pas strictement la même (Tableau III), des comparaisons directes n'étaient pas possibles; néanmoins il était intéressant de noter que la fourchette du nombre moyen de vaisseaux observés allait d'un minimum de 61 (Animal 10, racine mésiale gauche, niveau b, région mésiale) à un maximum de 170 (Animal 10, racine mésiale droite, niveau a, région linguale) (Photo 7 et Photo 8, Tableau III).

Comparaison des diamètres des vaisseaux sanguins du ligament parodontal entre les 2 bœufs

Les diamètres de tous les vaisseaux sanguins des coupes analysées ont été regroupés par animal : Animal 9 et Animal 10.

Le diamètre moyen des vaisseaux sanguins au sein du groupe 9 était de 0.058 mm (±0.046), tandis que pour le groupe 10 il était de 0.055 mm (±0.045). (Tableau IV, Tableau V, Tableau VI, Tableau VII, Tableau VII, Tableau X, Tableau XI et Figure 24).



Figure 24: Histogramme des diamètres moyens des Animaux 9 (0.058 mm \pm 0.046) et 10 (0.055 mm \pm 0.045).

Deux autres représentations graphiques ont aussi été établies afin de mieux visualiser la distribution des différents diamètres ainsi que les valeurs extrêmes, notamment celles des valsseaux avec de très gros diamètres.

BOX PLOT

On rappelle ici que avant de procéder à la représentation graphique sous forme de box plot, les valeurs ont dû être rangées par ordre croissant.

Cette représentation graphique se caractérise par la visualisation immédiate des outliers (représentés par des points noirs).

La médiane pour l'Animal 9 était de 0.045mm, tandis que pour l'Animal 10 elle était de 0.041mm (Figure 25).

Les valeurs les plus extrêmes (outliers max) étaient de 0.463mm et de 0.415mm pour les Animaux 9 et 10, respectivement.



Figure 25: Box-plot des diamètres des vaisseaux sanguins du PDL des Animaux 9 et 10. La médiane pour l'Animal 9 était de 0.045mm, celle pour l'Animal 10 était de 0.041mm.

HISTOGRAMMES DE FREQUENCE

Il s'agit ici de représenter graphiquement la distribution des diamètres. On rappelle à ce propos que avant de procéder à la représentation graphique sous forme de histogramme de fréquence, il était nécessaire de choisir arbitrairement un nombre d'intervalles dans lesquels placer nos données. Dans le cas actuel on a choisi 18 intervalles de 0.02 mm allant de 0 à 0.36 mm.

Chaque diamètre enregistré a été classifié selon sa valeur dans l'intervalle lui correspondant.

La *fréquence* étant le nombre de données par intervalle. Afin de pouvoir faire des comparaisons entre les différentes fréquences, il a fallu les normaliser en divisant la fréquence par le nombre d'observations et en multipliant par 100. On obtient ainsi le pourcentage de vaisseaux sanguins présents dans chaque intervalle (Figure 26 et Tableau XII).


Figure 26: Histogramme de fréquence (valeurs normalisées) des Animaux 9 et 10. En concernant l'Animal 9, les intervalles allant de 0.32mm à 0.36mm ne contenaient pas de valeurs. La valeur normalisée la plus importante se trouvait dans l'intervalle allant de 0.02mm à 0.04mm (valeur normalisée maximale : 25%).

En concernant l'Animal 10, chaque intervalle contenait des valeurs. La valeur normalisée la plus importante se trouvait, comme pour l'Animal 9, dans l'intervalle allant de 0.02mm à 0.04mm (valeur normalisée maximale : 28%).

Comparaison des diamètres des vaisseaux sanguins du ligament parodontal entre les quatre différentes dents

Les diamètres de tous les vaisseaux sanguins des coupes analysées ont été regroupés par dent pour un total de quatre 1^{ères} molaires: deux molaires gauches et deux molaires droites venant de deux animaux différents (Animal 9 et 10).

Le diamètre moyen des vaisseaux sanguins de la 1^{ère} molaire droite de l'Animal 9 était le plus important avec une valeur de 0.060mm (\pm 0.049), se suivaient ainsi la molaire gauche de l'Animal 10 avec une valeur de 0.057mm (\pm 0.045) ; la molaire gauche de l'Animal 9 avec une valeur

de 0.056mm (\pm 0.042), et la restante molaire droite de l'Animal 10 avec une valeur de 0.053mm (\pm 0.045) (Figure 27).



Figure 27: Histogrammes des diamètres moyens des 4 dents analysées : 9L (0.056mm \pm 0.042), 9R (0.060mm \pm 0.049), 10L (0.057mm \pm 0.045) et 10R (0.053mm \pm 0.045). Le test ANOVA (P=0.00000) et le test de Scheffe ont montré une différence significative (*) entre trois des quatre dents (cette différence est due au nombre très important de mesures).

BOX PLOT

Les médianes des diamètres des vaisseaux sanguins des 1ères molaires de l'Animal 9 étaient de 0.045mm (outlier max : 0.463mm) et de 0.044mm (outlier max: 0.306mm) pour le côté droit et gauche, respectivement. De façon analogue, les médianes des diamètres des vaisseaux sanguins des 1ères molaires droite et gauche de l'Animal 10 étaient de 0.043mm

(outlier max: 0.415mm) et 0.039mm (outlier max: 0.305mm), respectivement (Figure 28).





Les médianes, dans l'ordre d'apparition des dents (10L, 10R, 9L et 9R) étaient de 0.039mm (outlier max : 0.305mm), 0.043mm (outlier max : 0.415mm), 0.044mm (outlier max : 0.306mm) et 0.045mm (outlier max : 0.463mm).

HISTOGRAMMES DE FREQUENCE

Les mêmes 18 intervalles de 0.02 mm allant de 0 à 0.36 mm ont été choisis pour représenter la distribution des vaisseaux sanguins présents dans le ligament parodontal des quatre dent analysées par rapport à leur diamètre.

L'intervalle représentant les vaisseaux de diamètre compris entre 0.02 mm et 0.04 mm était le plus peuplé, cette observation était valable pour les quatre dents analysées.

Les valeurs normalisées du nombre de vaisseaux sanguins maximales étaient respectivement de 27% et 24% pour les molaires gauche et droite de l'Animal 9 ; les deux molaires de l'Animal 10 présentaient la même valeur de 28%.

Les 2 intervalles allant de 0.32mm à 0.36mm ne présentaient pas de valeurs, à l'exception des données de la dent 10R qui présentaient 2 et 5 vaisseaux (valeurs non normalisées), respectivement. La dent 10R était d'ailleurs la seule à présenter des vaisseaux dans chaque intervalle.

Les dents 9R et 10R présentaient 2, respectivement 1, vaisseaux (valeurs non normalisées) allant au delà des intervalles choisis (Figure 29) ; ces vaisseaux hors norme sont graphiquement plus faciles à voir sur la Figure 28.



Figure 29: Histogrammes de fréquence (valeurs normalisées) des diamètres des vaisseaux sanguins des quatre 1ères molaires analysées.

Le nombre de vaisseaux le plus important se trouvait, pour les quatre groupes, dans l'intervalle (0.02-0.04) mm avec des valeurs de 27%, 24%, 28% et 28% (dans l'ordre de la légende).

Les 2 intervalles allant de 0.32mm à 0.36mm contenaient que des valeurs issues de la dent 10R.

Les dents 9R et 10R présentaient des vaisseaux dont le diamètre allait au-delà des intervalles choisis.

Comparaison des diamètres des vaisseaux sanguins du ligament parodontal entre les différents niveaux des racines au sein du même animal

Les diamètres de tous les vaisseaux sanguins ont été regroupés par niveau de profondeur de la racine (a, b, c et d). Les racines mésiales et distales ont été traitées indistinctement.

Au sein de l'Animal 9, la moyenne des diamètres du niveau a était la plus faible avec une valeur de 0.056mm (±0.046mm), suivie par les niveaux d et b avec une moyenne de 0.058 (±0.044mm) et 0.059mm (±0.047mm), respectivement. Le niveau c présentait les plus grands diamètres des

vaisseaux sanguins avec une valeur moyenne de 0.060mm (±0.047mm) (Figure 30).

Au sein de l'Animal 10, les diamètres des vaisseaux sanguins les plus faibles étaient représentés par le niveau d avec une moyenne de 0.050mm (\pm 0.038mm), suivie par le niveau c avec une moyenne de 0.054mm (\pm 0.043mm). Le niveau a présentait les diamètres les plus importants avec une moyenne de 0.058mm (\pm 0.051mm). Le niveau b avait des diamètres de 0.057mm (\pm 0.047mm) de moyenne (Figure 30).



Figure 30: Histogramme des diamètres moyens des vaisseaux sanguins des niveaux de profondeur des racines (mésiales et distales indistinctement) des Animaux 9 et 10.

BOX PLOT

Au sein de l'Animal 9, les médianes des diamètres des vaisseaux sanguins des niveaux des racines allant de a (le plus apical) à d (le plus coronaire) étaient de 0.042mm (outlier max : 0.288mm), 0.045mm (outlier max : 0.277mm), 0.046mm (outlier max : 0.306mm) et 0.046mm (outlier max : 0.463mm), respectivement (Figure 31).

Au sein de l'Animal 10, les médianes des diamètres des vaisseaux sanguins des niveaux des racines allant de a à d étaient de 0.043mm (outlier max : 0.352mm), 0.042mm (outlier max: 0.346mm), 0.041mm (outlier max : 0.415mm) et 0.039mm (outlier max : 0.319mm), respectivement (Figure 32).



Figure 31: Box plot des diamètres des vaisseaux sanguins du PDL des 4 niveaux de profondeur des racines des 1ères molaires de l'Animal 9.

Les médianes, dans l'ordre de profondeur des racines, du plus apical (a) ou plus coronaire (d), étaient de 0.042mm (outlier max : 0.288mm), 0.045mm (outlier max: 0.277mm), 0.046mm (outlier max : 0.306mm) et 0.046mm (outlier max : 0.463mm)





Les médianes, dans l'ordre de profondeur des racines, du plus apical (a) ou plus coronaire (d), étaient de 0.043mm (outlier max: 0.352mm), 0.042mm (outlier max: 0.346mm), 0.041mm (outlier max: 0.415mm) et 0.039mm (outlier max: 0.319mm).

HISTOGRAMMES DE FREQUENCE

En souci de pouvoir faire des comparaisons directes entre la distribution des diamètres des vaisseaux sanguins du PDL, on a conservé les 18 mêmes intervalles de 0.02mm, allant de 0 à 0.36mm.

Encore une fois l'intervalle de diamètres qui a présenté le plus de vaisseaux a été celui allant de 0.02mm à 0.04mm, et ceci pour chaque

niveau de profondeur de toutes les racines des deux animaux (Figure 33 et Figure 34).

En concernant l'Animal 9, le niveau d présentait 2 vaisseaux (valeurs non normalisées) avec un diamètre allant au-delà des intervalles choisis. Ces gros vaisseaux, avec un diamètre sortant du lot, sont mieux visibles sur la Figure 31. Les autres niveaux ne présentaient pas de vaisseaux avec un diamètre allant au-delà de l'intervalle : 0.30mm à 0.32mm (Figure 33).

En concernant l'Animal 10, le niveau c présentait 1 vaisseau (valeur non normalisée) avec un diamètre allant au-delà des intervalles choisis. Les niveaux a, b et c présentaient en outre quelques gros vaisseaux avec des diamètres allant de 0.30mm à 0.36mm (Figure 34). Encore une fois ces gros vaisseaux sont plus aisément détectés sur la représentation Box Plot de la Figure 32.



Figure 33: Histogramme de fréquence (valeurs normalisées) des diamètres des vaisseaux sanguins des 4 niveaux de profondeurs des racines mésiale et distale des deux molaires de l'Animal 9.

Le niveau d présentait 2 vaisseaux au diamètre allant au-delà des intervalles choisis.



Figure 34: Histogramme de fréquence (valeurs normalisées) des diamètres des vaisseaux sanguins des 4 niveaux de profondeurs des racines mésiale et distale des deux molaires de l'Animal 10.

Le niveau c présentait 1 vaisseau au diamètre allant au-delà des intervalles choisis.

Comparaison des diamètres des vaisseaux sanguins du ligament parodontal entre les différentes régions des racines au sein du même animal

Les moyennes des diamètres des vaisseaux sanguins présents dans le ligament parodontal ont été regroupées cette fois selon leur localisation (région) autour des racines mésiales et distales des Animaux 9 et 10 distinctement (Figure 35).

Au sein de l'Animal 9, la région mb présentait les vaisseaux avec les diamètres les plus importants avec une moyenne de 0.071mm (±0.056mm). Les régions dl et ml présentaient les vaisseaux avec les diamètres les plus faibles avec la même moyenne de 0.049mm (les écartypes étaient de 0.035mm et 0.033mm pour les régions dl et ml, respectivement).

Les autres régions contenaient des vaisseaux aux diamètres intermédiaires dont les moyennes étaient de 0.060mm (±0.043mm), 0.058mm (±0.051mm) et 0.066 (±0.052mm), pour les régions db, dd et mm, respectivement.

Au sein de l'Animal 10, comme pour l'Animal 9, la région présentant les vaisseaux au plus petit diamètre était la région dl avec une moyenne de 0.045mm (\pm 0.037mm). Il s'en suivait, dans l'ordre, les régions mm (0.052mm (\pm 0.040mm)), db et ml : avec une moyenne égale de 0.056mm (les écartypes étaient de (\pm 0.039mm) et (\pm 0.044mm), respectivement), la région dd (0.058mm (\pm 0.057mm) et, encore une fois, la région avec les vaisseaux présentant les plus gros diamètres était la région mb avec une moyenne de 0.060mm (\pm 0.047mm).



Figure 35: Histogramme des diamètres moyens des vaisseaux sanguins des différentes régions (db, dd, dl, mb, mm et ml) du PDL.

BOX PLOT

Au sein de la racine distale de l'Animal 9, les médianes des diamètres des vaisseaux sanguins des 3 différentes régions étaient de 0.050mm (outlier max : 0.254mm), 0.040mm (outlier max : 0.277mm) et 0.041mm (outlier

max : 0.306mm) pour les régions buccale, distale et linguale, respectivement (Figure 36).

Au sein de la racine mésiale de l'Animal 9, les médianes des diamètres des vaisseaux sanguins des 3 différentes régions étaient de 0.050mm (outlier max : 0.289mm), 0.040mm (outlier max: 0.244mm) et 0.054mm (outlier max : 0.463mm) pour les régions buccale, linguale et mésiale, respectivement (Figure 36).





Les médianes, dans l'ordre d'apparition (de gauche à droite sur le graphique), étaient de 0.050mm (outlier max : 0.254mm), 0.040mm (outlier max : 0.277mm), 0.041mm (outlier max : 0.306mm), 0.050mm (outlier max : 0.289mm), 0.040mm (outlier max: 0.244mm) et 0.054mm (outlier max : 0.463mm).

Au sein de la racine distale de l'Animal 10, les médianes des diamètres des vaisseaux sanguins des 3 différentes régions étaient de 0.047mm (outlier max: 0.250mm), 0.037mm (outlier max: 0.415mm) et 0.035mm (outlier max : 0.343) pour les régions buccale, distale et linguale, respectivement (Figure 37).

Au sein de la racine mésiale de l'Animal 10, les médianes des diamètres des vaisseaux sanguins des 3 différentes régions étaient de 0.046mm (outlier max : 0.319mm), 0.044mm (outlier max: 0.327mm) et 0.041mm (outlier max : 0.244mm) pour les régions buccale, linguale et mésiale, respectivement (Figure 37).





Les médianes, dans l'ordre d'apparition (de gauche à droite sur le graphique), étaient de 0.047mm (outlier max: 0.250mm), 0.037mm (outlier max: 0.415mm), 0.035mm (outlier max : 0.343), 0.046mm (outlier max : 0.319mm), 0.044mm (outlier max: 0.327mm) et 0.041mm (outlier max : 0.244mm).

HISTOGRAMMES DE FREQUENCE

Les diamètres des vaisseaux sanguins du PDL on été rangés dans les mêmes 18 intervalles de 0.02mm allant de 0 à 0.36mm.

Encore une fois, l'intervalle présentant le plus grand nombre de vaisseaux était celui allant de 0.02mm à 0.04mm, mais cette fois ça ne faisait pas l'unanimité des différentes régions examinées. Au sein de l'Animal 9, l'intervalle représentant les vaisseaux de diamètre allant de 0.02mm à 0.04mm contenait la plupart des vaisseaux des régions dd, dl mb, mm et ml. La région db faisait groupe à part car la plupart de ses vaisseaux présentaient des diamètres allant de 0.04mm à 0.06mm.

Les valeurs maximales normalisées du nombre de vaisseaux étaient de 22% (région db), 27% (région dd), 28% (région dl), 23% (région mb), 21% (région mm) et 38% (région ml) (Figure 38).

Résultats



Figure 38: Histogramme de fréquence (valeurs normalisées) des diamètres des vaisseaux sanguins des 6 régions autours des racines mésiales et distales des deux molaires de l'Animal 9.

Les valeurs maximales normalisées du nombre de vaisseaux étaient de, dans l'ordre d'apparition sur le graphique (de haut en bas sur la légende), 22%, 27%, 28%, 23%, 21% et 38%, respectivement.

Tous les vaisseaux, à l'exception de la région db, voyaient la majorité de leurs diamètres compris dans l'intervalle allant de 0.02mm à 0.04mm. Les vaisseaux de la région db étaient pour la plupart compris dans l'intervalle allant de 0.04mm à 0.06mm.

Au sein de l'Animal 10, l'intervalle représentant les vaisseaux au diamètre compris entre 0.02mm et 0.04mm était le plus peuplé, et ceci pour toutes les six régions examinées. Les valeurs normalisées maximales du nombre de vaisseaux étaient de 24% (région db), 27% (région dd), 35% (région dl), 28% (région mb), 26% (région mm) et 29% (région ml) (Figure 39).



Figure 39: Histogramme de fréquence (valeurs normalisées) des diamètres des vaisseaux sanguins des 6 régions autours des racines mésiales et distales des deux molaires de l'Animal 10.

Les valeurs maximales normalisées du nombre de vaisseaux étaient de, dans l'ordre d'apparition sur le graphique (de haut en bas sur la légende), 24%, 27%, 35%, 28%, 26% et 29%, respectivement.

Tous les vaisseaux voyaient la majorité de leurs diamètres compris dans l'intervalle allant de 0.02mm à 0.04mm.

5. Discussion

Le parodonte est l'appareil de support de la dent. Des tissus durs (cément et os alvéolaire) et des tissus mous (gencive et ligament parodontal) en font partie.

Pour rappel : le but de cette étude était la caractérisation morphométrique des vaisseaux sanguins du ligament parodontal bovin. Une technique histologique classique associée à un système informatique spécifique nous a permis de mesurer, non seulement la largeur du ligament, mais aussi la densité et la densité numérique des vaisseaux sanguins présents dans le ligament parodontal, ainsi que leur diamètre.

5.1. Sélection des échantillons

Comme déjà brièvement indiqué dans le Chapitre 1 (Introduction), le bœuf était l'espèce animale qui a été retenue pour cette étude.

La littérature scientifique est riche en études portant sur le ligament parodontal animal, en particulier les rats, les souris et les chiens.

Jusqu'à ce jour, une seule étude s'est intéressée à la morphologie du ligament parodontal bovin (Berkovitz, Whatling et al. 1997). Cette étude portant sur les restes embryologiques des cellules épithéliales ne présentait malheureusement pas d'intérêt dans le contexte de notre travail.

Pour cette thèse, nous avons choisi le bovin car, initialement, le travail était relié à un plus ample projet comportant des tests mécaniques effectués sur le ligament parodontal par les ingénieurs du LMAF-EPFL (Pini, Wiskott et al. 2002; Pini 2004; Sanctuary 2005; Sanctuary 2006; Shibata 2006). Pour des raisons pratiques, des échantillons de grande taille ont été préférés, ce qui a toute de suite exclus les petits animaux tels les rats, les lapins et même les cochons, bien que ces derniers possèdent des dents plus semblables par leur morphologie et leur fonction (omnivores) à celles de l'homme. Les bœufs sont des animaux herbivores qui passent une bonne partie de leur vie à "cisailler" de l'herbe. Ceci influence probablement la morphologie de leur ligament parodontal qui serait plus large, plus vascularisé et qui présenterait des phénomènes de turnover plus importants de ceux qu'on a l'habitude d'observer chez les animaux avec un autre régime alimentaire (Schroeder 1986; Steigman, Michaeli et al. 1989; Biancu, Ericsson et al. 1995; McCulloch 2000).

L'autre raison importante qui a fait pencher le choix pour le boeuf était la facilité à obtenir des mandibules bovines auprès des abattoirs de la région lausannoise.

L'âge des bovins nous a été imposé par les lois de la santé en vigueur. Ces dernières nous ont imposé des animaux âgés de moins de 2 ans et demie. Les têtes d'animaux de plus de 2 ans et demie étant congelées pour subir le test de dépistage de la BSE. En effet, en 1996, il y a eu au Royaume Uni l'introduction du programme OTMS (Over Thirty Month Scheme) qui empêchait l'entrée dans la chaîne alimentaire humaine de bovins ayant plus de 30 mois d'âge. La BSE était essentiellement une maladie observée chez les animaux âgés. Depuis lors, cette loi s'est assouplie et permet la consommation d'animaux plus âgés, à conditions de subir ce test de dépistage et être certifiés consommables par l'office vétérinaire. A l'heure actuelle il n'existe pas de test diagnostic pour la détection des prions chez les animaux ou les hommes vivants (Raeber and Oesch 2006).

Ce test implique une période de latence et la congélation des mandibules. Afin d'optimaliser la qualité des coupes et éviter au maximum les artefacts, il a été préférable de minimaliser le temps écoulé entre la mort de l'animal et la fixation des tissus à analyser. De plus, on a préféré éviter de passer par une étape de congélation des tissus avant leur transformation en échantillons histologiques. Il est connu que la congélation peut avoir un effet important sur les propriétés mécaniques des tissus les plus fragiles (Quirinia and Viidik 1991; Chan 2002). Il n'existe aucun consensus dans la littérature concernant l'effet de la congélation sur la qualité et l'intégrité des échantillons histologiques. Dans le doute, on a préféré ne pas prendre de risques.

Une fois l'espèce choisie, il s'agissait de déterminer sur quelles dents se pencher pour effectuer les différentes mesures. A l'époque, après une série d'observations et de tests préliminaires effectués par les ingénieurs du LMAF-EPFL, le choix s'est porté sur la 1^{ère} molaire mandibulaire :

- Les incisives avaient été écartées car elles avaient un ligament parodontal trop large avec une importante mobilité par rapport aux autres dents (et par rapport aux dents humaines). De plus, seulement une petite partie de la racine des incisives était enrobée d'os, ce qui compliquait la préparation des échantillons à tester mécaniquement.
- Les prémolaires avaient des racines trop courtes, ce qui compliquait aussi la préparation des échantillons à tester.

La 1^{ère} molaire est la première des trois molaires mandibulaires à faire son éruption dans la cavité buccale. Elle est déjà présente à l'âge de 15 mois et elle présente une morphologie très constante. Elle possède 2 racines (une mésiale et une distale), relativement droites, sans déformations. Ceci n'est pas le cas des 2^{ème} et 3^{ème} molaires qui présentent de deux à cinq

racines selon l'animal, et souvent avec une forme difficile à définir (fusions des racines ou appendices qui poussent latéralement à une racine principale) (Jones 1957).

Pour ces différentes raisons, la 1^{ère} molaire a été choisie pour effectuer les tests mécaniques. Etant donné l'intérêt de relier les résultats mécaniques à la morphologie, la 1^{ère} molaire a été aussi sélectionnée pour cette étude histomorphométrique.

On rappelle ici que les molaires bovines sont soumises durant toute la vie de l'animal à une forte usure et que, pour conserver une longueur de couronne inchangée, la dent subit un constant mouvement d'éruption. La croissance du cément et de l'os alvéolaire contribue à ce mouvement (Jones 1957). La conséquence de ce phénomène est une morphologie adaptée, donc une histologie modifiée par rapport à l'histologie des dents à éruption limitée (Blaushild, Michaeli et al. 1992).

5.2. Technique et échantillons

La préparation rapide des sections horizontales et leur immersion immédiate dans le formol 4% a permis une meilleure et plus rapide fixation des tissus que si on procédait à la fixation du bloc entier. En outre, comme noté précédemment, aucun échantillon n'a subi un processus de congélation. Le temps écoulé entre la mort de l'animal et le début de la fixation des blocs de racine n'a pas dépassé trois heures. On a donné beaucoup d'importance au temps écoulé entre la mort de l'animal et la fixation des tissus dans le but d'avoir le moins d'artéfacts possibles dans nos coupes histologiques.

Une fois les coupes obtenues, on a procédé à un premier triage grâce à un examen visuel qui nous a permis d'écarter toutes les coupes présentant des gros artéfacts obtenus lors du sciage des blocs. On a ensuite éliminé les coupes les plus coronaires, présentant de l'émail descendant apicalement sous la crête alvéolaire (caractéristique bovine, pas présente chez les dents humaines). Les coupes les plus apicales ont également été écartées. Deux motifs principaux : en premier lieu, à cause de la liaison de ce travail avec une étude portant sur le comportement mécanique du ligament. Pour ces tests mécaniques, les échantillons de ligament devaient avoir une longueur de 5 mm minimum. Les échantillons provenant de l'apex ne permettaient pas de répondre à cette caractéristique. En deuxième lieu, à cause de la morphologie du ligament qui, à cet endroit, était très lâche et peu organisé. L'interprétation histologique aurait été trop difficile. Cette dernière observation s'est révélée cohérente avec des études sur les rats montrant une vascularisation étendue et une augmentation de la perméabilité des vaisseaux de la moitié apicale du ligament parodontale des dents à éruption continue (Attal, Blaushild et al. 2001). En effet, les compartiments progéniteurs parodontaux et dentaires se trouvaient dans la partie apicale. La demande en nourriture pour ces cellules se différenciant et proliférant était beaucoup plus élevée que celle des cellules adultes, pleinement fonctionnelles.

Chaque racine a été partagée sur un plan horizontal en 4 régions distinctes : vestibulaire (buccale), mésiale, distale et linguale (Photo 4, chap. Matériels et Méthodes). Or, lors des premières analyses informatiques, où il fallait sélectionner les vaisseaux sanguins, on s'est vite aperçu de l'impossibilité de prendre en compte les régions mésiales des racines distales et les régions distales des racines mésiales car elles présentaient un tissu trop lâche et d'interprétation difficile. Ces 2 régions ensemble représentaient la partie interradiculaire des molaires.

Une image a aussi été écartée car elle présentait un ligament trop lâche avec des vaisseaux partiellement éclatés. Il s'agissait de l'image représentant la partie linguale du niveau le plus apicale (niveau a) de la racine distale de la molaire droite de l'Animal 10.

Ce dernier tri a porté a 95 le nombre total d'images analysées.

5.3. Analyse informatique

L'analyse informatique a été faite uniquement à partir d'images reconstruites (plusieurs photogrammes collés entre eux). Cette procédure avait deux buts : d'un côté faciliter l'opération en analysant une seule grande image au lieu que (environ) 7, et de l'autre côté ceci nous a permis d'éviter une redondance des résultats due à la superposition des différents photogrammes.

Comme déjà mentionné auparavant, chaque résultat (nombre de vaisseaux, largeur du ligament,...) a découlé d'une sélection des vaisseaux et du contour du ligament parodontal, faite à la main. Malgré l'attention qu'on peut mettre dans l'exécution de ce travail, des imperfections ou des oublis ont été commis. Toutefois, sur l'important nombre de vaisseaux sanguins, ceci n'a vraisemblablement pas entraîné de conséquences.

Les deux animaux étudiés ont donné lieu à 95 images reconstruites. Le temps à disposition pour la mise au point de la préparation et de l'analyse des échantillons ne nous a pas permis de préparer et analyser les premières molaires d'autres bœufs. Ceci a représenté une limitation de l'étude. Dans le futur, il serait intéressant d'élargir la recherche à plusieurs individus.

5.4. Interprétation des résultats morphométriques

Dès le début des analyses, une inhomogénéité entre individus différents a été mise en évidence, non seulement en ce qui concerne les différentes densités, mais aussi concernant la largeur du ligament. C'est pour cette raison qu'on a toujours séparé les données des 2 animaux sans jamais mélanger les résultats.

Pour compléter l'interprétation des résultats, deux paramètres quasi similaires ont été retenus : la densité et la densité numérique des vaisseaux sanguins présents dans le ligament parodontal. La *densité* représente la surface des vaisseaux sur la surface totale du ligament. Ceci nous a indiqué la portion de ligament occupée par les vaisseaux. Mais c'était insuffisant pour se représenter la réalité des choses : les schémas qui suivent nous permettent de mieux comprendre :



Même densité

La surface du ligament (représentée par les 2 rectangles) occupée par les vaisseaux sanguins est la même pour les 2 figures, mais le nombre de vaisseaux sanguins est différent. Pour nous aider à faire la part des choses, on a décidé de calculer aussi la *densité numérique*, représentant le rapport entre le nombre de vaisseaux et la surface du ligament.



Même densité numérique

Les Figure 11 et Figure 15 (chapitre Résultats) ont montré une différence de densité et de densité numérique entre les 2 animaux. L'Animal 9 présentait plus de vaisseaux en nombre et en taille que l'Animal 10.

La densité des vaisseaux sanguins avait une tendance à être plus importante sur les molaires de l'hémiarcade droite des animaux (Figure 12), mais le nombre de vaisseaux ne contribuait pas à confirmer cette tendance (Figure 16).

La densité selon les différents niveaux de profondeur montrait une tendance inverse pour l'Animal 9 et 10 (Figure 13). L'Animal 9 montrait une densité en crescendo plus on s'approchait de la zone coronaire (pas statistiquement confirmé), tandis que la densité des vaisseaux sanguins de l'Animal 10 montraient une tendance complètement différente avec une densité qui diminuait significativement plus on s'approchait de la surface gingivale.

La tendance observée chez l'Animal 10 a été retrouvée lors de recherches sur un autre modèle animal : le rat. Les vaisseaux sanguins de la moitié apicale du ligament parodontal du rat occupaient 47% de la surface totale du ligament (presque la moitié de la surface à disposition), tandis que dans la partie coronaire ce pourcentage chutait à 4% (Blaushild, Michaeli et al. 1992). Encore une fois, l'importante vascularisation de la moitié apicale des dents à croissance continue est le résultat d'une forte demande métabolique et de la nécessité d'amortir la grosse charge fonctionnelle exercée sur les sensibles tissus dentaires et parodontaux en train de se générer (Robins 1977; Picton and Wills 1978).

Blaushild et ses collaborateurs (1992) ont aussi montré que la faible vascularisation de la partie coronaire du ligament parodontal des incisives de rat ressemblait en qualité et en quantité au système vasculaire des molaires de rongeurs (les molaires des rongeurs ne sont pas soumises à une croissance continue). Dans cette partie coronaire, il y avait un ligament constitué de tissu conjonctif très organisé ne requérant seulement qu'un minimum de vascularisation pour satisfaire ses besoins nutritionnels (Lew 1987).

Chez le rat, cette différence dans la vascularisation du ligament parodontal était étroitement liée avec les différentes fonctions des parties apicales et coronaires du ligament des dents en éruption continue. Cette tendance n'a été confirmée que par l'Animal 10.

Le faible nombre d'animaux de cette étude nous a empêché d'affirmer que le système vasculaire du bœuf se comportait comme celui des incisives des rongeurs.

Concernant le nombre de vaisseaux sanguins présents dans le ligament parodontal, les 2 animaux n'ont pas présenté des résultats similaires.

Le nombre de vaisseaux sanguins présents dans le ligament de l'Animal 9 montrait une légère tendance à augmenter plus on montait coronairement. Ceci serait en accord avec le concept qui voit une contribution des branches des artères interalvéolaires et interradiculaires s'infiltrant coronairement dans l'os spongieux du processus alvéolaire, typique des dents humaines (Schroeder 1986; Ten Cate 1998). Donc, au sein de l'Animal 9, la quantité de sang augmentait coronairement, non seulement grâce à une densité de vaisseaux plus importante, mais aussi grâce à un plus grand nombre de vaisseaux. Cette tentante conclusion, qui serait contraire aux principes de croissance continue des dents, n'a pas été confirmée par les valeurs de l'Animal 10 qui montraient, à parité de nombre de vaisseaux dans les 4 niveaux, une taille des vaisseaux décroissante plus on s'approchait de la partie coronaire.

Les vaisseaux parodontaux du bœuf se trouvant toute la journée sous une charge fonctionnelle importante. Mais ceci ne semblait pas affecter significativement leur nombre le long des 4 étages de profondeur des racines, bien que les forces auxquelles ils étaient soumis fussent latérales, et donc d'intensité et de type différent le long de l'axe de la dent. Le nombre constant de vaisseaux sanguins le long de l'axe de la dent était en accord avec des études effectuées sur les rats et les chiens, au cours desquelles les molaires ont été soumises à une forte charge fonctionnelle. Le nombre des vaisseaux parodontaux (petites artérioles et veinules de collection) n'était pas affecté par la charge (Ng, Walker et al. 1981; Lew 1989; Sims 1999). Une explication possible serait que les parois des vaisseaux contiendraient 1 ou 2 couches de muscles lisses. Leur épaisseur relative les rendraient moins susceptibles aux stimuli externes. De même que pour les vaisseaux des rats et des chiens, la musculature lisse pourrait rendre les vaisseaux bovins non réceptifs aux stimuli externes.

Dans la littérature, le contraire a aussi été démontré avec des études portant sur les mouvements orthodontiques où l'augmentation du nombre de capillaires et veinules postcapillaires aux sites sous tension et compression a été reportée. Ce phénomène était attribué à un processus inflammatoire qui s'installait dans les tissus mécaniquement stimulés (Rygh, Bowling et al. 1986; Cooper and Sims 1989; Vandevska-Radunovic 1994). Ceci impliquerait un état inflammatoire chronique. Mais, lors de l'analyse des images histologiques, on n'a pas pu mettre en évidence ni les cellules typiques de l'inflammation, ni des processus de néoangiogénèse. Les densités des différentes régions sur le plan horizontal des racines des molaires des 2 animaux (Figure 14) présentaient des tendances interindividuelles marquées à l'exception de la région linguale des racines distales. Cette dernière région présentait chez les 2 animaux une densité des vaisseaux qui tendait à être plus faible que les autres régions. Ceci n'a été que partiellement confirmé par la statistique (en ce qui concernait l'Animal 9). Curieusement, l'inverse a été observé lors de l'analyse de la densité numérique, où les régions linguales (et en partie les distales et mésiales) présentaient une tendance à avoir les valeurs les plus importantes. Cette tendance était aussi visible à la simple observation histologique des coupes. Une justification à ce phénomène pourrait être recherchée dans le mouvement de mastication-cisaillement des bœufs qui pourrait impliquer, dans la région linguale, une nécessité à une vascularisation plus importante. Steigman et ses collaborateurs, en 1989, suggéraient qu'une augmentation de la fonction occlusale augmentait la demande en sang, forcant l'élargissement de la largeur du ligament. Dans notre étude, l'apport sanguin ne semblait pas avoir de corrélations avec la largeur du ligament parodontal (voir plus loin dans "Discussion"). Le nombre plus important de vaisseaux dans la zone linguale des racines est pour le moment une tendance non soutenue par la statistique. Un nombre plus important d'échantillons serait nécessaire pour confirmer cette tendance et essayer ensuite d'y trouver une justification vraisemblable.

Beaucoup d'études ont porté sur l'influence de la force occlusale sur le développement crânio-facial chez les animaux qui ont adopté une diète comportant des aliments durs. Un régime de ce type influençait l'apposition osseuse au niveau de la mandibule et des condyles qui devenaient plus massifs et longs (McFadden, McFadden et al. 1986). Par opposition, l'hypofonction due à une diète molle réduisait l'apposition d'os au niveau de la mandibule et changeait en général le type de

croissance crânio-faciale (Kiliaridis, Engstrom et al. 1985; Haskell, Day et al. 1986; Kjellberg 1987). Malheureusement, l'influence de la diète sur la vascularisation du ligament parodontal est beaucoup moins connue.

Comme pour les mesures concernant les vaisseaux sanguins, la largeur du ligament parodontal ne faisait pas exception à la tendance déjà observée. En effet, on a pu mettre en évidence une différence statistiquement significative entre la largeur du ligament parodontal des 2 animaux étudiés (Figure 20). Curieusement, l'Animal 9 qui présentait le plus grand nombre de vaisseaux avec un plus grand diamètre, possédait une largeur du ligament parodontal inférieur à celle de l'Animal 10. Cette observation nous permettait de suggérer que la largeur du ligament parodontal était indépendante de la concentration de vaisseaux sanguins qu'il peut abriter. Dans tous les cas, la largeur du ligament parodontal du bœuf était environ 2-3 fois plus importante que la largeur du ligament parodontal humain (Coolidge 1937; Schroeder 1986; Ralph and Thomas 1988; Ten Cate 1998; Pini, Wiskott et al. 2002).

Chez plusieurs espèces, dont l'homme, il a été montré que le ligament parodontal s'élargissait en réponse à une augmentation de la charge occlusale (Schroeder 1986; Steigman, Michaeli et al. 1989). De la même manière, on pouvait imaginer que l'importante dimension du ligament parodontal bovin serait due à une plus grande charge fonctionnelle due au régime herbivore.

L'étude sur un modèle à éléments finis de Ona et Wakabayashi (Ona and Wakabayashi 2006) montrait que l'élargissement du ligament parodontal était une façon de faire diminuer le stress lors de l'application d'une force occlusale, et donc de diminuer le risque potentiel d'endommagement du ligament.

L'habilité du ligament parodontal à s'adapter aux forces occlusales a été montrée aussi par des études in vivo comportant l'application de charges horizontales sur les dents de chien. Le mouvement de "jiggling" qui en

Discussion

résultait avait plusieurs effets sur le ligament. Parmi ces effets : l'élargissement de l'espace parodontal dans les régions de concentration de stress (observations histologiques), l'augmentation du nombre d'ostéoclastes et l'augmentation du volume des vaisseaux sanguins (Steigman, Michaeli et al. 1989; Biancu, Ericsson et al. 1995).

D'autres études, beaucoup plus anciennes, montraient déjà que l'hyperfonction amenait à un épaississement du PDL (Picton 1969; Carranza 1979; Grant 1979; Goldman 1980).

Par opposition, une perte de la fonction occlusale induisait des changements atrophiques dans le ligament. Ces changements impliquaient le rétrécissement de l'espace parodontal, la diminution des vaisseaux sanguins et la diminution drastique des protéoglycanes (principaux composants de la substance fondamentale du ligament parodontal, ils contribuent au comportement viscoélastique et participent au remodelage du PDL) (Gould, Brunette et al. 1983; Kaneko, Ohashi et al. 2001).

Contrairement aux dents avec une croissance limitée, il n'y avait pas de rétrécissement du ligament lors de l'hypofonction chez les dents à éruption continue. Il est probable que l'éruption continue fournissait une stimulation suffisante pour le maintien de la taille normale du ligament (Steigman, Michaeli et al. 1989).

Selon les études de van den Bos et Tonino (1984), les activités métaboliques des dents à éruption continue n'étaient pas non plus affectées par la fonction.

L'élargissement du ligament parodontal bovin peut être vu comme un phénomène qui fait augmenter la mobilité dentaire, mais en agissant comme un mécanisme d'autodéfense en diminuant le stress et donc en diminuant les risques d'endommagement (Kuroiwa, Tachikawa et al. 1996).

Discussion

Chez l'homme, l'épaisseur du PDL est souvent décrite comme étant plus large coronairement. Graduellement elle devient de plus en plus fine jusqu'au niveau du point de rotation de la dent, pour ensuite redevenir plus épaisse en direction apicale (Coolidge 1937; Schroeder 1986; Ralph and Thomas 1988; Ten Cate 1998). Cette étude a montré que pour les dents bovines la tendance semblait être différente.

En effet, le ligament parodontal au niveau apical présentait toujours la plus grande largeur et diminuait au fur et à mesure qu'on s'approchait de la partie coronaire (Figure 22). Grâce à cette observation, on pourrait conseiller les ingénieurs sur la prise d'échantillons le long de la racine pour effectuer des tests mécaniques. Les échantillons doivent être extraits à des niveaux de profondeur similaires pour ne pas introduire une variable en plus et pouvoir mieux comparer les résultats (même s'il existe une différence entre les différents animaux).

Une comparaison analogue entre les largeurs du ligament parodontal a été faite au niveaux des régions autours des racines, mais on n'a pas pu mettre en évidence une quelconque caractéristique spécifique à chacune des régions. Il ne semblait pas que le ligament était plus ou moins épais en une région donnée (Figure 23). Même pas lingualement où le nombre de vaisseaux semblait être plus important, ce qui confirmait encore une fois que largeur et nombre de vaisseaux sanguins était 2 paramètres indépendants.

On rappelle ici que le programme informatique LabVIEW a procédé à des calculs dans le but d'obtenir, entre autre, la surface de chaque vaisseau sanguin. Une modification ultérieure du programme a été effectuée pour lui faire calculer le diamètre de chaque vaisseau sélectionné. Le principe de cette modification consistait à faire coïncider l'aire calculée avec un cercle parfait de même surface et à en déduire mathématiquement son diamètre. Or, dans ces coupes histologiques, les vaisseaux n'étaient que rarement coupés parfaitement transversalement. Dans la plupart des cas,

les vaisseaux montraient une section ellipsoïdale ou, dans le pire des cas, très irrégulière. La conséquence de cette approximation mathématique a été une surestimation des diamètres des vaisseaux sanguins. Tout en tenant compte de cette approximation et du fait que le test statistique utilisé n'était pas adapté à une distribution non-normale (ANOVA), on a pu, encore une fois, mettre en évidence une différence interindividuelle (Figure 24, Figure 25 et Figure 26). En regardant la représentation graphique de la Figure 24, on ne pouvait pas ignorer les énormes valeurs des écarts-types. Dans le but de mieux visualiser la distribution et les valeurs extrêmes (très gros vaisseaux), on a procédé à deux autres représentations graphiques : le Box plot et l'Histogramme de fréquence (Figure 25 et Figure 26, respectivement).

Les histogrammes de fréquence ont montré que la plupart des vaisseaux sanguins avaient un diamètre allant de 0 à 0.08mm, et ceci pour chaque niveau et pour chaque région examinés.

Grâce aux Box plot, on a pu facilement voir que chaque niveau de profondeur et chaque région examinée présentaient des vaisseaux de relativement gros diamètre. L'appréciation visuelle des coupes nous a confirmé que le ligament parodontal était parcouru par des gros vaisseaux. En se penchant sur les valeurs des diamètres calculés par LabVIEW, on a remarqué qu'il y avait de temps en temps des vaisseaux sanguins censés avoir un diamètre de environ 0.4mm (400µm). Or, dans aucune image, on n'a pu mettre en évidence un si gros vaisseau occupant la totalité de la largeur du ligament. Cette observation a été le résultat de deux imprécisions : d'un côté l'approximation qui surestimait le diamètre des vaisseaux, et de l'autre côté l'intégration de vaisseaux faisant partie des zones de remodelage osseux. La photo ci-dessus (Photo 12) nous en donne un aperçu :



Photo 12: Animal 9, racine mésiale droite, niveau d, région mésiale

Lors de l'analyse des coupes histologiques, on ne pouvait pas ignorer quelques différences morphologiques avec des coupes d'histologie de ligament humain.

Le parodonte bovin présentait des zones histologiques d'intense activité de remodelage, non seulement au niveau de l'os alvéolaire, mais aussi au niveau du cément radiculaire, toutefois en moindre mesure.

Le remodelage au niveau de l'os alvéolaire était un phénomène connu aussi chez d'autres espèces, dont l'homme.

Lors de la mise en fonction des dents, une contrainte est propagée à l'os via le ligament, entraînant comme résultat le micromouvement de la dent (Cattaneo, Dalstra et al. 2005). La concentration de stress compressifs sur l'os alvéolaire pourrait être un des facteurs causaux de la résorption osseuse (Polson, Adams et al. 1983). Ces forces ne doivent pas être ignorées car une charge répétitive de fatigue peut potentiellement accumuler le stress causant la résorption ou la dégénération osseuse (Jepsen and Davy 1997). Le ligament se défend de ce phénomène en augmentant la mobilité et en diminuant la hauteur osseuse alvéolaire lors des déplacements horizontaux des dents (Kuroiwa, Tachikawa et al. 1996).

Le cément, en particulier dans la portion apicale, présentait des inclusions de tissus mous avec des vaisseaux sanguins. Cette observation contrastait avec les dents humaines chez lesquelles on n'a jamais mis en évidence la présence de tissus mous vascularisés à l'intérieur du cément (Bosshardt 2005). Ceci suggérait que le cément bovin avait des caractéristiques s'approchant de l'os alvéolaire et de façon plus marquées que le cément humain. Les dents des herbivores ruminants poursuivent leur croissance tout au long de leur vie pour remédier à la constante perte de substance due aux mouvements de mastication. La présence de vaisseaux sanguins permet la survie des cémentocytes dans les couches profondes du cément, ce qui joue un rôle dans l'activité de remodelage et de production de cément. En 1990, Nojima et ses collaborateurs (Nojima 1990) ont pu mettre en évidence le phénotype des cellules du ligament parodontal bovin qui est de type ostéoblaste. Ceci indique qu'elles peuvent se différencier en ostéoblastes et/ou en cémentoblastes. Une caractéristique en plus qui nous explique la présence de zones de remodelage du cément à certains endroits de la racine bovine.

6. Bibliographie

- Attal, U., N. Blaushild, et al. (2001). "Histomorphometric study of the periodontal vasculature during and after experimental tipping of the rat incisor." <u>Arch Oral Biol</u> **46**(10): 891-900.
- Barnes, M. J., L. F. Morton, et al. (1976). "Presence of type III collagen in guinea-pig dermal scar." <u>Biochem J</u> **157**(1): 263-6.
- Beertsen, W., V. Everts, et al. (1974). "Fine structure of fibroblasts in the periodontal ligament of the rat incisor and their possible role in tooth eruption." <u>Arch Oral Biol</u> **19**(12): 1087-98.
- Berkovitz, B. K., M. E. Weaver, et al. (1981). "Fibril diameters in the extracellular matrix of the periodontal connective tissues of the rat." <u>Connect Tissue Res</u> 8(2): 127-32.
- Berkovitz, B. K., R. Whatling, et al. (1997). "The structure of bovine periodontal ligament with special reference to the epithelial cell rests." <u>J Periodontol</u> **68**(9): 905-13.
- Biancu, S., I. Ericsson, et al. (1995). "Periodontal ligament tissue reactions to trauma and gingival inflammation. An experimental study in the beagle dog." <u>J Clin Periodontol</u> 22(10): 772-9.
- Blaushild, N., Y. Michaeli, et al. (1992). "Histomorphometric study of the periodontal vasculature of the rat incisor." <u>J Dent Res</u> 71(12): 1908-12.
- Bosshardt, D. D. (2005). "Are cementoblasts a subpopulation of osteoblasts or a unique phenotype?" <u>J Dent Res</u> **84**(5): 390-406.
- Bosshardt, D. D., Bergomi, M., Vaglio, G., Wiskott, A. (2008). "Regional structural characteristics of bovine periodontal ligament samples and their suitability for biomechanical." <u>J Anat</u> **212**(3): 319-29.
- Carranza, F. A. (1979). "Classification of periodontal disease." In: <u>Glickman's Clinical Periodontology</u> W.B. Saunders et Co., Philadelphia.
- Carranza, F. A., Jr., M. E. Itoiz, et al. (1966). "A study of periodontal vascularization in different laboratory animals." <u>J Periodontal Res</u> 1(2): 120-8.
- Cattaneo, P. M., M. Dalstra, et al. (2005). "The finite element method: a tool to study orthodontic tooth movement." <u>J Dent Res</u> **84**(5): 428-33.

- Chan, R. W. a. T., I.R. (2002). "Effect of postmortem changes and freezing on the viscoelastic properties of vocal fold tissues." <u>Annals of</u> <u>Biomedical Engineering</u> **31**: 482-491.
- Chintakanon, K., Sims, M.R. (1995). "Ultrastructural morphology of vascular endothelial junctions in periodontal ligament." <u>Aust. Dent.</u> <u>J</u> **39**: 105-110.
- Chung, E. and E. J. Miller (1974). "Collagen polymorphism: characterization of molecules with the chain composition (alpha 1 (3)03 in human tissues." <u>Science</u> **183**(130): 1200-1.
- Clark, A. B., Sims, M.R. and Leppard B.A. (1991). "An analysis of the effect of tooth intrusion on the microvascular bed and fenestrae in the apical periodontal ligament of the rat molar." <u>Am. J. Orthod.</u> <u>Dentofac. Orthop.</u> **99**: 21-29.
- Coolidge, E. O. (1937). "The thickness of the human periodontal membrane." J Am Dent Assoc **24**: 1260-1276.
- Cooper, S. M. and M. R. Sims (1989). "Evidence of acute inflammation in the periodontal ligament subsequent to orthodontic tooth movement in rats." <u>Aust Orthod J</u> **11**(2): 107-9.
- Davidovitch, Z. (1991). "Tooth movement." <u>Crit Rev Oral Biol Med</u> **2**(4): 411-50.
- Dorow, C., Krstin, N., Sander, F.G. (2002). "Experiments to determine the material properties of the periodontal ligament." <u>J Orofac Orthop</u> **63**(94-104).
- Dublet, B., E. Dixon, et al. (1988). "Bovine type XII collagen: amino acid sequence of a 10 kDa pepsin fragment from periodontal ligament reveals a high degree of homology with the chicken alpha 1(XII) sequence." <u>FEBS Lett</u> 233(1): 177-80.
- Edwall, L. (1982). "In: Berkovitz BKB, Moxham BJ, Newman HN, eds. The periodontal ligament in health and disease." <u>Oxford: Pergamon Press</u>.
- Epstein, E. H. (1974). "Human skin collagen." <u>Journal of Biological</u> <u>Chemistry</u> **249**: 3225-3231.
- Foong, K. and M. R. Sims (1999). "Blood volume in human bicuspid periodontal ligament determined by electron microscopy." <u>Arch Oral</u> <u>Biol</u> **44**(6): 465-74.
- Freezer, S. R. and M. R. Sims (1987). "A transmission electronmicroscope stereological study of the blood vessels, oxytalan fibres and nerves of mouse-molar periodontal ligament." <u>Arch Oral Biol</u> 32(6): 407-12.
- Garfunkel, A. and I. Sciaky (1971). "Vascularization of the periodontal tissues in the adult laboratory rat." J Dent Res **50**(4): 880-7.
- Goldman, H. M. a. C., D.W. (1980). "Lesions of the attachment apparatus." In: Periodontal Therapy 6th ed., Mosby, St. Louis.
- Gould, T. R., D. M. Brunette, et al. (1983). "Cell turnover in the periodontium in health and periodontal disease." <u>J Periodontal Res</u> 18(4): 353-61.
- Grant, D. A., Stern, I.B., Everett, F.G. (1979). "Role of occlusion in periodontal disease." in: Periodontics **5th ed., Mosby, St.Louis**.
- Haskell, B., M. Day, et al. (1986). "Computer-aided modeling in the assessment of the biomechanical determinants of diverse skeletal patterns." Am J Orthod **89**(5): 363-82.
- Imberman, M., N. Ramamurthy, et al. (1986). "A reassessment of collagen half-life in rat periodontal tissues: application of the pool-expansion approach." J Periodontal Res **21**(4): 396-402.
- Jepsen, K. J. and D. T. Davy (1997). "Comparison of damage accumulation measures in human cortical bone." J Biomech **30**(9): 891-4.
- Jones, N. D., St.Clair, L.E (1957). "The cheek teeth of cattle." <u>Am. J. Vet.</u> <u>Res.</u> **18**: 536-542.
- Kaneko, S., K. Ohashi, et al. (2001). "Occlusal hypofunction causes changes of proteoglycan content in the rat periodontal ligament." J <u>Periodontal Res</u> **36**(1): 9-17.
- Kawarizadeh, A., Bourauel, C., Jager, A. (2003). "Experimental and numerical determination of initial tooth mobility and matérial properties of the periodontal ligament in rat molar specimens." <u>Eur</u> <u>J Orthod</u> 25: 569-578.
- Kawato, F., Matsuo, M., Kishi, Y., Takahashi, K. (1988). "Microcirculation and bone remodeling SEM observation of the vascular changes in periodontal ligament applied to extrusive tooth movement." <u>Microcirc Annu</u> **4**: 67-68.
- Kiliaridis, S., C. Engstrom, et al. (1985). "The relationship between masticatory function and craniofacial morphology. I. A cephalometric longitudinal analysis in the growing rat fed a soft diet." <u>Eur J Orthod</u> 7(4): 273-83.
- Kishi, Y., N. Shimozato, et al. (1989). "Vascular architecture of cat pulp using corrosive resin cast under scanning electron, microscopy." J <u>Endod</u> 15(10): 478-83.
- Kjellberg, H., Kiliaridis, S., Engström, C. (1987). "Effect of low masticatory function on condylar growth." <u>Abstr Proceedings 63rd Congress of</u> <u>the European Orthodontic Society, Rhodes</u> **p. 83**.
- Komatsu, K. and M. Chiba (1993). "The effect of velocity of loading on the biomechanical responses of the periodontal ligament in transverse sections of the rat molar in vitro." <u>Arch Oral Biol</u> **38**(5): 369-75.
- Kuroiwa, M., T. Tachikawa, et al. (1996). "Ultrastructure of the rat periodontal ligament as observed with quick-freeze, deep-etch and replica methods: arrangement of collagen and related structures." <u>Acta Anat (Basel)</u> 157(4): 291-302.
- Lamb, R. E., Van Hassel, H.J. (1972). "Tissue pressure in the periodontal ligament." Journal of Periodontal Research **51**: 240.
- Lametschwandtner, A., U. Lametschwandtner, et al. (1984). "Scanning electron microscopy of vascular corrosion casts--technique and applications." <u>Scan Electron Microsc</u>(Pt 2): 663-95.

- Lautrou, A. (1997). "Anatomie dentaire." <u>In:Abrégés d'odonto-stomatologie</u> **2ème édition, Masson, Paris**.
- Lee, D., Sims, M.R., Dreyer, C.W., Sampson W.J. (1991). "A scanning electron microscope study of microcorrosion casts of the microvasculature of marmorset palate, gingiva and periodontal ligament." <u>Arch Oral Biol</u> **36**: 211-220.
- Lew, K., M. R. Sims, et al. (1989). "Tooth extrusion effects on microvessel volumes, endothelial areas, and fenestrae in molar apical periodontal ligament." <u>Am J Orthod Dentofacial Orthop</u> 96(3): 221-31.
- Lew, K. K. (1987). "The periodontal microvasculature--a morphological and morphometric study." <u>J Nihon Univ Sch Dent</u> **29**(4): 262-9.
- Lew, K. K. (1989). "Orthodontically induced microvascular injuries in the tension zone of the periodontal ligament." <u>J Nihon Univ Sch Dent</u> **31**(3): 493-501.
- Limeback, H. F., J. Sodek, et al. (1978). "Nature of collagens synthesized by monkey periodontal-ligament fibroblasts in vitro." <u>Biochem J</u> **170**(1): 63-71.
- Mandel, U., Dalgaard, P., Viidik, A. (1986). "A biomechanical study of the human periodontal ligament." <u>J Biomech **19**</u>: 637-645.
- Matsuo, M. and K. Takahashi (2002). "Scanning electron microscopic observation of microvasculature in periodontium." <u>Microsc Res</u> <u>Tech</u> **56**(1): 3-14.
- Matsuo, M., Tsumuraya, Y., Himi, M., Shimozato, N., Takahashi, K. (1990). "The changes of vascular network in periodontal ligament after tooth replantation." <u>Microcirc Annu</u> **6**: 61-62.
- McCulloch, C. A., Lekic, P., McKee, M.D. (2000). "Role of physical forces in regulating the form and function of the periodontal ligament." <u>Periodontol. 2000</u> **24**: 56-72.
- McCulloch, C. A. and A. H. Melcher (1983). "Cell density and cell generation in the periodontal ligament of mice." <u>Am J Anat</u> **167**(1): 43-58.
- McFadden, L. R., K. D. McFadden, et al. (1986). "Effect of controlled dietary consistency and cage environment on the rat mandibular growth." <u>Anat Rec</u> 215(4): 390-6.
- Merrilees, M. J. and M. H. Flint (1980). "Ultrastructural study of tension and pressure zones in a rabbit flexor tendon." <u>Am J Anat</u> **157**(1): 87-106.
- Moxham, B. J., R. C. Shore, et al. (1985). "Fenestrated capillaries in the connective tissues of the periodontal ligament." <u>Microvasc Res</u> **30**(1): 116-24.
- Moxham, B. J., R. C. Shore, et al. (1987). "Fenestrated capillaries in the periodontal ligaments of the erupting and erupted rat molar." <u>Arch</u> <u>Oral Biol</u> **32**(7): 477-81.

- Myhre, L., H. R. Preus, et al. (1979). "Influences of axial load and blood pressure on the position of the rabbit's incisor tooth." <u>Acta Odontol Scand</u> **37**(3): 153-9.
- Ng, G. C., T. W. Walker, et al. (1981). "Effects of tooth loading on the periodontal vasculature of the mandibular fourth premolar in dogs." <u>Arch Oral Biol</u> **26**(3): 189-95.
- Nojima, N., Kobayashi, M., Shionome, M., Takahashi, N., Suda, T., Hasegawa, K. (1990). "Fibroblastic cells derived from bovine periodontal ligaments have the phenotypes of osteoblasts." <u>J</u> <u>Periodontal Res</u> **25**(3): 179-185.
- Ona, M. and N. Wakabayashi (2006). "Influence of alveolar support on stress in periodontal structures." J Dent Res **85**(12): 1087-91.
- Palcanis, K. G. (1973). "Effect of occlusal trauma on interstitial pressure in the periodontal ligament." <u>J Dent Res</u> **52**(5): 903-10.
- Parlange, L. M. and M. R. Sims (1993). "A T.E.M. stereological analysis of blood vessels and nerves in marmoset periodontal ligament following endodontics and magnetic incisor extrusion." <u>Eur J Orthod</u> 15(1): 33-44.
- Pedersen, E., Andersen, K., Melsen, B. (1991). "Tooth displacement analysed on human autopsy material by means of a strain gauge technique." <u>Eur J Orthod</u> **13**: 65-74.
- Picton, D. C. (1969). "The effect of external forces on the periodontium." In: Biology of the periodontium A.H. Melcher and W.H. Bowen, Eds, London: Academic Press, Inc.
- Picton, D. C. (1989). "The periodontal enigma: eruption versus tooth support." <u>Eur J Orthod</u> **11**(4): 430-9.
- Picton, D. C. and D. J. Wills (1978). "Viscoelastic properties of the periodontal ligament and mucous membrane." <u>J Prosthet Dent</u> **40**(3): 263-72.
- Pierard, G. E. and M. Lapiere (1976). "Skin in dermatosparaxis. Dermal microarchitecture and biomechanical properties." <u>J Invest Dermatol</u> **66**(1): 2-7.
- Pietrzak, G., Botsis, J., Curnier, A., Zysset, P., Scherrer, S., Wiskott, A., Belser, U. (1998). "Numerical identification of material properties of the periodontal ligament." <u>In: Proc. XXIIIme Congrs de la Socit de</u> <u>Bimcanique, INSA Lyon</u>.
- Pietrzak, G., Curnier, A., Botsis, J., Scherrer, S., Wiskott, A., Belser, U. (2002). "A nonlinear elastic model of the periodontal ligament and its numerical calibration for the study of tooth mobility." <u>Comput</u> <u>Methods Biomech Biomed Engin</u> **5**: 91-100.
- Pini, M., H. W. Wiskott, et al. (2002). "Mechanical characterization of bovine periodontal ligament." <u>J Periodontal Res</u> **37**(4): 237-44.
- Pini, M., Zysset, P., Botsis, J., Contro, R. (2004). "Tensile and compressive behaviour of the bovine periodontal ligament." J Biomech **37**: 111-119.

- Polson, A. M., R. A. Adams, et al. (1983). "Osseous repair in the presence of active tooth hypermobility." <u>J Clin Periodontol</u> **10**(4): 370-9.
- Quirinia, A. and A. Viidik (1991). "Freezing for postmortal storage influences the biomechanical properties of linear skin wounds." J Biomech **24**(9): 819-23.
- Raeber, A. J. and B. Oesch (2006). "Diagnostics for TSE agents." <u>Dev</u> <u>Biol (Basel)</u> **123**: 313-23; discussion 349-54.
- Ralph, W. J. and C. D. Thomas (1988). "Tooth support in the human mandible." <u>J Oral Rehabil</u> **15**(5): 499-503.
- Rippin, J. W. (1976). "Collagen turnover in the periodontal ligament under normal and altered functional forces. I. Young rat molars." <u>J</u> <u>Periodontal Res</u> 11(2): 101-7.
- Robins, M. W. (1977). "Biting loads generated by the laboratory rat." <u>Arch</u> <u>Oral Biol</u> **22**: 43-47.
- Rygh, P., K. Bowling, et al. (1986). "Activation of the vascular system: a main mediator of periodontal fiber remodeling in orthodontic tooth movement." <u>Am J Orthod</u> 89(6): 453-68.
- Sanctuary, C., Wiskott, H.W., Botsis, J., Scherrer, S.S., Belser, U.C. (2006). "Oscillatory shear loading of bovine periodontal ligament--a methodological study." J Biomech Eng **128**: 443-448.
- Sanctuary, C., Wiskott, H.W., Justiz, J., Botsis, J., Belser, U.C. (2005). "In vitro time-dependent response of periodontal ligametn to mechanical loading." <u>J Appl Physiol</u> **99**: 2369-2378.
- Schenk, R., Olah, A.J., Herrmann, W. (1984). "Preparation of calcified tissues for light microscopy." In:Methods of calcified tissue preparation **GR Dickson ed., Amsterdam:Elsevier**
- Schroeder, H. E. (1986). "Periodontal ligament." In: Handbook of <u>microscopic anatomy</u> Vol 5: The periodontium(Springer-Verlag, Berlin).
- Selliseth, N. J. and K. A. Selvig (1994). "The vasculature of the periodontal ligament: a scanning electron microscopic study using corrosion casts in the rat." J Periodontol **65**(11): 1079-87.
- Shibata, T., Botsis, J., Bergomi, M., Mellal, A., Komatsu, K. (2006). "Mechanical behavior of bovine periodontal ligament under tensioncompression cyclic displacements." <u>Eur J Oral Sci</u> **114**: 74-82.
- Shore, R. C., B. K. Berkovitz, et al. (1984). "Histological study, including ultrastructural quantification, of the periodontal ligament in the lathyritic rat mandibular dentition." <u>Arch Oral Biol</u> **29**(4): 263-73.
- Shuttleworth, C. A. and L. Forrest (1975). "Changes in guinea-pig dermal collagen during development." <u>Eur J Biochem</u> **55**(2): 391-5.
- Sims, M. R. (1973). "Oxytalan fiber system of molars in the mouse mandible." J Dent Res 52(4): 797-802.
- Sims, M. R. (1975). "Oxytalan-vascular relationships observed in histologic examination of the periodontal ligaments of man and mouse." <u>Arch Oral Biol</u> **20**(11): 713-6.

- Sims, M. R. (1976). "Reconstitution of the human oxytalan system during orthodontic tooth movement." <u>Am J Orthod</u> **70**(1): 38-58.
- Sims, M. R. (1977). "Oxytalan meshwork associations observed histologically in the periodontium of the mouse mandible." <u>Arch Oral</u> <u>Biol</u> **22**(10-11): 605-11.
- Sims, M. R. (1983). "Electron-microscopic affiliations of oxytalan fibres, nerves and the microvascular bed in the mouse periodontal ligament." <u>Arch Oral Biol</u> **28**(11): 1017-24.
- Sims, M. R. (1999). "Blood vessel response to pan-endothelium (RECA-1) antibody in normal and tooth loaded rat periodontal ligament." <u>Eur J</u> <u>Orthod</u> **21**(5): 469-79.
- Sims, M. R., P. I. Leppard, et al. (1996). "Microvascular luminal volume changes in aged mouse periodontal ligament." <u>J Dent Res</u> **75**(7): 1503-11.
- Steigman, S., Y. Michaeli, et al. (1989). "A three-dimensional evaluation of the effects of functional occlusal forces on the morphology of dental and periodontal tissues of the rat incisor." <u>J Dent Res</u> 68(8): 1269-74.
- Takahashi, K. (1985). "Vascular architecture of dog pulp using corrosion resin cast examined under a scanning electron microscope." <u>J Dent</u> <u>Res</u> 64 Spec No: 579-84.
- Takita, K., Y. Ohsaki, et al. (1987). "Immunofluorescence localization of type I and type III collagen and fibronectin in mouse dental tissues in late development and during molar eruption." <u>Arch Oral Biol</u> 32(4): 273-9.
- Tanaka, M. (1983). "Analysis of pulsatile tooth oscillation as a stochastic process." <u>J. Jpn. Prosthodont. Soc.</u> **27**: 965-979.
- Ten Cate, A. R. (1998). "Oral histology: development, structure, and function." **5th edition, Mosby**.
- Toms, S. R., Dakin, G.J., Lemons, J.E., Eberhardt, A.W. (2002). "Quasilinear viscoelastic behavior of the human periodontal ligament." <u>J</u> <u>Biomech 35</u>: 1411-5.
- Triller, M. (1986). "Histologie dentaire." <u>In:Abrégés d'odonto-stomatologie</u> **Masson, Paris**.
- Tsukada, H., H. Ishikawa, et al. (2000). "Developmental changes of the vasculature in the periodontal ligament of rat molars: a scanning electron microscopic study of microcorrosion casts." <u>J Periodontal</u> <u>Res</u> 35(4): 201-7.
- van den Bos, T. and G. J. Tonino (1984). "Composition and metabolism of the extracellular matrix in the periodontal ligament of impeded and unimpeded rat incisors." <u>Arch Oral Biol</u> **29**(11): 893-7.
- Vandevska-Radunovic, V., Kristiansen, A.B., Heyeraas, K.J. and Kvinnsland, S. (1994). "Changes in blood circulation in teeth and supporting tissues incident to experimental tooth movement." <u>Eur.</u> J. Orthod. **16**: 361-369.

- Walker, T. W., Ng, G.G., Burke, P.S. (1978). "Fluid pressure in the periodontal ligament of the mandibular canine tooth in dogs." <u>Archives of Oral Biology</u> **23**: 753-765.
- Weekes, W. T. and M. R. Sims (1986). "The vasculature of the rat molar periodontal ligament." <u>J Periodontal Res</u> **21**(3): 186-94.

7. Annexes

animal	side (R/L)	root (mesial/ distal)	level (a,b,c,d)	location (m,l,d,b)	PDL Area (mm2)	BV area (mm2)	density (area BV/area PDL)
9 9 9 9	L L L	Dist Dist Dist Dist Dist	a a b b	bucc dist ling bucc dist	2.51 1.44 2.18 2.08 2.09	0.28 0.20 0.22 0.15 0.36	11.17 13.56 10.31 6.97 17 35
9 9 9		Dist Dist Dist Dist	b c c	ling bucc dist	1.82 1.97 2.21 2.29	0.30 0.21 0.30 0.28 0.21	11.64 15.42 12.82 9.22
9 9 9	L L L	Dist Dist Dist	d d d	bucc dist ling	2.70 1.35 1.69	0.21 0.34 0.21 0.30	12.75 15.79 17.72
9 9 9	L L L	Mes Mes Mes	a a b	bucc ling mes	2.52 1.97 2.55 2.20	0.61 0.27 0.58	24.38 13.84 22.68 22.40
9 9 9		Mes Mes Mes	b b c	ling mes bucc	2.30 2.16 1.87 1.87	0.52 0.28 0.51 0.52	22.40 12.77 27.14 27.97
9 9 9 9		Mes Mes Mes	c c d d	nng mes bucc ling	1.05 1.76 2.05 1.85	0.11 0.58 0.59 0.27	10.58 32.83 28.68 14.76
9 9 9	L R R	Mes Dist Dist	d a a	mes ling dist	1.54 2.57 2.92	0.42 0.41 0.62	27.24 15.74 21.36
9 9 9 9	R R R R	Dist Dist Dist Dist	a b b b	bucc ling dist bucc	2.44 2.27 2.33 1.68	0.56 0.40 0.79 0.54	22.80 17.39 33.65 32.02
9 9 9 9 9	R R R R R	Dist Dist Dist Dist Dist	c c d d	ling dist bucc ling dist	1.90 2.27 1.87 2.41 2.40	0.28 0.77 0.40 0.49 0.46	14.55 34.18 21.61 20.51 19.35
9 9 9	R R R	Dist Mes Mes	d a a	bucc ling mes	1.94 2.62 2.07	0.38 0.44 0.36	19.65 16.71 17.37
9 9 9 9	R R R R	Mes Mes Mes Mes	a b b b	bucc ling mes bucc	2.46 2.66 2.10 2.35	0.48 0.28 0.40 0.55	19.54 10.65 18.90 23.46
9 9 9 9	R R R R	Mes Mes Mes Mes	c c d	ling mes bucc ling	2.19 2.24 1.96 1.95	0.33 0.45 0.63 0.30	15.18 19.90 32.03 15.50

Tableau I: Densités des vaisseaux sanguins du PDL bovin

9 9	R R	Mes Mes	d d	mes bucc	2.52 2.11	0.61 0.45	24.32 21.44
10 10 10 10 10 10 10 10 10 10		Dist Dist Dist Dist Dist Dist Dist Dist	aaabbcccddd	bucc dist ling bucc dist ling bucc dist ling bucc dist ling	3.01 2.65 3.51 2.66 2.68 2.95 3.03 3.24 1.81 2.83 2.80 2.11	$\begin{array}{c} 0.50 \\ 0.88 \\ 0.34 \\ 0.27 \\ 0.42 \\ 0.31 \\ 0.30 \\ 0.49 \\ 0.24 \\ 0.24 \\ 0.28 \\ 0.30 \end{array}$	16.64 33.21 9.61 10.08 15.66 10.34 9.98 15.18 13.36 15.40 9.97 14.33
10 10 10 10 10 10 10 10 10 10		Mes Mes Mes Mes Mes Mes Mes Mes Mes	aabbbccddd	bucc ling mes bucc ling mes bucc ling mes bucc ling mes	2.47 2.12 2.31 2.79 2.00 1.99 3.45 2.42 2.57 2.63 3.42 2.47	$\begin{array}{c} 0.41 \\ 0.53 \\ 0.46 \\ 0.43 \\ 0.21 \\ 0.61 \\ 0.52 \\ 0.27 \\ 0.32 \\ 0.55 \\ 0.25 \end{array}$	16.49 24.90 19.98 15.26 21.45 10.56 17.75 21.65 10.61 12.28 16.08 10.09
10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	R R R R R R R R R R	Dist Dist Dist Dist Dist Dist Dist Dist	a a b b b c c c d d d	bucc dist ling bucc dist ling bucc dist ling ling	2.35 2.66 2.67 2.64 2.95 2.81 3.56 3.05 3.00 2.99 2.34	$\begin{array}{c} 0.33 \\ 0.67 \\ 0.40 \\ 0.68 \\ 0.51 \\ 0.35 \\ 0.88 \\ 0.34 \\ 0.37 \\ 0.28 \\ 0.26 \end{array}$	13.87 25.04 14.88 25.81 17.32 12.58 24.70 11.09 12.28 9.43 11.08
10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	R	Mes Mes Mes Mes Mes Mes Mes Mes Mes Mes	a a a b b b c c c d d d	bucc ling mes bucc ling mes bucc ling mes bucc ling mes	2.48 3.62 2.73 2.92 3.44 3.26 2.78 2.55 2.73 2.93 2.65 2.97	0.53 0.80 0.55 0.79 0.39 0.34 0.31 0.29 0.50 0.31 0.36	21.49 22.16 20.08 19.39 22.92 11.82 12.28 12.29 10.47 17.05 11.70 12.13

animal	side (R/L)	root (mesial/ distal)	level (a,b,c,d)	location (m,l,d,b)	PDL Area (mm2)	# BV	numerical density (#BV/areaPD L)
9	L	Dist	а	bucc	2.51	93	37.08
9	L	Dist	а	dist	1.44	81	56.24
9	L	Dist	а	ling	2.18	78	35.78
9	L	Dist	b	bucc	2.08	93	44.65
9	L	Dist	b	dist	2.09	81	38.73
9	L	Dist	b	ling	1.82	90	49.40
9	L	Dist	С	bucc	1.97	86	43.64
9	L	Dist	С	dist	2.21	109	49.32
9	L	Dist	С	ling	2.29	87	37.99
9	L	Dist	d	bucc	2.70	76	28.20
9	L	Dist	d	dist	1.35	69	50.93
9	L	Dist	d	ling	1.69	114	67.51
9	L	Mes	а	bucc	2.52	79	31.40
9	L	Mes	а	ling	1.97	88	44.78
9	L	Mes	a	mes	2.55	120	46.99
9	L	Mes	b	bucc	2.30	82	35.63
9	L	Mes	b	ling	2.16	98	45.31
9	L	Mes	b	mes	1.87	80	42.71
9	L	Mes	С	DUCC	1.87	75	40.10
9	L	IVIES	C	ling	1.05	94	89.86
9	L	IVIES	C d	mes	1.76	15	42.65
9	L	Mes	d d	DUCC	2.05	80 125	41.90
9	L	Mes	d	mes	1.65	68	44.07
Q	R	Dist	а	lina	2 57	128	49 71
q	R	Dist	a	dist	2.07	157	53 70
g	R	Dist	a	bucc	2.52	82	33.56
9	R	Dist	b	lina	2.11	99	43 59
9	R	Dist	b	dist	2.33	90	38.56
9	R	Dist	b	bucc	1.68	73	43.37
9	R	Dist	С	ling	1.90	115	60.38
9	R	Dist	С	dist	2.27	93	41.03
9	R	Dist	С	bucc	1.87	73	39.09
9	R	Dist	d	ling	2.41	126	52.22
9	R	Dist	d	dist	2.40	125	52.18
9	R	Dist	d	bucc	1.94	88	45.41
9	R	Mes	а	ling	2.62	106	40.43
9	R	Mes	а	mes	2.07	88	42.43
9	R	Mes	а	bucc	2.46	79	32.08
9	R	Mes	b	ling	2.66	90	33.81
9	R	Mes	b	mes	2.10	80	38.04
9	R	Mes	b	bucc	2.35	84	35.78
9	R	Mes	С	ling	2.19	107	48.91
9	ĸ	Mes	С	mes	2.24	84	37.43
Э	к	ivies	С	DUCC	1.90	79	40.37

Tableau II: Densités numériques des vaisseaux sanguins du PDL bovin

9 9 9	R R R	Mes Mes Mes	d d d	ling mes bucc	1.95 2.52 2.11	98 74 82	50.23 29.42 38.90
10 10 10 10 10 10 10 10 10 10		Dist Dist Dist Dist Dist Dist Dist Dist	aabbbcccddd	bucc dist ling bucc dist ling bucc dist ling bucc dist ling	3.01 2.65 3.51 2.66 2.68 2.95 3.03 3.24 1.81 2.83 2.80 2.11	116 92 147 82 91 91 85 99 89 105 92 136	38.53 34.76 41.84 30.80 33.93 30.85 28.03 30.54 49.16 37.04 32.89 64.44
10 10 10 10 10 10 10 10 10 10		Mes Mes Mes Mes Mes Mes Mes Mes Mes	a a b b b c c c d d d	bucc ling mes bucc ling mes bucc ling mes bucc ling mes	2.47 2.12 2.31 2.79 2.00 1.99 3.45 2.42 2.57 2.63 3.42 2.47	79 72 93 84 96 61 90 111 78 80 136 93	32.04 33.99 40.31 30.11 47.93 30.71 26.09 45.79 30.39 30.42 39.79 37.65
10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	R R R R R R R R R R R	Dist Dist Dist Dist Dist Dist Dist Dist	a ab b b c c c d d	bucc dist bucc dist ling bucc dist ling bucc dist ling	2.35 2.66 2.67 2.64 2.95 2.81 3.56 3.05 3.00 2.99 2.34	110 114 88 100 131 96 131 114 110 90 104	46.73 42.78 33.00 37.82 44.44 34.12 36.84 37.39 36.67 30.11 44.46
10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	R R R R R R R R R R R R R R R R R R R	Mes Mes Mes Mes Mes Mes Mes Mes Mes	a a b b b c c c d d d	bucc ling mes bucc ling mes bucc ling mes bucc ling mes	2.48 3.62 2.73 2.92 3.44 3.26 2.78 2.55 2.73 2.93 2.65 2.97	98 170 147 111 169 132 114 132 100 127 143 104	39.59 46.95 53.80 37.97 49.11 40.49 41.03 51.72 36.66 43.32 53.88 35.06

animal	side (R/L)	root (mesial/di stal)	level (a,b,c,d)	location (m,l,d,b)	PDL Area (mm2)	longueur de la photo (mm)	largeur du PDL (area/longu eur)(μm)
9	L	Dist	а	bucc	2.51	4.77	526
9	L	Dist	а	dist	1.44	5.79	249
9	L	Dist	а	ling	2.18	4.18	522
9	L	Dist	b	bucc	2.08	4.78	436
9	L	Dist	b	dist	2.09	5.06	413
9	L	Dist	D	ling	1.82	4.87	374
9	L 	Dist	C C	dist	2.21	4.00	403
9	L 	Dist	C	lina	2.21	4.67	489
9	L	Dist	d	bucc	2.70	5.00	539
9	L	Dist	d	dist	1.35	4.06	334
9	L	Dist	d	ling	1.69	4.29	394
9	L	Mes	а	bucc	2.52	3.74	673
9	L	Mes	а	ling	1.97	3.40	578
9	L	Mes	a h	mes	2.55	4.21	607 571
9	L 1	Mes	b b	ling	2.30	4.03	57 T 707
9	L 	Mes	b	mes	1.87	4.30	455
9	Ĺ	Mes	c	bucc	1.87	5.09	367
9	L	Mes	C	ling	1.05	4.73	221
9	L	Mes	С	mes	1.76	4.07	432
9	L	Mes	d	bucc	2.05	4.11	499
9	L	Mes	d	ling	1.85	4.28	432
9	L	Mes	d	mes	1.54	5.18	298
9	R	Dist	а	ling	2.57	4.05	636
9	R	Dist	а	dist	2.92	5.63	519
9	R	Dist	а	bucc	2.44	4.85	504
9	R	Dist	b	ling	2.27	4.53	501
9	к р	Dist	D b	dist	2.33	4.00	501 251
9	R	Dist	C C	ling	1.00	4.79	384
9	R	Dist	C C	dist	2.27	4.80	472
9	R	Dist	C	bucc	1.87	3.12	599
9	R	Dist	d	ling	2.41	5.03	480
9	R	Dist	d	dist	2.40	4.95	484
9	R	Dist	d	bucc	1.94	4.88	397
9	R	Mes	а	ling	2.62	3.75	699
9	к р	Mes	a	mes	2.07	4.62	449 515
9	к D	Mee	a h	ling	2.40 2.66	4./ð / 20	515 620
9	R	Mee	b h	mes	2.00 2.10	4.29 1 qq	020 421
9	R	Mes	b	bucc	2.35	5.06	464
9	R	Mes	č	ling	2.19	4.89	447
9	R	Mes	C	mes	2.24	4.87	461
9	R	Mes	С	bucc	1.96	4.93	397

Tableau III: Largeur du PDL bovin (μm)

9 9 9	R R R	Mes Mes Mes	d d d	ling mes bucc	1.95 2.52 2.11	4.93 4.28 4.19	396 588 503
10 10 10 10 10 10 10 10 10 10		Dist Dist Dist Dist Dist Dist Dist Dist	a a b b b c c c d d d	bucc dist ling bucc dist ling bucc dist ling bucc dist ling	3.01 2.65 3.51 2.66 2.68 2.95 3.03 3.24 1.81 2.83 2.80 2.11	4.89 4.06 4.65 4.03 4.24 4.21 4.18 4.82 4.74 4.31 4.79 4.84	616 652 756 661 633 701 725 672 382 658 584 436
10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10		Mes Mes Mes Mes Mes Mes Mes Mes Mes	a a b b b c c c d d d	bucc ling mes bucc ling mes bucc ling mes bucc ling mes	2.47 2.12 2.31 2.79 2.00 1.99 3.45 2.42 2.57 2.63 3.42 2.47	3.57 3.35 4.14 4.53 3.64 3.30 4.85 4.59 4.29 5.46 4.70 4.04	691 632 557 616 550 602 711 528 598 482 727 611
10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	R R R R R R R R R R R R	Dist Dist Dist Dist Dist Dist Dist Dist	a a b b b c c c d d	bucc dist bucc dist ling bucc dist ling bucc dist ling	2.35 2.66 2.67 2.64 2.95 2.81 3.56 3.05 3.00 2.99 2.34	3.75 3.78 3.90 4.03 3.84 5.60 4.53 4.23 4.23 4.57 3.92 4.45	628 705 684 656 768 502 785 721 656 763 526
10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	R R R R R R R R R R R R R R R R R R R	Mes Mes Mes Mes Mes Mes Mes Mes Mes Mes	a a b b b c c c d d d	bucc ling mes bucc ling mes bucc ling mes bucc ling mes	2.48 3.62 2.73 2.92 3.44 3.26 2.78 2.55 2.73 2.93 2.65 2.97	3.69 4.61 4.02 4.45 4.85 5.23 5.09 4.13 4.85 5.72 4.35 4.74	671 785 680 657 710 623 546 618 562 513 610 626

| 9L |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| lev a | lev a | lev a | lev b | lev b | lev b | lev c | lev c | lev c | lev d | lev d | lev d |
| bucc | dist | ling |
| 0.121 | 0.034 | 0.047 | 0.051 | 0.064 | 0.020 | 0.014 | 0.106 | 0.062 | 0.055 | 0.068 | 0.046 |
| 0.062 | 0.114 | 0.027 | 0.076 | 0.021 | 0.061 | 0.026 | 0.067 | 0.026 | 0.074 | 0.150 | 0.059 |
| 0.040 | 0.077 | 0.091 | 0.070 | 0.088 | 0.079 | 0.097 | 0.085 | 0.041 | 0.053 | 0.097 | 0.062 |
| 0.055 | 0.108 | 0.102 | 0.051 | 0.017 | 0.034 | 0.047 | 0.046 | 0.085 | 0.081 | 0.048 | 0.047 |
| 0.047 | 0.050 | 0.092 | 0.046 | 0.018 | 0.061 | 0.043 | 0.051 | 0.030 | 0.090 | 0.056 | 0.115 |
| 0.057 | 0.057 | 0.138 | 0.052 | 0.022 | 0.047 | 0.046 | 0.038 | 0.050 | 0.130 | 0.073 | 0.054 |
| 0.031 | 0.075 | 0.099 | 0.010 | 0.013 | 0.099 | 0.028 | 0.037 | 0.048 | 0.053 | 0.109 | 0.054 |
| 0.052 | 0.149 | 0.028 | 0.045 | 0.093 | 0.023 | 0.061 | 0.045 | 0.040 | 0.073 | 0.108 | 0.018 |
| 0.113 | 0.021 | 0.064 | 0.061 | 0.053 | 0.068 | 0.055 | 0.081 | 0.020 | 0.028 | 0.039 | 0.041 |
| 0.028 | 0.036 | 0.136 | 0.062 | 0.119 | 0.062 | 0.028 | 0.048 | 0.035 | 0.081 | 0.072 | 0.075 |
| 0.038 | 0.068 | 0.119 | 0.013 | 0.044 | 0.016 | 0.040 | 0.020 | 0.083 | 0.101 | 0.061 | 0.071 |
| 0.025 | 0.076 | 0.023 | 0.040 | 0.132 | 0.028 | 0.043 | 0.010 | 0.015 | 0.054 | 0.124 | 0.038 |
| 0.038 | 0.010 | 0.092 | 0.026 | 0.087 | 0.062 | 0.081 | 0.070 | 0.043 | 0.025 | 0.135 | 0.087 |
| 0.072 | 0.170 | 0.073 | 0.034 | 0.012 | 0.023 | 0.051 | 0.096 | 0.052 | 0.047 | 0.042 | 0.066 |
| 0.053 | 0.126 | 0.011 | 0.032 | 0.206 | 0.082 | 0.126 | 0.012 | 0.036 | 0.162 | 0.099 | 0.067 |
| 0.009 | 0.015 | 0.021 | 0.010 | 0.038 | 0.056 | 0.036 | 0.041 | 0.094 | 0.075 | 0.046 | 0.047 |
| 0.016 | 0.013 | 0.021 | 0.027 | 0.065 | 0.085 | 0.150 | 0.070 | 0.035 | 0.073 | 0.017 | 0.019 |
| 0.028 | 0.162 | 0.109 | 0.041 | 0.050 | 0.028 | 0.118 | 0.062 | 0.029 | 0.019 | 0.054 | 0.058 |
| 0.059 | 0.063 | 0.073 | 0.024 | 0.160 | 0.018 | 0.076 | 0.031 | 0.024 | 0.131 | 0.012 | 0.039 |
| 0.046 | 0.063 | 0.032 | 0.025 | 0.133 | 0.014 | 0.193 | 0.032 | 0.024 | 0.089 | 0.016 | 0.067 |
| 0.067 | 0.121 | 0.029 | 0.076 | 0.041 | 0.060 | 0.023 | 0.012 | 0.085 | 0.115 | 0.027 | 0.060 |
| 0.070 | 0.115 | 0.024 | 0.013 | 0.052 | 0.071 | 0.058 | 0.079 | 0.018 | 0.016 | 0.012 | 0.086 |
| 0.089 | 0.095 | 0.084 | 0.057 | 0.126 | 0.022 | 0.093 | 0.088 | 0.041 | 0.046 | 0.032 | 0.094 |
| 0.032 | 0.044 | 0.107 | 0.075 | 0.013 | 0.026 | 0.020 | 0.013 | 0.063 | 0.027 | 0.014 | 0.060 |
| 0.137 | 0.044 | 0.118 | 0.012 | 0.095 | 0.035 | 0.051 | 0.032 | 0.026 | 0.037 | 0.147 | 0.069 |
| 0.014 | 0.013 | 0.020 | 0.030 | 0.067 | 0.073 | 0.016 | 0.030 | 0.013 | 0.020 | 0.111 | 0.014 |
| 0.051 | 0.056 | 0.067 | 0.018 | 0.105 | 0.068 | 0.103 | 0.017 | 0.054 | 0.040 | 0.113 | 0.031 |
| 0.030 | 0.140 | 0.019 | 0.067 | 0.036 | 0.041 | 0.035 | 0.050 | 0.017 | 0.110 | 0.066 | 0.036 |
| 0.018 | 0.125 | 0.024 | 0.090 | 0.021 | 0.089 | 0.034 | 0.070 | 0.125 | 0.154 | 0.095 | 0.068 |
| 0.013 | 0.085 | 0.019 | 0.066 | 0.046 | 0.051 | 0.065 | 0.013 | 0.068 | 0.124 | 0.089 | 0.080 |
| 0.037 | 0.101 | 0.039 | 0.046 | 0.151 | 0.015 | 0.016 | 0.085 | 0.038 | 0.107 | 0.052 | 0.074 |
| 0.098 | 0.040 | 0.027 | 0.034 | 0.125 | 0.086 | 0.088 | 0.070 | 0.026 | 0.014 | 0.057 | 0.060 |
| 0.043 | 0.019 | 0.023 | 0.034 | 0.029 | 0.045 | 0.026 | 0.018 | 0.026 | 0.139 | 0.018 | 0.067 |
| 0.015 | 0.014 | 0.023 | 0.074 | 0.022 | 0.041 | 0.055 | 0.024 | 0.045 | 0.086 | 0.035 | 0.046 |
| 0.086 | 0.026 | 0.042 | 0.046 | 0.029 | 0.058 | 0.103 | 0.036 | 0.059 | 0.065 | 0.032 | 0.032 |
| 0.029 | 0.036 | 0.013 | 0.017 | 0.101 | 0.059 | 0.014 | 0.029 | 0.046 | 0.067 | 0.134 | 0.028 |
| 0.046 | 0.031 | 0.030 | 0.031 | 0.033 | 0.044 | 0.081 | 0.028 | 0.038 | 0.084 | 0.057 | 0.013 |
| 0.079 | 0.012 | 0.018 | 0.046 | 0.018 | 0.024 | 0.025 | 0.017 | 0.009 | 0.083 | 0.028 | 0.034 |
| 0.022 | 0.021 | 0.019 | 0.013 | 0.126 | 0.075 | 0.029 | 0.014 | 0.037 | 0.054 | 0.042 | 0.041 |
| 0.018 | 0.060 | 0.015 | 0.040 | 0.078 | 0.010 | 0.054 | 0.013 | 0.018 | 0.055 | 0.020 | 0.051 |
| 0.081 | 0.040 | 0.013 | 0.024 | 0.128 | 0.065 | 0.032 | 0.014 | 0.035 | 0.047 | 0.041 | 0.021 |
| 0.130 | 0.014 | 0.036 | 0.018 | 0.049 | 0.074 | 0.124 | 0.057 | 0.019 | 0.071 | 0.089 | 0.046 |
| 0.057 | 0.032 | 0.024 | 0.072 | 0.177 | 0.053 | 0.036 | 0.100 | 0.026 | 0.052 | 0.016 | 0.050 |
| 0.117 | 0.027 | 0.016 | 0.071 | 0.061 | 0.065 | 0.048 | 0.013 | 0.032 | 0.035 | 0.016 | 0.091 |

Tableau IV: Diamètres des vaisseaux sanguins (mm) de la racine distale de la 1^{ère} molaire gauche de l'animal 9

10.05 0.055 0.019 0.023 0.013 0.029 0.010 0.013 0.013 0.013 0.013 0.013 0.014 0.025 0.035 0.014 0.025 0.038 0.025 0.012 0.0108 0.014 0.025 0.032 0.044 0.013 0.014 0.014 0.025 0.031 0.017 0.030 0.038 0.022 0.034 0.011 0.040 0.017 0.030 0.037 0.015 0.017 0.018 0.017 0.018 0.017 0.018 0.017 0.018 0.011 0.013 0.024 0.017 0.018 0.011 0.013 0.024 0.013 0.044 0.023 0.024 0.027 0.026 0.020 0.030 0.024 0.027 0.026 0.021 0.014 0.014 0.044 0.024 0.024 0.026 0.021 0.026 0.030 0.024 0.030 0.024 0.030 0.041 0.041 0.041 0.045 0.024 0.035 <t< th=""><th>I</th><th>0 000</th><th></th><th>0.040</th><th>0 000</th><th>0.040</th><th>0.000</th><th>0.047</th><th>0.047</th><th>0.040</th><th>0 4 0 4</th><th>0.005</th><th>0.040</th></t<>	I	0 000		0.040	0 000	0.040	0.000	0.047	0.047	0.040	0 4 0 4	0.005	0.040
0.066 0.026 0.014 0.015 0.018 0.029 0.100 0.018 0.014 0.044 0.045 0.176 0.044 0.066 0.022 0.040 0.028 0.071 0.032 0.070 0.030 0.048 0.035 0.088 0.067 0.020 0.094 0.071 0.086 0.037 0.017 0.015 0.019 0.089 0.067 0.022 0.032 0.044 0.037 0.015 0.038 0.019 0.029 0.017 0.083 0.059 0.063 0.044 0.031 0.044 0.025 0.044 0.013 0.028 0.021 0.030 0.094 0.050 0.041 0.024 0.075 0.044 0.041 0.037 0.041 0.041 0.041 0.041 0.041 0.041 0.041 0.041 0.041 0.041 0.041 0.041 0.041 0.041 0.041 0.041 0.041 0.041 0.041 0.041 0.041		0.023	0.055	0.019	0.023	0.013	0.038	0.017	0.017	0.013	0.131	0.035	0.016
0.065 0.022 0.049 0.082 0.150 0.080 0.071 0.018 0.014 0.025 0.088 0.062 0.088 0.047 0.012 0.050 0.029 0.031 0.048 0.113 0.015 0.020 0.031 0.048 0.017 0.030 0.021 0.037 0.015 0.037 0.019 0.037 0.011 0.037 0.011 0.030 0.024 0.017 0.018 0.014 0.112 0.010 0.029 0.056 0.044 0.037 0.012 0.027 0.026 0.013 0.010 0.029 0.056 0.044 0.031 0.044 0.027 0.046 0.042 0.022 0.028 0.041 0.017 0.017 0.016 0.013 0.044 0.014 0.045 0.024 0.046 0.013 0.044 0.014 0.046 0.012 0.030 0.031 0.041 0.016 0.135 0.036 0.012 0.035 0.034 0.011 0.015 </td <td></td> <td>0.065</td> <td>0.026</td> <td>0.061</td> <td>0.015</td> <td>0.018</td> <td>0.029</td> <td>0.100</td> <td>0.108</td> <td>0.011</td> <td>0.045</td> <td>0.176</td> <td>0.044</td>		0.065	0.026	0.061	0.015	0.018	0.029	0.100	0.108	0.011	0.045	0.176	0.044
0.044 0.018 0.026 0.027 0.032 0.030 0.038 0.048 0.042 0.047 0.015 0.029 0.044 0.017 0.015 0.039 0.044 0.017 0.015 0.039 0.044 0.017 0.015 0.039 0.044 0.037 0.015 0.039 0.050 0.044 0.037 0.016 0.029 0.050 0.044 0.037 0.046 0.027 0.026 0.030 0.024 0.031 0.044 0.032 0.056 0.044 0.031 0.044 0.027 0.046 0.041 0.028 0.027 0.026 0.017 0.017 0.031 0.044 0.017 0.046 0.040 0.042 0.028 0.027 0.026 0.017 0.017 0.016 0.046 0.017 0.046 0.014 0.016 0.024 0.031 0.034 0.016 0.024 0.032 0.037 0.037 0.037 0.037 0.036 0.034 0.011 0.045 </td <td></td> <td>0.065</td> <td>0.022</td> <td>0.049</td> <td>0.092</td> <td>0.150</td> <td>0.080</td> <td>0.071</td> <td>0.018</td> <td>0.014</td> <td>0.025</td> <td>0.085</td> <td>0.032</td>		0.065	0.022	0.049	0.092	0.150	0.080	0.071	0.018	0.014	0.025	0.085	0.032
0.057 0.012 0.050 0.022 0.031 0.048 0.113 0.015 0.020 0.044 0.071 0.038 0.079 0.013 0.029 0.017 0.083 0.059 0.032 0.044 0.037 0.014 0.121 0.115 0.037 0.021 0.030 0.094 0.050 0.044 0.031 0.044 0.025 0.044 0.041 0.022 0.026 0.030 0.094 0.040 0.015 0.044 0.025 0.044 0.015 0.066 0.134 0.011 0.031 0.044 0.015 0.066 0.144 0.015 0.064 0.045 0.014 0.045 0.024 0.026 0.061 0.014 0.015 0.064 0.014 0.017 0.031 0.044 0.015 0.024 0.025 0.061 0.024 0.026 0.021 0.056 0.014 0.041 0.016 0.016 0.016 0.016 0.016 0.016 0.016 0.016		0.044	0.018	0.026	0.028	0.017	0.032	0.070	0.030	0.098	0.088	0.062	0.068
0.042 0.017 0.016 0.031 0.032 0.034 0.033 0.035 0.033 0.035 0.033 0.035 0.033 0.035 0.033 0.035 0.034 0.031 0.044 0.031 0.044 0.021 0.033 0.025 0.037 0.012 0.033 0.021 0.033 0.024 0.031 0.044 0.025 0.044 0.025 0.044 0.025 0.044 0.025 0.044 0.025 0.044 0.024 0.042 0.042 0.028 0.067 0.017 0.017 0.017 0.031 0.044 0.025 0.044 0.014 0.014 0.014 0.017 0.046 0.040 0.056 0.017 0.017 0.031 0.044 0.013 0.066 0.032 0.037 0.021 0.046 0.040 0.056 0.014 0.016 0.056 0.040 0.052 0.037 0.032 0.033 0.022 0.029 0.058 0.040 0.022 0.038 0.026 <td< td=""><td></td><td>0.057</td><td>0.012</td><td>0.050</td><td>0.029</td><td>0.031</td><td>0.048</td><td>0 113</td><td>0.015</td><td>0.020</td><td>0.094</td><td>0.071</td><td>0.086</td></td<>		0.057	0.012	0.050	0.029	0.031	0.048	0 113	0.015	0.020	0.094	0.071	0.086
0.017 0.019 0.013 0.013 0.013 0.013 0.014 0.014 0.014 0.014 0.014 0.014 0.014 0.014 0.021 0.016 0.034 0.017 0.018 0.014 0.021 0.014 0.021 0.016 0.024 0.024 0.024 0.024 0.024 0.024 0.024 0.024 0.024 0.024 0.024 0.024 0.024 0.024 0.024 0.024 0.024 0.024 0.024 0.024 0.039 0.011 0.011 0.011 0.014 0.011 0.014 0.011 0.014 0.011 0.014 0.014 0.014 0.014 0.014 0.014 0.011 0.024 0.030 0.037 0.021 0.020 0.032 0.037 0.021 0.022 0.036 0.031 0.041 0.016 0.054 0.039 0.037 0.031 0.031 0.031 0.032 0.039 0.037 0.041 0.016 0.034 0.011 0.032 <td< td=""><td></td><td>0.007</td><td>0.012</td><td>0.000</td><td>0.020</td><td>0.001</td><td>0.040</td><td>0.110</td><td>0.010</td><td>0.020</td><td>0.007</td><td>0.015</td><td>0.000</td></td<>		0.007	0.012	0.000	0.020	0.001	0.040	0.110	0.010	0.020	0.007	0.015	0.000
10.115 0.013 0.029 0.012 0.003 0.024 0.014 0.016 0.024 0.017 0.016 0.027 0.046 0.032 0.025 0.037 0.021 0.030 0.094 0.050 0.044 0.036 0.026 0.037 0.041 0.042 0.028 0.027 0.026 0.031 0.041 0.056 0.047 0.045 0.042 0.028 0.024 0.033 0.017 0.011 0.031 0.041 0.057 0.012 0.046 0.044 0.041 0.073 0.012 0.020 0.050 0.044 0.014 0.045 0.021 0.032 0.037 0.027 0.046 0.040 0.059 0.014 0.016 0.024 0.029 0.035 0.033 0.032 0.037 0.039 0.025 0.036 0.031 0.032 0.037 0.039 0.025 0.034 0.011 0.025 0.036 0.034 0.014 0.016		0.042	0.017	0.013	0.013	0.009	0.007	0.022	0.032	0.044	0.037	0.013	0.009
0.113 0.037 0.037 0.021 0.046 0.049 0.022 0.026 0.044 0.022 0.044 0.042 0.022 0.037 0.026 0.013 0.046 0.021 0.030 0.044 0.025 0.044 0.042 0.028 0.026 0.013 0.046 0.041 0.075 0.046 0.041 0.046 0.014 0.075 0.064 0.017 0.031 0.041 0.045 0.012 0.056 0.046 0.014 0.075 0.064 0.013 0.068 0.11 0.042 0.058 0.061 0.040 0.042 0.029 0.058 0.044 0.016 0.135 0.060 0.010 0.058 0.031 0.033 0.042 0.029 0.041 0.014 0.014 0.014 0.016 0.035 0.037 0.057 0.044 0.047 0.042 0.040 0.022 0.049 0.012 0.035 0.039 0.030		0.079	0.019	0.029	0.017	0.083	0.059	0.063	0.024	0.017	0.018	0.014	0.121
0.032 0.037 0.021 0.030 0.094 0.056 0.044 0.044 0.044 0.045 0.044 0.045 0.044 0.047 0.045 0.044 0.047 0.047 0.045 0.045 0.045 0.045 0.044 0.047 0.046 0.044 0.041 0.047 0.041 0.045 0.015 0.044 0.011 0.045 0.012 0.046 0.014 0.013 0.041 0.045 0.024 0.037 0.021 0.066 0.010 0.055 0.044 0.013 0.068 0.010 0.055 0.041 0.016 0.127 0.086 0.030 0.021 0.023 0.033 0.042 0.033 0.042 0.033 0.045 0.033 0.045 0.033 0.045 0.034 0.043 0.050 0.016 0.055 0.031 0.033 0.015 0.044 0.043 0.044 0.044 0.044 0.044 0.044 0.044 0.045 0.044 0.045 0.044 <td< td=""><td></td><td>0.115</td><td>0.013</td><td>0.037</td><td>0.012</td><td>0.106</td><td>0.094</td><td>0.019</td><td>0.029</td><td>0.056</td><td>0.045</td><td>0.027</td><td>0.046</td></td<>		0.115	0.013	0.037	0.012	0.106	0.094	0.019	0.029	0.056	0.045	0.027	0.046
0.041 0.028 0.027 0.026 0.044 0.042 0.024 0.032 0.045 0.045 0.045 0.045 0.045 0.045 0.045 0.045 0.046 0.014 0.075 0.046 0.041 0.075 0.046 0.041 0.075 0.046 0.041 0.075 0.046 0.041 0.075 0.046 0.041 0.075 0.044 0.014 0.016 0.022 0.026 0.026 0.026 0.026 0.026 0.026 0.027 0.026 0.033 0.042 0.042 0.014 0.016 0.141 0.016 0.141 0.016 0.022 0.026 0.033 0.033 0.042 0.041 0.016 0.016 0.016 0.016 0.016 0.016 0.016 0.016 0.016 0.016 0.016 0.016 0.016 0.016 0.016 0.016 0.016 0.016 0.016 0.016 0.016 0.016 0.016 0.016 0.016 0.026 0.026 <td< td=""><td></td><td>0.032</td><td>0.025</td><td>0.037</td><td>0.021</td><td>0.030</td><td>0.094</td><td>0.050</td><td>0.044</td><td>0.031</td><td>0.044</td><td>0.025</td><td>0.044</td></td<>		0.032	0.025	0.037	0.021	0.030	0.094	0.050	0.044	0.031	0.044	0.025	0.044
0.042 0.042 0.028 0.064 0.082 0.051 0.034 0.057 0.012 0.046 0.044 0.057 0.012 0.050 0.068 0.010 0.075 0.054 0.013 0.068 0.012 0.050 0.044 0.014 0.027 0.028 0.022 0.029 0.057 0.021 0.067 0.016 0.017 0.047 0.042 0.014 0.016 0.135 0.020 0.058 0.040 0.022 0.049 0.010 0.055 0.031 0.033 0.033 0.042 0.047 0.047 0.021 0.040 0.022 0.049 0.010 0.045 0.039 0.033 0.043 0.055 0.061 0.014 0.014 0.014 0.022 0.034 0.010 0.034 0.010 0.014 0.016 0.024 0.024 0.034 0.011 0.024 0.034 0.011 0.024 0.034 0.011 0.012 0.034 0.011		0.041	0.028	0.027	0.026	0.013	0.106	0.026	0.030	0.024	0.075	0.087	0.045
0.054 0.024 0.039 0.050 0.017 0.013 0.041 0.057 0.014 0.045 0.044 0.045 0.024 0.055 0.044 0.014 0.045 0.022 0.050 0.044 0.014 0.055 0.044 0.058 0.014 0.058 0.014 0.056 0.021 0.056 0.014 0.057 0.020 0.058 0.040 0.058 0.014 0.016 0.022 0.021 0.030 0.032 0.039 0.035 0.039 0.035 0.039 0.055 0.034 0.012 0.031 0.057 0.044 0.016 0.044 0.012 0.030 0.016 0.044 0.015 0.034 0.015 0.034 0.016 0.044 0.015 0.045 0.034 0.016 0.045 0.014 0.044 0.016 0.045 0.016 0.045 0.016 0.045 0.016 0.045 0.016 0.045 0.016 0.045 0.022 0.025 0.067 0.046 <td< td=""><td></td><td>0.042</td><td>0.042</td><td>0.028</td><td>0.064</td><td>0.082</td><td>0.051</td><td>0.034</td><td>0.045</td><td>0.015</td><td>0.061</td><td>0.134</td><td>0.011</td></td<>		0.042	0.042	0.028	0.064	0.082	0.051	0.034	0.045	0.015	0.061	0.134	0.011
0.046 0.014 0.073 0.012 0.020 0.055 0.044 0.014 0.045 0.024 0.058 0.066 0.068 0.010 0.075 0.064 0.013 0.068 0.127 0.866 0.032 0.037 0.021 0.067 0.019 0.059 0.047 0.042 0.014 0.016 0.135 0.060 0.010 0.054 0.032 0.039 0.033 0.042 0.041 0.016 0.022 0.049 0.012 0.035 0.039 0.035 0.047 0.022 0.041 0.116 0.044 0.018 0.010 0.014 0.016 0.055 0.067 0.044 0.015 0.045 0.015 0.067 0.045 0.051 0.044 0.015 0.067 0.056 0.067 0.056 0.067 0.056 0.067 0.056 0.067 0.056 0.067 0.056 0.067 0.056 0.067 0.056 0.066 0.128 0.016		0.054	0.024	0.039	0.050	0.017	0.017	0.031	0.041	0.057	0.012	0.046	0.040
0.068 0.010 0.037 0.047 0.038 0.047 0.047 0.047 0.037 0.021 0.067 0.016 0.090 0.059 0.014 0.018 0.034 0.022 0.029 0.058 0.040 0.058 0.041 0.021 0.026 0.036 0.024 0.039 0.073 0.027 0.047 0.042 0.029 0.067 0.021 0.026 0.036 0.024 0.039 0.073 0.039 0.039 0.033 0.042 0.041 0.116 0.042 0.049 0.012 0.035 0.039 0.039 0.033 0.055 0.041 0.014 0.014 0.014 0.012 0.049 0.012 0.047 0.055 0.064 0.052 0.067 0.056 0.056 0.056 0.056 0.056 0.056 0.056 0.056 0.056 0.056 0.056 0.054 0.049 0.012 0.056 0.023 0.056 0.054 0.049		0.046	0.014	0.073	0.012	0.020	0.050	0.044	0.014	0.045	0.024	0.058	0.060
0.016 0.0173 0.0143 0.0143 0.0163 0.0121 0.0121 0.0121 0.0121 0.0121 0.0121 0.0121 0.0121 0.0121 0.0121 0.0121 0.0121 0.0121 0.0121 0.0121 0.0121 0.0121 0.022 0.021 0.022 0.021 0.021 0.022 0.049 0.0121 0.033 0.057 0.044 0.047 0.022 0.041 0.016 0.022 0.049 0.012 0.033 0.057 0.044 0.041 0.014 0.014 0.014 0.014 0.015 0.022 0.049 0.012 0.035 0.039 0.054 0.015 0.045 0.041 0.014 0.015 0.021 0.016 0.054 0.049 0.022 0.015 0.045 0.047 0.085 0.030 0.016 0.054 0.049 0.020 0.016 0.058 0.029 0.016 0.051 0.041 0.041 0.041 0.041 <		0.040	0.014	0.075	0.012	0.020	0.000	0.077	0.014	0.040	0.024	0.000	0.000
0.016 0.059 0.059 0.014 0.018 0.022 0.020 0.054 0.032 0.033 0.042 0.029 0.070 0.047 0.042 0.021 0.026 0.036 0.024 0.032 0.033 0.047 0.047 0.047 0.047 0.047 0.047 0.042 0.029 0.070 0.044 0.047 0.022 0.041 0.018 0.022 0.049 0.012 0.035 0.039 0.058 0.100 0.014 0.041 0.116 0.054 0.019 0.025 0.067 0.056 0.054 0.015 0.075 0.045 0.034 0.050 0.029 0.034 0.044 0.043 0.022 0.015 0.055 0.061 0.041 0.045 0.029 0.034 0.050 0.024 0.034 0.044 0.043 0.044 0.043 0.044 0.043 0.044 0.043 0.044 0.044 0.016 0.056 0.027 0.041		0.000	0.010	0.075	0.004	0.013	0.000	0.127	0.000	0.032	0.037	0.021	0.007
0.029 0.070 0.042 0.042 0.014 0.016 0.135 0.060 0.010 0.054 0.032 0.033 0.033 0.042 0.029 0.067 0.021 0.026 0.049 0.012 0.035 0.039 0.053 0.039 0.053 0.039 0.053 0.039 0.055 0.044 0.042 0.049 0.012 0.035 0.039 0.056 0.034 0.010 0.011 0.015 0.056 0.056 0.056 0.056 0.057 0.056 0.056 0.022 0.034 0.011 0.112 0.080 0.022 0.019 0.051 0.045 0.047 0.085 0.039 0.016 0.054 0.043 0.020 0.016 0.058 0.029 0.047 0.025 0.046 0.043 0.044 0.020 0.019 0.058 0.020 0.023 0.051 0.044 0.041 0.047 0.025 0.041 0.044 0.053 0.046		0.016	0.090	0.059	0.014	0.018	0.034	0.022	0.029	0.058	0.040	0.058	0.014
0.033 0.042 0.022 0.047 0.027 0.027 0.047 0.047 0.022 0.041 0.018 0.024 0.040 0.022 0.049 0.012 0.035 0.039 0.039 0.093 0.058 0.130 0.073 0.039 0.055 0.014 0.011 0.015 0.056 0.054 0.019 0.025 0.067 0.056 0.054 0.015 0.055 0.041 0.116 0.053 0.044 0.015 0.056 0.052 0.157 0.055 0.061 0.016 0.053 0.041 0.043 0.043 0.044 0.043 0.044 0.043 0.044 0.043 0.044 0.043 0.044 0.044 0.044 0.044 0.044 0.044 0.044 0.044 0.044 0.044 0.044 0.044 0.044 0.044 0.044 0.044 0.044 0.044 0.044 0.044 0.044 0.044 0.044 0.044 0.044		0.029	0.070	0.047	0.042	0.014	0.016	0.135	0.060	0.010	0.054	0.032	0.039
0.047 0.022 0.041 0.018 0.024 0.049 0.012 0.035 0.039 0.039 0.093 0.058 0.130 0.073 0.039 0.055 0.034 0.018 0.050 0.016 0.016 0.016 0.016 0.016 0.016 0.016 0.054 0.011 0.122 0.067 0.055 0.061 0.016 0.054 0.011 0.122 0.080 0.062 0.157 0.055 0.061 0.016 0.065 0.047 0.083 0.048 0.030 0.044 0.043 0.022 0.019 0.031 0.015 0.045 0.047 0.085 0.039 0.116 0.054 0.049 0.050 0.016 0.058 0.029 0.041 0.041 0.019 0.023 0.043 0.044 0.075 0.109 0.045 0.041 0.042 0.024 0.041 0.045 0.089 0.027 0.011 0.027 0.021		0.033	0.042	0.029	0.067	0.021	0.026	0.036	0.024	0.039	0.073	0.057	0.044
0.093 0.058 0.130 0.073 0.039 0.055 0.034 0.018 0.050 0.016 0.010 0.011 0.015 0.062 0.240 0.015 0.055 0.034 0.050 0.029 0.034 0.011 0.122 0.0867 0.052 0.055 0.061 0.016 0.063 0.048 0.030 0.014 0.043 0.022 0.019 0.031 0.015 0.045 0.047 0.085 0.039 0.116 0.054 0.049 0.029 0.019 0.035 0.026 0.053 0.010 0.051 0.046 0.043 0.044 0.075 0.075 0.109 0.45 0.041 0.044 0.019 0.020 0.023 0.056 0.027 0.041 0.042 0.059 0.022 0.015 0.076 0.050 0.016 0.035 0.014 0.031 0.031 0.041 0.015 0.022 0.015 0.066 0.02		0.047	0.022	0.041	0.018	0.024	0.040	0.022	0.049	0.012	0.035	0.039	0.039
0.062 0.240 0.010 0.014 0.014 0.116 0.054 0.019 0.025 0.067 0.056 0.054 0.015 0.075 0.045 0.034 0.050 0.029 0.034 0.011 0.122 0.080 0.062 0.157 0.055 0.061 0.045 0.047 0.085 0.039 0.016 0.054 0.048 0.022 0.019 0.058 0.029 0.048 0.013 0.093 0.198 0.066 0.128 0.120 0.099 0.019 0.058 0.040 0.041 0.044 0.019 0.020 0.023 0.056 0.044 0.075 0.075 0.109 0.027 0.011 0.027 0.029 0.036 0.044 0.019 0.020 0.023 0.056 0.027 0.041 0.052 0.015 0.027 0.016 0.026 0.030 0.075 0.014 0.031 0.031 0.077 0.093 0.02		0.093	0.058	0.130	0.073	0.039	0.055	0.034	0.018	0.050	0.016	0.010	0.015
0.054 0.015 0.075 0.045 0.034 0.029 0.034 0.011 0.122 0.080 0.062 0.157 0.055 0.061 0.016 0.064 0.063 0.048 0.030 0.044 0.043 0.022 0.019 0.031 0.015 0.045 0.047 0.085 0.039 0.016 0.054 0.049 0.060 0.016 0.058 0.029 0.044 0.013 0.021 0.045 0.044 0.075 0.075 0.109 0.045 0.041 0.024 0.020 0.023 0.056 0.054 0.080 0.027 0.027 0.027 0.027 0.026 0.026 0.026 0.026 0.026 0.026 0.026 0.026 0.026 0.027 0.027 0.021 0.051 0.026 0.026 0.026 0.026 0.026 0.026 0.026 0.026 0.026 0.027 0.041 0.042 0.033 0.057 0.041		0.062	0.240	0.010	0.014	0.041	0.116	0.054	0.019	0.025	0.067		0.056
0.062 0.157 0.055 0.061 0.016 0.063 0.048 0.030 0.044 0.043 0.022 0.019 0.031 0.015 0.045 0.047 0.085 0.039 0.016 0.054 0.049 0.060 0.016 0.058 0.029 0.048 0.013 0.093 0.198 0.066 0.128 0.120 0.075 0.075 0.109 0.045 0.041 0.044 0.019 0.020 0.023 0.056 0.054 0.089 0.028 0.027 0.011 0.027 0.029 0.065 0.027 0.041 0.052 0.029 0.037 0.022 0.018 0.032 0.063 0.094 0.016 0.064 0.083 0.033 0.077 0.093 0.029 0.036 0.044 0.015 0.046 0.020 0.039 0.078 0.075 0.016 0.026 0.040 0.030 0.075 0.014 0.422 0.03		0.054	0.015	0.075	0.045	0.034	0.050	0.029	0.034	0.011	0.122		0.080
0.022 0.019 0.031 0.015 0.047 0.085 0.039 0.016 0.054 0.044 0.060 0.016 0.058 0.029 0.048 0.013 0.093 0.166 0.054 0.044 0.075 0.075 0.109 0.058 0.060 0.022 0.023 0.056 0.043 0.044 0.075 0.075 0.109 0.045 0.041 0.044 0.019 0.020 0.023 0.056 0.054 0.089 0.027 0.027 0.011 0.027 0.029 0.065 0.027 0.041 0.052 0.093 0.029 0.036 0.044 0.015 0.046 0.033 0.031 0.041 0.075 0.016 0.022 0.018 0.032 0.063 0.075 0.014 0.042 0.030 0.075 0.016 0.022 0.020 0.035 0.017 0.043 0.043 0.043 0.075 0.016 0.047 <td></td> <td>0.062</td> <td>0 157</td> <td>0.055</td> <td>0.061</td> <td>0.016</td> <td>0.064</td> <td>0.063</td> <td>0.048</td> <td>0.030</td> <td>0 044</td> <td></td> <td>0 043</td>		0.062	0 157	0.055	0.061	0.016	0.064	0.063	0.048	0.030	0 044		0 043
0.060 0.016 0.053 0.043 0.043 0.043 0.043 0.043 0.044 0.099 0.019 0.058 0.060 0.026 0.053 0.010 0.051 0.044 0.044 0.075 0.075 0.109 0.045 0.041 0.044 0.013 0.020 0.023 0.056 0.054 0.089 0.027 0.027 0.011 0.027 0.029 0.020 0.023 0.056 0.054 0.029 0.037 0.022 0.015 0.076 0.050 0.016 0.035 0.018 0.031 0.041 0.015 0.029 0.036 0.044 0.015 0.046 0.020 0.033 0.031 0.075 0.016 0.022 0.013 0.043 0.041 0.042 0.039 0.078 0.075 0.016 0.023 0.137 0.035 0.017 0.041 0.042 0.039 0.041 0.053 0.125 0.023 <td></td> <td>0.022</td> <td>0.019</td> <td>0.031</td> <td>0.015</td> <td>0.045</td> <td>0.047</td> <td>0.085</td> <td>0.030</td> <td>0.016</td> <td>0.054</td> <td></td> <td>0.049</td>		0.022	0.019	0.031	0.015	0.045	0.047	0.085	0.030	0.016	0.054		0.049
0.000 0.010 0.033 0.023 0.043 0.013 0.033 0.136 0.006 0.125 0.125 0.099 0.019 0.058 0.060 0.026 0.053 0.010 0.051 0.046 0.043 0.044 0.075 0.109 0.045 0.041 0.044 0.019 0.020 0.023 0.056 0.027 0.041 0.052 0.029 0.037 0.022 0.015 0.076 0.050 0.016 0.035 0.018 0.031 0.041 0.015 0.026 0.027 0.011 0.027 0.029 0.065 0.027 0.041 0.052 0.029 0.037 0.022 0.018 0.032 0.064 0.026 0.043 0.016 0.044 0.033 0.033 0.075 0.016 0.026 0.040 0.030 0.075 0.014 0.042 0.030 0.097 0.021 0.017 0.012 0.025 0.035 0.02		0.022	0.010	0.001	0.010	0.040	0.047	0.000	0.000	0.066	0.004		0.040
0.039 0.038 0.048 0.046 0.046 0.047 0.044 0.047 0.046 0.047 0.047 0.047 0.027 0.027 0.021 0.022 0.041 0.027 0.029 0.023 0.041 0.056 0.029 0.037 0.022 0.015 0.076 0.029 0.065 0.027 0.041 0.052 0.095 0.022 0.015 0.076 0.050 0.016 0.064 0.083 0.031 0.077 0.093 0.029 0.036 0.044 0.015 0.046 0.020 0.033 0.031 0.075 0.016 0.026 0.040 0.030 0.075 0.014 0.042 0.030 0.075 0.016 0.021 0.017 0.094 0.024 0.063 0.057 0.041 0.042 0.030 0.053 0.127 0.023 0.137 0.035 0.012 0.187 0.043 0.049 0.017 0.024 0.02		0.000	0.010	0.050	0.029	0.040	0.013	0.095	0.190	0.000	0.120		0.120
0.075 0.075 0.109 0.045 0.044 0.044 0.019 0.020 0.023 0.056 0.054 0.089 0.028 0.027 0.011 0.027 0.029 0.065 0.027 0.041 0.052 0.029 0.037 0.022 0.015 0.076 0.050 0.016 0.035 0.018 0.031 0.041 0.015 0.095 0.022 0.018 0.032 0.063 0.094 0.016 0.020 0.033 0.033 0.075 0.016 0.029 0.036 0.044 0.015 0.044 0.042 0.020 0.039 0.030 0.075 0.016 0.026 0.040 0.032 0.017 0.041 0.042 0.043 0.041 0.042 0.053 0.125 0.023 0.137 0.035 0.012 0.187 0.043 0.049 0.074 0.024 0.090 0.53 0.025 0.035 0.035 0.075 <tr< td=""><td></td><td>0.099</td><td>0.019</td><td>0.056</td><td>0.060</td><td>0.026</td><td>0.053</td><td>0.010</td><td>0.051</td><td>0.046</td><td>0.043</td><td></td><td>0.044</td></tr<>		0.099	0.019	0.056	0.060	0.026	0.053	0.010	0.051	0.046	0.043		0.044
0.089 0.028 0.027 0.027 0.011 0.027 0.029 0.027 0.041 0.052 0.029 0.037 0.022 0.015 0.076 0.050 0.016 0.035 0.018 0.031 0.041 0.015 0.095 0.022 0.018 0.032 0.063 0.094 0.016 0.064 0.083 0.033 0.077 0.093 0.029 0.036 0.044 0.015 0.046 0.020 0.039 0.078 0.075 0.016 0.026 0.040 0.030 0.075 0.014 0.042 0.039 0.078 0.053 0.125 0.023 0.137 0.035 0.012 0.187 0.043 0.049 0.015 0.047 0.012 0.029 0.057 0.036 0.039 0.049 0.015 0.047 0.012 0.029 0.056 0.025 0.035 0.075 0.064 0.024 0.047 0.032 0.074 <td></td> <td>0.075</td> <td>0.075</td> <td>0.109</td> <td>0.045</td> <td>0.041</td> <td>0.044</td> <td>0.019</td> <td>0.020</td> <td>0.023</td> <td>0.056</td> <td></td> <td>0.054</td>		0.075	0.075	0.109	0.045	0.041	0.044	0.019	0.020	0.023	0.056		0.054
0.029 0.037 0.022 0.015 0.076 0.050 0.016 0.035 0.018 0.031 0.041 0.015 0.095 0.022 0.018 0.032 0.063 0.094 0.016 0.064 0.083 0.033 0.077 0.093 0.029 0.036 0.044 0.015 0.046 0.020 0.039 0.078 0.075 0.016 0.026 0.040 0.030 0.075 0.014 0.042 0.030 0.097 0.021 0.017 0.094 0.042 0.024 0.063 0.057 0.041 0.053 0.125 0.023 0.137 0.035 0.012 0.187 0.043 0.049 0.017 0.015 0.047 0.012 0.029 0.057 0.035 0.035 0.075 0.069 0.024 0.090 0.53 0.026 0.038 0.067 0.032 0.071 0.026 0.038 0.067 0.075 0.047 0.032		0.089	0.028	0.027	0.027	0.011	0.027	0.029	0.065	0.027	0.041		0.052
0.015 0.095 0.022 0.018 0.032 0.063 0.094 0.016 0.064 0.083 0.033 0.077 0.093 0.029 0.036 0.044 0.015 0.046 0.020 0.039 0.078 0.075 0.016 0.026 0.040 0.030 0.075 0.014 0.042 0.030 0.097 0.021 0.017 0.094 0.042 0.024 0.043 0.041 0.053 0.125 0.023 0.137 0.035 0.012 0.187 0.043 0.049 0.017 0.015 0.047 0.012 0.029 0.057 0.036 0.039 0.049 0.094 0.024 0.090 0.53 0.029 0.055 0.035 0.075 0.049 0.094 0.024 0.090 0.053 0.028 0.026 0.038 0.067 0.069 0.026 0.063 0.038 0.068 0.041 0.021 0.046 0.023 <td></td> <td>0.029</td> <td>0.037</td> <td>0.022</td> <td>0.015</td> <td>0.076</td> <td>0.050</td> <td>0.016</td> <td>0.035</td> <td>0.018</td> <td>0.031</td> <td></td> <td>0.041</td>		0.029	0.037	0.022	0.015	0.076	0.050	0.016	0.035	0.018	0.031		0.041
0.077 0.093 0.029 0.036 0.044 0.015 0.046 0.020 0.039 0.078 0.075 0.016 0.026 0.040 0.030 0.075 0.014 0.042 0.030 0.097 0.021 0.017 0.094 0.042 0.024 0.063 0.057 0.041 0.053 0.125 0.023 0.137 0.035 0.012 0.187 0.043 0.049 0.017 0.015 0.047 0.012 0.029 0.057 0.036 0.039 0.049 0.017 0.015 0.047 0.012 0.029 0.057 0.036 0.039 0.049 0.017 0.012 0.029 0.057 0.036 0.035 0.075 0.035 0.075 0.049 0.049 0.049 0.026 0.038 0.075 0.075 0.075 0.075 0.075 0.075 0.075 0.075 0.075 0.075 0.075 0.075 0.075 0.075		0.015	0.095	0.022	0.018	0.032	0.063	0.094	0.016	0.064	0.083		0.033
0.075 0.016 0.026 0.040 0.030 0.075 0.014 0.042 0.031 0.097 0.021 0.017 0.094 0.042 0.024 0.063 0.057 0.041 0.053 0.125 0.023 0.137 0.035 0.012 0.187 0.043 0.049 0.017 0.015 0.047 0.012 0.029 0.057 0.036 0.039 0.049 0.094 0.024 0.090 0.053 0.029 0.056 0.025 0.035 0.075 0.069 0.024 0.090 0.053 0.029 0.065 0.026 0.038 0.075 0.069 0.024 0.017 0.032 0.078 0.026 0.038 0.067 0.044 0.017 0.032 0.078 0.026 0.038 0.067 0.044 0.058 0.030 0.098 0.024 0.046 0.023 0.044 0.033 0.054 0.056 0.035		0.077	0.093	0.029	0.036	0.044	0.015	0.046	0.020	0.039			0.078
0.097 0.021 0.017 0.094 0.042 0.024 0.063 0.057 0.041 0.053 0.125 0.023 0.137 0.035 0.012 0.187 0.043 0.049 0.017 0.015 0.047 0.012 0.029 0.057 0.036 0.039 0.049 0.094 0.024 0.090 0.053 0.029 0.065 0.025 0.035 0.075 0.069 0.026 0.063 0.038 0.068 0.044 0.081 0.026 0.014 0.017 0.032 0.078 0.026 0.038 0.067 0.048 0.017 0.032 0.078 0.026 0.038 0.067 0.044 0.033 0.053 0.046 0.025 0.018 0.067 0.044 0.033 0.054 0.056 0.035 0.063 0.021 0.024 0.063 0.054 0.056 0.035 0.063 0.058 0.051		0.075	0.016		0.026	0.040	0.030	0.075	0.014	0.042			0.030
0.053 0.125 0.023 0.137 0.035 0.012 0.187 0.043 0.049 0.017 0.015 0.047 0.012 0.029 0.057 0.036 0.039 0.049 0.094 0.024 0.090 0.053 0.029 0.065 0.025 0.035 0.075 0.069 0.026 0.063 0.038 0.068 0.044 0.081 0.026 0.014 0.017 0.032 0.078 0.026 0.038 0.067 0.048 0.058 0.030 0.098 0.024 0.046 0.023 0.044 0.058 0.030 0.098 0.024 0.046 0.023 0.044 0.063 0.054 0.056 0.035 0.063 0.058 0.051 0.047 0.032 0.047 0.081 0.306 0.012 0.023 0.021 0.034 0.022 0.043 0.012 0.023 0.017 0.021 0.193		0.097	0.021		0.017	0.094	0.042	0.024	0.063	0.057			0.041
0.017 0.015 0.047 0.012 0.029 0.057 0.036 0.039 0.049 0.094 0.024 0.090 0.053 0.029 0.065 0.025 0.035 0.075 0.069 0.026 0.063 0.038 0.068 0.044 0.081 0.026 0.014 0.017 0.032 0.078 0.026 0.038 0.067 0.048 0.058 0.030 0.098 0.024 0.066 0.023 0.044 0.033 0.053 0.046 0.025 0.018 0.067 0.044 0.033 0.053 0.046 0.025 0.018 0.071 0.024 0.063 0.054 0.056 0.035 0.063 0.058 0.051 0.047 0.032 0.047 0.032 0.047 0.022 0.043 0.023 0.021 0.034 0.022 0.043 0.012 0.043 0.023 0.021 0.034 0.021 0.193 0.043 0.043 0.060 0.069 0.021		0.053	0 125		0.023	0 137	0.035	0.012	0 187	0.043			0 049
0.094 0.024 0.090 0.053 0.029 0.065 0.025 0.035 0.075 0.069 0.026 0.063 0.038 0.068 0.044 0.081 0.026 0.014 0.017 0.032 0.078 0.026 0.038 0.067 0.048 0.058 0.030 0.098 0.024 0.046 0.023 0.044 0.033 0.053 0.046 0.025 0.018 0.071 0.024 0.063 0.053 0.098 0.024 0.046 0.023 0.044 0.033 0.053 0.046 0.025 0.018 0.071 0.024 0.063 0.054 0.056 0.035 0.063 0.058 0.051 0.047 0.032 0.047 0.081 0.306 0.012 0.023 0.021 0.034 0.022 0.043 0.012 0.043 0.013 0.029 0.096 0.040 0.015 0.034 0.024 0.064 0.015 0.021 0.193 0.024 0.036		0.017	0.015		0.047	0.012	0.020	0.057	0.036	0.030			0.049
0.054 0.054 0.055 0.025 0.035 0.025 0.035 0.035 0.069 0.026 0.063 0.038 0.068 0.044 0.081 0.026 0.044 0.017 0.032 0.078 0.026 0.038 0.067 0.044 0.058 0.033 0.053 0.046 0.025 0.018 0.023 0.044 0.063 0.053 0.056 0.035 0.063 0.025 0.018 0.021 0.024 0.063 0.054 0.056 0.035 0.063 0.058 0.051 0.047 0.032 0.047 0.081 0.306 0.012 0.023 0.021 0.034 0.022 0.043 0.015 0.013 0.029 0.096 0.040 0.015 0.034 0.060 0.017 0.021 0.193 0.043 0.024 0.064 0.015 0.021 0.036 0.024 0.024 0.064 0.016 0.015 0.024 0.024 0.024 0.036 0.		0.017	0.010		0.047	0.012	0.020	0.007	0.000	0.000			0.045
0.069 0.026 0.083 0.038 0.068 0.044 0.081 0.026 0.014 0.017 0.032 0.078 0.026 0.038 0.067 0.048 0.058 0.030 0.098 0.024 0.046 0.023 0.044 0.033 0.053 0.046 0.025 0.018 0.071 0.024 0.063 0.054 0.056 0.035 0.063 0.058 0.051 0.047 0.032 0.047 0.81 0.306 0.012 0.023 0.021 0.034 0.022 0.043 0.012 0.023 0.021 0.034 0.022 0.043 0.013 0.029 0.096 0.040 0.015 0.013 0.017 0.021 0.193 0.043 0.060 0.069 0.021 0.036 0.024 0.049 0.059 0.016 0.016 0.024 0.040 0.036 0.072 0.024 0.036 0.039 0.085 0.085		0.094	0.024		0.090	0.055	0.029	0.005	0.025	0.035			0.075
0.014 0.017 0.032 0.078 0.026 0.038 0.067 0.048 0.058 0.030 0.098 0.024 0.046 0.023 0.044 0.033 0.053 0.046 0.025 0.018 0.071 0.024 0.063 0.054 0.056 0.035 0.063 0.058 0.051 0.047 0.032 0.047 0.081 0.306 0.012 0.023 0.021 0.034 0.022 0.043 0.015 0.013 0.029 0.096 0.040 0.015 0.043 0.060 0.069 0.021 0.193 0.043 0.024 0.064 0.015 0.021 0.036 0.024 0.024 0.049 0.059 0.016 0.024 0.024 0.024 0.036 0.036 0.072 0.024 0.024		0.069			0.026	0.063	0.038	0.068	0.044	0.081			0.026
0.048 0.058 0.030 0.098 0.024 0.046 0.023 0.044 0.033 0.053 0.046 0.025 0.018 0.071 0.024 0.063 0.054 0.056 0.035 0.063 0.058 0.051 0.047 0.032 0.047 0.081 0.306 0.012 0.023 0.021 0.034 0.022 0.043 0.012 0.013 0.029 0.096 0.040 0.015 0.043 0.060 0.069 0.021 0.193 0.043 0.064 0.015 0.021 0.036 0.024 0.049 0.059 0.016 0.024 0.046 0.016 0.015 0.021 0.024 0.049 0.059 0.016 0.024 0.024 0.036 0.072 0.024 0.024 0.024		0.014			0.017		0.032	0.078	0.026	0.038			0.067
0.044 0.033 0.053 0.046 0.025 0.018 0.071 0.024 0.063 0.054 0.056 0.035 0.063 0.058 0.051 0.047 0.032 0.047 0.081 0.306 0.012 0.023 0.021 0.034 0.022 0.043 0.012 0.013 0.029 0.096 0.040 0.015 0.043 0.060 0.069 0.021 0.193 0.021 0.034 0.064 0.015 0.021 0.036 0.024 0.034 0.064 0.015 0.021 0.193 0.024 0.024 0.064 0.015 0.049 0.059 0.016 0.024 0.036 0.036 0.072 0.024 0.024 0.024 0.036 0.036 0.072 0.024 0.024 0.024 0.024	ļ	0.048			0.058		0.030	0.098	0.024	0.046			0.023
0.024 0.063 0.054 0.056 0.035 0.063 0.058 0.051 0.047 0.032 0.047 0.081 0.306 0.012 0.023 0.021 0.034 0.022 0.043 0.043 0.013 0.029 0.096 0.040 0.015 0.060 0.069 0.021 0.193 0.024 0.064 0.015 0.021 0.036 0.024 0.064 0.015 0.021 0.036 0.024 0.064 0.015 0.049 0.059 0.016 0.016 0.036 0.072 0.024 0.024 0.036 0.036 0.027 0.024 0.024		0.044			0.033		0.053	0.046	0.025	0.018			0.071
0.051 0.047 0.032 0.047 0.081 0.306 0.012 0.023 0.021 0.034 0.022 0.043 0.043 0.013 0.029 0.096 0.040 0.015 0.060 0.017 0.021 0.193 0.043 0.060 0.069 0.021 0.036 0.034 0.064 0.015 0.021 0.036 0.024 0.064 0.015 0.049 0.059 0.016 0.016 0.016 0.015 0.015 0.024 0.036 0.036 0.029 0.024 0.024 0.049 0.036 0.015 0.067 0.024 0.036 0.036 0.072 0.024 0.024 0.036 0.036 0.039 0.085 0.085		0.024			0.063		0.054	0.056	0.035	0.063			0.058
0.023 0.021 0.034 0.022 0.043 0.013 0.029 0.096 0.040 0.015 0.013 0.017 0.021 0.193 0.043 0.060 0.069 0.021 0.193 0.034 0.064 0.015 0.021 0.036 0.024 0.043 0.043 0.021 0.036 0.034 0.064 0.015 0.021 0.036 0.024 0.049 0.059 0.016 0.067 0.024 0.036 0.036 0.072 0.024 0.036 0.036 0.039 0.085		0.051			0.047		0.032	0.047	0.081	0.306			0.012
0.013 0.029 0.096 0.040 0.015 0.013 0.017 0.021 0.193 0.043 0.060 0.069 0.021 0.193 0.034 0.064 0.015 0.036 0.024 0.049 0.059 0.016 0.067 0.036 0.072 0.024 0.036 0.072 0.024		0.023			0.021		0.034		0.022				0.043
0.013 0.017 0.021 0.193 0.043 0.060 0.069 0.021 0.193 0.043 0.064 0.015 0.021 0.036 0.024 0.049 0.059 0.016 0.021 0.043 0.064 0.015 0.021 0.024 0.024 0.016 0.015 0.015 0.067 0.024 0.036 0.072 0.024 0.024 0.036 0.039 0.085 0.085		0.013			0.029		0.096		0.040				0.015
0.013 0.017 0.021 0.193 0.043 0.060 0.069 0.021 0.034 0.064 0.015 0.036 0.024 0.049 0.059 0.016 0.067 0.036 0.072 0.024 0.036 0.072 0.024		0.012			0.017		0.000		0 102				0.042
0.064 0.015 0.036 0.021 0.034 0.064 0.015 0.036 0.024 0.016 0.015 0.067 0.024 0.036 0.072 0.024 0.036 0.024 0.067		0.013			0.017		0.021		0.193				0.043
0.064 0.015 0.036 0.024 0.049 0.059 0.016 0.015 0.016 0.015 0.067 0.036 0.072 0.024 0.036 0.039 0.085		0.000			0.069				0.021				0.034
0.049 0.059 0.016 0.016 0.015 0.067 0.036 0.072 0.024 0.039 0.085		0.064			0.015				0.036				0.024
0.016 0.015 0.067 0.036 0.072 0.024 0.039 0.085					0.049				0.059				0.016
0.036 0.072 0.024 0.085					0.016				0.015				0.067
0.085					0.036				0.072				0.024
									0.039				0.085

i	1	i	i	1	1	1	i	1	1	1	
							0.092				0.030
							0.080				0.072
							0.030				0.054
							0.026				0.040
							0.082				0.088
							0.028				0.037
							0.047				0.044
							0.031				0.056
							0.030				0.014
							0.095				0.090
							0.033				0.089
											0.075
											0.055
											0.066
											0.043
											0.061
											0.029
											0.050

| 9L |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| lev a | lev a | lev a | lev b | lev b | lev b | lev c | lev c | lev c | lev d | lev d | lev d |
| bucc | més | ling |
| 0.039 | 0.050 | 0.083 | 0.017 | 0.121 | 0.028 | 0.029 | 0.105 | 0.023 | 0.023 | 0.014 | 0.059 |
| 0.258 | 0.041 | 0.203 | 0.016 | 0.093 | 0.062 | 0.062 | 0.060 | 0.079 | 0.016 | 0.078 | 0.026 |
| 0.072 | 0.209 | 0.095 | 0.020 | 0.054 | 0.072 | 0.112 | 0.156 | 0.088 | 0.096 | 0.024 | 0.029 |
| 0.047 | 0.127 | 0.040 | 0.033 | 0.099 | 0.108 | 0.056 | 0.057 | 0.083 | 0.018 | 0.049 | 0.046 |
| 0.201 | 0.041 | 0.009 | 0.021 | 0.013 | 0.052 | 0.047 | 0.098 | 0.020 | 0.040 | 0.116 | 0.069 |
| 0.049 | 0.052 | 0.024 | 0.131 | 0.125 | 0.038 | 0.054 | 0.012 | 0.072 | 0.143 | 0.088 | 0.094 |
| 0.016 | 0.048 | 0.032 | 0.036 | 0.166 | 0.128 | 0.058 | 0.119 | 0.044 | 0.122 | 0.111 | 0.047 |
| 0.050 | 0.009 | 0.136 | 0.208 | 0.122 | 0.025 | 0.054 | 0.019 | 0.029 | 0.047 | 0.037 | 0.030 |
| 0.052 | 0.122 | 0.072 | 0.033 | 0.073 | 0.115 | 0.068 | 0.036 | 0.031 | 0.112 | 0.091 | 0.041 |
| 0.042 | 0.080 | 0.057 | 0.118 | 0.099 | 0.010 | 0.013 | 0.083 | 0.059 | 0.017 | 0.045 | 0.060 |
| 0.024 | 0.079 | 0.077 | 0.092 | 0.008 | 0.039 | 0.092 | 0.075 | 0.023 | 0.018 | 0.121 | 0.024 |
| 0.121 | 0.083 | 0.070 | 0.125 | 0.141 | 0.033 | 0.120 | 0.126 | 0.084 | 0.068 | 0.047 | 0.056 |
| 0.017 | 0.184 | 0.126 | 0.077 | 0.168 | 0.017 | 0.092 | 0.129 | 0.027 | 0.095 | 0.087 | 0.085 |
| 0.142 | 0.036 | 0.015 | 0.070 | 0.102 | 0.014 | 0.225 | 0.111 | 0.042 | 0.083 | 0.062 | 0.070 |
| 0.222 | 0.078 | 0.031 | 0.099 | 0.025 | 0.015 | 0.038 | 0.123 | 0.040 | 0.011 | 0.012 | 0.041 |
| 0.036 | 0.085 | 0.049 | 0.068 | 0.038 | 0.078 | 0.066 | 0.049 | 0.049 | 0.023 | 0.035 | 0.046 |
| 0.020 | 0.010 | 0.084 | 0.060 | 0.086 | 0.066 | 0.029 | 0.102 | 0.100 | 0.014 | 0.086 | 0.019 |
| 0.017 | 0.015 | 0.091 | 0.259 | 0.118 | 0.091 | 0.061 | 0.036 | 0.049 | 0.064 | 0.083 | 0.047 |
| 0.013 | 0.014 | 0.017 | 0.040 | 0.029 | 0.087 | 0.240 | 0.096 | 0.096 | 0.273 | 0.051 | 0.030 |
| 0.223 | 0.053 | 0.093 | 0.124 | 0.139 | 0.028 | 0.176 | 0.194 | 0.012 | 0.032 | 0.018 | 0.042 |
| 0.082 | 0.058 | 0.014 | 0.012 | 0.159 | 0.029 | 0.053 | 0.089 | 0.060 | 0.013 | 0.064 | 0.029 |
| 0.067 | 0.268 | 0.045 | 0.015 | 0.056 | 0.023 | 0.112 | 0.011 | 0.028 | 0.102 | 0.117 | 0.037 |
| 0.088 | 0.172 | 0.024 | 0.173 | 0.033 | 0.036 | 0.031 | 0.168 | 0.028 | 0.015 | 0.013 | 0.012 |
| 0.144 | 0.068 | 0.036 | 0.066 | 0.052 | 0.110 | 0.216 | 0.026 | 0.053 | 0.018 | 0.116 | 0.058 |
| 0.020 | 0.044 | 0.014 | 0.066 | 0.034 | 0.077 | 0.153 | 0.111 | 0.056 | 0.036 | 0.069 | 0.063 |
| 0.138 | 0.044 | 0.029 | 0.009 | 0.231 | 0.084 | 0.042 | 0.084 | 0.063 | 0.081 | 0.101 | 0.049 |
| 0.129 | 0.052 | 0.045 | 0.070 | 0.042 | 0.130 | 0.037 | 0.057 | 0.040 | 0.192 | 0.041 | 0.062 |
| 0.116 | 0.046 | 0.086 | 0.083 | 0.121 | 0.026 | 0.046 | 0.138 | 0.012 | 0.038 | 0.045 | 0.038 |
| 0.047 | 0.010 | 0.023 | 0.004 | 0.042 | 0.100 | 0.013 | 0.015 | 0.052 | 0.024 | 0.024 | 0.045 |
| 0.113 | 0.030 | 0.030 | 0.042 | 0.030 | 0.100 | 0.037 | 0.177 | 0.079 | 0.131 | 0.010 | 0.052 |
| 0.147 | 0.152 | 0.010 | 0.103 | 0.070 | 0.049 | 0.207 | 0.052 | 0.133 | 0.013 | 0.079 | 0.031 |
| 0.034 | 0.001 | 0.042 | 0.000 | 0.103 | 0.101 | 0.205 | 0.000 | 0.044 | 0.012 | 0.111 | 0.030 |
| 0.133 | 0.000 | 0.021 | 0.020 | 0.071 | 0.022 | 0.100 | 0.163 | 0.010 | 0.020 | 0.107 | 0.085 |
| 0.069 | 0.082 | 0.018 | 0.100 | 0.060 | 0.010 | 0.052 | 0.054 | 0.050 | 0.020 | 0.020 | 0.000 |
| 0.042 | 0.030 | 0.010 | 0.067 | 0.118 | 0.014 | 0.002 | 0.001 | 0.000 | 0.193 | 0.120 | 0.009 |
| 0.098 | 0.057 | 0.030 | 0.079 | 0.086 | 0.065 | 0.033 | 0 120 | 0.026 | 0 146 | 0.019 | 0.053 |
| 0.180 | 0.084 | 0.106 | 0.056 | 0.138 | 0.082 | 0.014 | 0.029 | 0.047 | 0.042 | 0.108 | 0.032 |
| 0.020 | 0.076 | 0.045 | 0.098 | 0.148 | 0.091 | 0.040 | 0.033 | 0.019 | 0.025 | 0.040 | 0.125 |
| 0.065 | 0.029 | 0.030 | 0.053 | 0.047 | 0.021 | 0.087 | 0.042 | 0.071 | 0.014 | 0.144 | 0.027 |
| 0.129 | 0.023 | 0.040 | 0.056 | 0.092 | 0.041 | 0.086 | 0.057 | 0.010 | 0.018 | 0.033 | 0.066 |
| 0.018 | 0.059 | 0.015 | 0.066 | 0.127 | 0.013 | 0.039 | 0.165 | 0.024 | 0.084 | 0.095 | 0.030 |
| 0.152 | 0.018 | 0.076 | 0.080 | 0.017 | 0.115 | 0.028 | 0.035 | 0.035 | 0.154 | 0.064 | 0.034 |
| 0.038 | 0.035 | 0.041 | 0.082 | 0.085 | 0.038 | 0.027 | 0.197 | 0.054 | 0.032 | 0.009 | 0.023 |

Tableau V: Diamètres des vaisseaux sanguins (mm) de la racine mésialede la 1^{ère} molaire gauche de l'animal 9

F	1						1				
0.034	0.088	0.017	0.057	0.156	0.018	0.055	0.014	0.035	0.050	0.021	0.045
0.289	0.132	0.039	0.114	0.074	0.053	0.167	0.033	0.049	0.012	0.130	0.012
0.042	0.011	0.025	0.085	0.085	0.025	0.021	0.082	0.046	0.025	0.031	0.057
0.134	0.091	0.015	0.028	0.181	0.035	0.022	0.093	0.061	0.087	0.151	0.027
0.040	0.031	0.032	0.110	0.011	0.101	0.044	0.057	0.054	0.050	0.054	0.061
0.041	0.021	0.090	0.035	0.029	0.043	0.168	0.117	0.033	0.084	0.028	0.034
0.116	0.026	0.044	0.053	0.023	0.025	0.019	0.135	0.080	0.150	0.041	0.076
0.056	0.017	0.012	0.021	0.081	0.037	0.052	0.071	0.039	0.010	0.061	0.017
0.026	0.009	0.017	0.126	0.015	0.019	0.046	0.053	0.050	0.058	0.101	0.033
0.074	0.016	0.027	0.162	0.120	0.060	0.096	0.185	0.021	0.016	0.117	0.051
0.196	0.011	0.015	0.018	0.073	0.027	0.072	0.163	0.036	0.077	0.013	0.041
0.032	0.013	0.016	0.048	0.008	0.078	0.056	0.134	0.044	0.079	0.031	0.027
0.140	0.018	0.011	0.045	0.018	0.038	0.040	0 128	0.072	0.023	0 168	0.013
0.051	0.126	0.041	0.024	0 101	0.015	0.029	0.120	0.065	0.062	0.094	0.068
0.035	0.120	0.011	0.029	0.028	0.036	0.020	0.100	0.036	0.063	0.001	0.000
0.086	0.012	0.069	0.020	0.020	0.000	0.041	0.010	0.000	0.000	0.107	0.071
0.000	0.001	0.000	0.140	0.047	0.002	0.044	0.000	0.017	0.110	0.042	0.071
0.014	0.024	0.000	0.013	0.004	0.010	0.000	0.075	0.004	0.017	0.140	0.071
0.022	0.020	0.054	0.041	0.001	0.000	0.004	0.075	0.040	0.032	0.010	0.020
0.033	0.052	0.000	0.033	0.120	0.004	0.150	0.040	0.020	0.023	0.000	0.053
0.032	0.014	0.010	0.002	0.020	0.010	0.102	0.022	0.023	0.000	0.231	0.030
0.024	0.043	0.004	0.103	0.005	0.020	0.013	0.041	0.024	0.040	0.045	0.047
0.119	0.024	0.020	0.012	0.013	0.112	0.017	0.009	0.079	0.095	0.157	0.037
0.025	0.021	0.000	0.020	0.013	0.034	0.020	0.009	0.000	0.200		0.020
0.030	0.021	0.017	0.227	0.000	0.020	0.130	0.093	0.000	0.012		0.001
0.031	0.100	0.020	0.044	0.003	0.007	0.070	0.020	0.030	0.027		0.015
0.115	0.035	0.010	0.029	0.100	0.023	0.022	0.029	0.013	0.014		0.021
0.004	0.052	0.007	0.043	0.017	0.033	0.021	0.112	0.002	0.127		0.103
0.044	0.017	0.035	0.037	0.024	0.037	0.029	0.072	0.022	0.079		0.004
0.061	0.020	0.012	0.057	0.029	0.032	0.124	0.064	0.023	0.092		0.030
0.050	0.022	0.063	0.064	0.011	0.061			0.023	0.020		0.020
0.093	0.088	0.009	0.063	0.053	0.040			0.045	0.048		0.050
0.027	0.024	0.010	0.011	0.012	0.033			0.015	0.203		0.069
0.111	0.187	0.105	0.061		0.030			0.035	0.018		0.018
	0.012	0.114	0.069		0.049			0.041	0.039		0.046
	0.069	0.030	0.041		0.040			0.031	0.030		0.074
	0.136	0.022			0.035			0.026	0.013		0.050
	0.070	0.037			0.012			0.028	0.036		0.076
	0.028	0.057			0.012			0.043	0.028		0.084
	0.032	0.064			0.081			0.042	0.014		0.010
	0.017				0.009			0.012			0.068
	0.028				0.048			0.011			0.043
	0.037				0.035			0.120			0.027
	0.017				0.031			0.020			0.081
	0.022				0.013			0.034			0.054
	0.049				0.033			0.052			0.022
	0.096				0.088			0.054			0.070
	0.053				0.042			0.053			0.021
	0.021				0.093			0.042			0.028
	0.059				0.099						0.024
	0.120				0.021						0.040

0.078		0.014			0.025
0.155		0.013			0.010
0.019		0.024			0.037
0.027					0.017
0.013					0.015
0.016					0.025
0.029					0.109
0.054					0.041
0.091					0.033
0.044					0.046
0.101					0.064
0.052					0.073
0.033					0.017
0.025					0.031
0.043					0.024
0.020					0.142
0.033					0.021
0.075					0.027
0.022					0.011
0.055					0.038
0.046					0.010
0.014					0.071
					0.105
					0.014
					0.014
					0.028
					0.018
					0.027
					0.047
					0.068
					0.019
					0.072
					0.042
					0.025
					0.034
					0.054
					0.080
					0.037

| 9R |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| lev a | lev a | lev a | lev b | lev b | lev b | lev c | lev c | lev c | lev d | lev d | lev d |
| bucc | dist | ling |
| 0.116 | 0.083 | 0.031 | 0.158 | 0.188 | 0.107 | 0.049 | 0.232 | 0.062 | 0.154 | 0.195 | 0.022 |
| 0.059 | 0.103 | 0.093 | 0.034 | 0.092 | 0.088 | 0.075 | 0.109 | 0.031 | 0.084 | 0.160 | 0.014 |
| 0.036 | 0.010 | 0.017 | 0.059 | 0.029 | 0.028 | 0.072 | 0.150 | 0.013 | 0.084 | 0.091 | 0.115 |
| 0.100 | 0.020 | 0.062 | 0.015 | 0.162 | 0.015 | 0.149 | 0.150 | 0.017 | 0.099 | 0.025 | 0.065 |
| 0.070 | 0.018 | 0.014 | 0.077 | 0.057 | 0.067 | 0.095 | 0.066 | 0.027 | 0.035 | 0.099 | 0.086 |
| 0.035 | 0.016 | 0.023 | 0.092 | 0.173 | 0.011 | 0.135 | 0.070 | 0.010 | 0.090 | 0.051 | 0.057 |
| 0.103 | 0.015 | 0.141 | 0.058 | 0.048 | 0.030 | 0.117 | 0.055 | 0.078 | 0.044 | 0.067 | 0.059 |
| 0.088 | 0.013 | 0.194 | 0.231 | 0.277 | 0.034 | 0.069 | 0.012 | 0.069 | 0.023 | 0.147 | 0.040 |
| 0.122 | 0.066 | 0.011 | 0.077 | 0.208 | 0.089 | 0.051 | 0.096 | 0.066 | 0.109 | 0.165 | 0.057 |
| 0.068 | 0.048 | 0.033 | 0.222 | 0.077 | 0.035 | 0.066 | 0.092 | 0.013 | 0.020 | 0.090 | 0.112 |
| 0.068 | 0.016 | 0.010 | 0.051 | 0.013 | 0.106 | 0.056 | 0.017 | 0.012 | 0.104 | 0.042 | 0.078 |
| 0.065 | 0.077 | 0.009 | 0.073 | 0.165 | 0.065 | 0.032 | 0.028 | 0.027 | 0.142 | 0.142 | 0.089 |
| 0.021 | 0.085 | 0.148 | 0.200 | 0.161 | 0.057 | 0.032 | 0.026 | 0.038 | 0.056 | 0.154 | 0.074 |
| 0.068 | 0.025 | 0.009 | 0.015 | 0.092 | 0.107 | 0.011 | 0.026 | 0.056 | 0.032 | 0.068 | 0.017 |
| 0.040 | 0.096 | 0.013 | 0.082 | 0.128 | 0.017 | 0.014 | 0.090 | 0.010 | 0.088 | 0.020 | 0.045 |
| 0.012 | 0.023 | 0.174 | 0.125 | 0.239 | 0.014 | 0.076 | 0.009 | 0.060 | 0.034 | 0.077 | 0.014 |
| 0.067 | 0.166 | 0.019 | 0.040 | 0.119 | 0.041 | 0.111 | 0.036 | 0.099 | 0.043 | 0.141 | 0.044 |
| 0.015 | 0.011 | 0.025 | 0.122 | 0.190 | 0.011 | 0.117 | 0.148 | 0.042 | 0.026 | 0.063 | 0.111 |
| 0.045 | 0.015 | 0.023 | 0.011 | 0.205 | 0.037 | 0.120 | 0.030 | 0.012 | 0.023 | 0.068 | 0.056 |
| 0.018 | 0.177 | 0.181 | 0.139 | 0.085 | 0.023 | 0.048 | 0.094 | 0.040 | 0.254 | 0.017 | 0.012 |
| 0.232 | 0.088 | 0.019 | 0.164 | 0.112 | 0.087 | 0.091 | 0.020 | 0.011 | 0.047 | 0.022 | 0.010 |
| 0.198 | 0.085 | 0.012 | 0.123 | 0.014 | 0.013 | 0.032 | 0.034 | 0.048 | 0.028 | 0.146 | 0.013 |
| 0.009 | 0.010 | 0.046 | 0.014 | 0.197 | 0.036 | 0.034 | 0.085 | 0.080 | 0.017 | 0.041 | 0.098 |
| 0.065 | 0.086 | 0.018 | 0.024 | 0.012 | 0.077 | 0.030 | 0.160 | 0.064 | 0.063 | 0.164 | 0.076 |
| 0.022 | 0.268 | 0.014 | 0.115 | 0.038 | 0.022 | 0.020 | 0.072 | 0.037 | 0.011 | 0.045 | 0.114 |
| 0.075 | 0.231 | 0.018 | 0.166 | 0.017 | 0.061 | 0.188 | 0.025 | 0.038 | 0.121 | 0.135 | 0.091 |
| 0.046 | 0.179 | 0.024 | 0.011 | 0.167 | 0.111 | 0.018 | 0.032 | 0.076 | 0.103 | 0.058 | 0.087 |
| 0.097 | 0.057 | 0.022 | 0.033 | 0.039 | 0.043 | 0.126 | 0.076 | 0.029 | 0.091 | 0.113 | 0.011 |
| 0.072 | 0.096 | 0.015 | 0.109 | 0.034 | 0.039 | 0.012 | 0.142 | 0.021 | 0.011 | 0.020 | 0.012 |
| 0.049 | 0.012 | 0.022 | 0.217 | 0.138 | 0.009 | 0.053 | 0.062 | 0.078 | 0.041 | 0.152 | 0.044 |
| 0.125 | 0.230 | 0.210 | 0.092 | 0.105 | 0.010 | 0.050 | 0.109 | 0.050 | 0.124 | 0.100 | |
| 0.050 | 0.103 | 0.031 | 0.090 | 0.017 | 0.130 | 0.121 | 0.245 | 0.097 | 0.050 | 0.045 | 0.090 |
| 0.104 | 0.047 | 0.013 | 0.044 | 0.130 | 0.090 | 0.055 | 0.215 | 0.000 | 0.000 | 0.070 | 0.070 |
| 0.103 | 0.021 | 0.094 | 0.014 | 0.202 | 0.022 | 0.102 | 0.250 | 0.000 | 0.019 | 0.124 | 0.070 |
| 0.124 | 0.027 | 0.013 | 0.047 | 0.025 | 0.150 | 0.039 | 0.029 | 0.020 | 0.009 | 0.013 | 0.003 |
| 0.119 | 0.139 | 0.040 | 0.149 | 0.013 | 0.003 | 0.030 | 0.020 | 0.023 | 0.005 | 0.030 | 0.040 |
| 0.044 | 0.020 | 0.112 | 0.003 | 0.012 | 0.027 | 0.000 | 0.027 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.125 |
| 0.042 | 0.013 | 0.013 | 0.154 | 0.002 | 0.010 | 0.213 | 0.192 | 0.073 | 0.124 | 0.009 | 0.054 |
| 0.127 | 0.020 | 0.043 | 0.003 | 0.013 | 0.007 | 0.043 | 0.000 | 0 114 | 0.101 | 0.013 | 0 104 |
| 0.009 | 0.017 | 0.234 | 0.029 | 0.009 | 0.054 | 0.013 | 0.004 | 0.080 | 0.011 | 0.119 | 0.104 |
| 0.027 | 0.016 | 0.011 | 0.012 | 0.014 | 0.000 | 0.013 | 0.003 | 0.060 | 0.037 | 0.013 | 0.062 |
| 0.143 | 0.094 | 0.023 | 0.013 | 0.035 | 0.024 | 0.018 | 0 231 | 0.021 | 0.021 | 0.031 | 0.068 |
| 0.061 | 0.013 | 0.067 | 0.018 | 0.032 | 0.103 | 0.014 | 0.069 | 0.036 | 0.098 | 0.011 | 0.015 |

Tableau VI: Diamètres des vaisseaux sanguins (mm) de la racine distale de la 1^{ère} molaire droite de l'animal 9

0.122	0.052	0.042	0.017	0.050	0.065	0.043	0.211	0.016	0.069	0.050	0.064
0.039	0.015	0.018	0.025	0.111	0.034	0.050	0.135	0.052	0.125	0.019	0.141
0.085	0.045	0.017	0.097	0.054	0.019	0.040	0.010	0.055	0.085	0.080	0.039
0.086	0.032	0.021	0.019	0.015	0.048	0.019	0.018	0.018	0.016	0.031	0.011
0.051	0.046	0.013	0.055	0.046	0.029	0.067	0.020	0.100	0.013	0.011	0.065
0.135	0.056	0.017	0.011	0.063	0.015	0.063	0.201	0.010	0.016	0.044	0.056
0.060	0.026	0.017	0.012	0.123	0.020	0.047	0.136	0.033	0.040	0.027	0.073
0.075	0.035	0.130	0.012	0.123	0.069	0.169	0.052	0.107	0.016	0.059	0.063
0.164	0.018	0.079	0.185	0.106	0.208	0.167	0.030	0.009	0.010	0.026	0.148
0.115	0.081	0.034	0.033	0.024	0.013	0.156	0.009	0.097	0.105	0.021	0.062
0.031	0.021	0.021	0.122	0.013	0.010	0.036	0.023	0.034	0.013	0.027	0.015
0.077	0.050	0.021	0.014	0.011	0.013	0.024	0.155	0.067	0.017	0.016	0.034
0.015	0.041	0.049	0.020	0.051	0.052	0.052	0.233	0.072	0.009	0.020	0.091
0.084	0.027	0.024	0.090	0.026	0.049	0.063	0.016	0.011	0.022	0.014	0.087
0.032	0.013	0.050	0.065	0.019	0.060	0.033	0.134	0.080	0.079	0.021	0.090
0.239	0.031	0.055	0.087	0.044	0.014	0.058	0.020	0.078	0.054	0.045	0.030
0.038	0.048	0.022	0.049	0.014	0.057	0.015	0.161	0.033	0.038	0.109	0.066
0.088	0.014	0.035	0.020	0.015	0.009	0.125	0.147	0.017	0.027	0.017	0.013
0.042	0.106	0.032	0.035	0.024	0.017	0.085	0.009	0.054	0.032	0.014	0.019
0.089	0.019	0.056	0.013	0.015	0.012	0.055	0.017	0.021	0.012	0.033	0.109
0.093	0.029	0.017	0.043	0.023	0.014	0.119	0.072	0.141	0.063	0.023	0.032
0.033	0.014	0.137	0.015	0.056	0.048	0.046	0.116	0.063	0.011	0.026	0.046
0.017	0.062	0.016	0.191	0.087	0.074	0.011	0.064	0.039	0.075	0.085	0.040
0.155	0.038	0.065	0.038	0.049	0.051	0.130	0.051	0.043	0.018	0.069	0.146
0.037	0.067	0.093	0.032	0.048	0.030	0.054	0.149	0.097	0.015	0.055	0.013
0.023	0.049	0.019	0.010	0.026	0.023		0.154	0.137	0.126	0.028	0.097
0.069	0.030	0.023		0.111	0.071		0.011	0.062	0.051	0.030	0.027
0.143	0.030	0.041		0.062	0.041		0.074	0.011	0.073	0.025	0.065
0.041	0.015	0.012		0.015	0.053		0.036	0.047	0.147	0.053	0.010
0.058	0.092	0.042		0.028	0.034		0.014	0.035	0.045	0.033	0.110
0.115	0.019	0.023		0.017	0.068		0.080	0.057	0.051	0.029	0.071
0.024	0.042	0.017		0.072	0.026		0.056	0.047	0.096	0.050	0.024
0.053	0.009	0.029		0.050	0.192		0.028	0.059	0.165	0.113	0.032
	0.030	0.033		0.193	0.022		0.013	0.033	0.046	0.090	0.116
	0.251	0.077		0.015	0.055		0.041	0.101	0.030	0.029	0.073
	0.082	0.038		0.048	0.029		0.027	0.107	0.081	0.020	0.016
	0.040	0.019		0.035	0.059		0.100	0.029	0.077	0.000	0.033
	0.034	0.054		0.053	0.059		0.031	0.020	0.042	0.010	0.000
	0.035	0.030		0.013	0.025		0.056	0.033	0.042	0.044	0.011
	0.013	0.047		0.044	0.034		0.077	0.032	0.012	0.029	0.037
	0.072	0.010		0.065	0.040		0.010	0.070	0.014	0.030	0.110
	0.030	0.059			0.020		0.056	0.014	0.039	0.072	0.034
	0.034	0.033			0.033		0.030	0.032		0.019	0.112
	0.021	0.010			0.079		0.044	0.019		0.010	0.117
	0.014	0.018			0.021		0.010	0.030		0.029	0.015
	0.037	0.031			0.012		0.010	0.014		0.082	0.060
	0.018	0.026			0.030			0.024		0.014	0.026
	0.034	0.033			0.039			0.026		0.026	0.038
	0.037	0.079			0.014			0.027		0.079	0.021
	0.018	0.031			0.160			0.048		0.041	0.048

0.061	0.014			0.012	0.092	0.070
0.054	0.030			0.048	0.016	0.021
0.046	0.013			0.065	0.023	0.133
0.054	0.022			0.021	0.027	0.071
0.045	0.056			0.029	0.036	0.101
0.011	0.022			0.012	0.028	0.047
0.029	0.041			0.042	0.052	0.064
0.011	0.034			0.057	0.002	0.001
0.018	0.001			0.051	0.041	0.016
0.016	0.000			0.068	0.041	0.010
0.010	0.022			0.000	0.011	0.001
0.039	0.000			0.009	0.000	0.000
0.042	0.023			0.040	0.090	0.025
0.055	0.034			0.015	0.032	0.000
0.026	0.010			0.021	0.027	0.026
0.059	0.016			0.060	0.028	0.014
0.020	0.046			0.042	0.072	0.010
0.055	0.134			0.016	0.060	0.060
0.022	0.074			0.020	0.077	0.081
0.100	0.041				0.021	0.063
0.035	0.012				0.012	0.091
0.026	0.033				0.014	0.050
0.014	0.092				0.065	0.075
0.024	0.040				0.039	0.096
0.026	0.031				0.043	0.058
0.024	0.063				0.027	0.037
0.031	0.083				0.032	0.014
0.027	0.069				0.018	0.015
0.034	0.088				0.024	0.061
0.020	0.065				0.013	
0.030						
0.023						
0.057						
0.123						
0.029						
0.079						
0.048						
0.050						
0.049						
0.020						
0.013						
0.151						
0.015						
0 116						
0.028						
0.020						
0.026						
0.020						
0.017						
0.027						
J.J.						

0.013					
0.034					
0.033					
0.054					
0.010					
0.010					
0.019					
0.071					
0.033					
0.021					
0.017					
0.024					

| 9R |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| lev a | lev a | lev a | lev b | lev b | lev b | lev c | lev c | lev c | lev d | lev d | lev d |
| bucc | més | ling | bucc | ling | més | bucc | ling | més | bucc | més | ling |
| 0.058 | 0.109 | 0.183 | 0.138 | 0.071 | 0.124 | 0.035 | 0.039 | 0.071 | 0.183 | 0.063 | 0.052 |
| 0.142 | 0.011 | 0.090 | 0.012 | 0.046 | 0.065 | 0.078 | 0.102 | 0.105 | 0.062 | 0.114 | 0.040 |
| 0.022 | 0.087 | 0.099 | 0.173 | 0.092 | 0.065 | 0.187 | 0.085 | 0.157 | 0.036 | 0.042 | 0.085 |
| 0.094 | 0.126 | 0.010 | 0.049 | 0.037 | 0.122 | 0.035 | 0.041 | 0.129 | 0.018 | 0.063 | 0.068 |
| 0.158 | 0.058 | 0.159 | 0.043 | 0.010 | 0.050 | 0.151 | 0.062 | 0.022 | 0.023 | 0.066 | 0.032 |
| 0.064 | 0.074 | 0.057 | 0.049 | 0.097 | 0.175 | 0.115 | 0.093 | 0.135 | 0.021 | 0.034 | 0.114 |
| 0.024 | 0.142 | 0.207 | 0.078 | 0.035 | 0.044 | 0.026 | 0.017 | 0.161 | 0.231 | 0.028 | 0.034 |
| 0.013 | 0.113 | 0.037 | 0.014 | 0.070 | 0.060 | 0.149 | 0.067 | 0.016 | 0.030 | 0.041 | 0.105 |
| 0.041 | 0.106 | 0.032 | 0.013 | 0.100 | 0.038 | 0.131 | 0.093 | 0.057 | 0.087 | 0.059 | 0.115 |
| 0.037 | 0.125 | 0.019 | 0.167 | 0.158 | 0.036 | 0.154 | 0.054 | 0.011 | 0.040 | 0.031 | 0.069 |
| 0.020 | 0.062 | 0.048 | 0.114 | 0.016 | 0.020 | 0.041 | 0.079 | 0.094 | 0.042 | 0.046 | 0.040 |
| 0.029 | 0.050 | 0.010 | 0.016 | 0.050 | 0.128 | 0.034 | 0.074 | 0.012 | 0.106 | 0.118 | 0.045 |
| 0.056 | 0.018 | 0.083 | 0.021 | 0.059 | 0.017 | 0.140 | 0.078 | 0.094 | 0.031 | 0.041 | 0.078 |
| 0.158 | 0.009 | 0.097 | 0.048 | 0.084 | 0.020 | 0.154 | 0.104 | 0.030 | 0.102 | 0.132 | 0.099 |
| 0.020 | 0.037 | 0.026 | 0.095 | 0.062 | 0.023 | 0.043 | 0.020 | 0.115 | 0.119 | 0.042 | 0.074 |
| 0.044 | 0.075 | 0.185 | 0.033 | 0.015 | 0.097 | 0.108 | 0.017 | 0.012 | 0.151 | 0.022 | 0.049 |
| 0.045 | 0.060 | 0.010 | 0.018 | 0.049 | 0.109 | 0.024 | 0.041 | 0.074 | 0.013 | 0.033 | 0.085 |
| 0.080 | 0.017 | 0.122 | 0.037 | 0.102 | 0.017 | 0.054 | 0.023 | 0.052 | 0.187 | 0.133 | 0.024 |
| 0.189 | 0.094 | 0.014 | 0.137 | 0.013 | 0.011 | 0.039 | 0.065 | 0.151 | 0.075 | 0.029 | 0.051 |
| 0.146 | 0.018 | 0.108 | 0.018 | 0.016 | 0.033 | 0.186 | 0.075 | 0.115 | 0.025 | 0.064 | 0.054 |
| 0.044 | 0.066 | 0.059 | 0.035 | 0.077 | 0.029 | 0.141 | 0.074 | 0.013 | 0.028 | 0.030 | 0.060 |
| 0.217 | 0.071 | 0.068 | 0.036 | 0.077 | 0.025 | 0.021 | 0.012 | 0.133 | 0.009 | 0.065 | 0.070 |
| 0.049 | 0.067 | 0.013 | 0.017 | 0.067 | 0.018 | 0.111 | 0.072 | 0.022 | 0.049 | 0.014 | 0.048 |
| 0.016 | 0.060 | 0.149 | 0.069 | 0.025 | 0.073 | 0.178 | 0.041 | 0.014 | 0.159 | 0.070 | 0.094 |
| 0.090 | 0.121 | 0.016 | 0.026 | 0.089 | 0.075 | 0.061 | 0.013 | 0.076 | 0.011 | 0.210 | 0.088 |
| 0.020 | 0.044 | 0.105 | 0.013 | 0.010 | 0.156 | 0.066 | 0.094 | 0.083 | 0.036 | 0.013 | 0.017 |
| 0.091 | 0.024 | 0.062 | 0.035 | 0.075 | 0.054 | 0.041 | 0.061 | 0.053 | 0.164 | 0.016 | 0.078 |
| 0.044 | 0.016 | 0.015 | 0.099 | 0.014 | 0.018 | 0.121 | 0.083 | 0.077 | 0.026 | 0.046 | 0.021 |
| 0.144 | 0.094 | 0.023 | 0.030 | 0.099 | 0.013 | 0.074 | 0.041 | 0.078 | 0.050 | 0.042 | 0.020 |
| 0.018 | 0.143 | 0.045 | 0.243 | 0.063 | 0.131 | 0.097 | 0.068 | 0.100 | 0.021 | 0.094 | 0.040 |
| 0.132 | 0.029 | 0.073 | 0.014 | 0.060 | 0.087 | 0.188 | 0.077 | 0.037 | 0.028 | 0.105 | 0.034 |
| 0.021 | 0.017 | 0.140 | 0.038 | 0.068 | 0.138 | 0.139 | 0.104 | 0.087 | 0.033 | 0.092 | 0.064 |
| 0.043 | 0.025 | 0.029 | 0.098 | 0.034 | 0.012 | 0.037 | 0.025 | 0.013 | 0.168 | 0.038 | 0.104 |
| 0.047 | 0.015 | 0.056 | 0.040 | 0.067 | 0.011 | 0.083 | 0.013 | 0.099 | 0.046 | 0.018 | 0.087 |
| 0.103 | 0.058 | 0.042 | 0.063 | 0.028 | 0.101 | 0.040 | 0.073 | 0.138 | 0.079 | 0.100 | 0.012 |
| 0.018 | 0.020 | 0.016 | 0.037 | 0.017 | 0.028 | 0.120 | 0.050 | 0.052 | 0.035 | 0.023 | 0.049 |
| 0.142 | 0.092 | 0.049 | 0.013 | 0.029 | 0.059 | 0.119 | 0.101 | 0.070 | 0.019 | 0.038 | 0.065 |
| 0.077 | 0.015 | 0.029 | 0.178 | 0.013 | 0.107 | 0.212 | 0.046 | 0.034 | 0.171 | 0.040 | 0.076 |
| 0.033 | 0.203 | 0.052 | 0.193 | 0.057 | 0.055 | 0.054 | 0.018 | 0.084 | 0.032 | 0.035 | 0.081 |
| 0.018 | 0.111 | 0.021 | 0.180 | 0.008 | 0.109 | 0.125 | 0.049 | 0.036 | 0.026 | 0.020 | 0.037 |
| 0.131 | 0.017 | 0.019 | 0.038 | 0.027 | 0.129 | 0.150 | 0.031 | 0.013 | 0.105 | 0.030 | 0.030 |
| 0.015 | 0.014 | 0.094 | 0.017 | 0.130 | 0.105 | 0.015 | 0.050 | 0.062 | 0.163 | 0.022 | 0.072 |
| 0.100 | 0.098 | 0.024 | 0.211 | 0.015 | 0.115 | 0.052 | 0.018 | 0.056 | 0.024 | 0.024 | 0.077 |
| 0.077 | 0.098 | 0.013 | 0.218 | 0.110 | 0.013 | 0.012 | 0.057 | 0.015 | 0.089 | 0.014 | 0.049 |

Tableau VII: Diamètres des vaisseaux sanguins (mm) de la racinemésiale de la 1^{ère} molaire droite de l'animal 9

i.												
	0.105	0.143	0.021	0.027	0.062	0.102	0.046	0.046	0.185	0.100	0.070	0.037
	0.095	0.107	0.076	0.175	0.049	0.014	0.030	0.124	0.034	0.120	0.049	0.013
	0.111	0.081	0.034	0.009	0.010	0.036	0.167	0.032	0.021	0.061	0.044	0.111
	0.013	0.029	0.071	0.112	0.043	0.017	0.017	0.046	0.023	0.081	0.097	0.067
	0.073	0.028	0.053	0.076	0.127	0.064	0.029	0.093	0.037	0.015	0.048	0.112
	0.088	0.066	0.035	0.098	0.048	0.106	0.033	0.073	0.144	0.011	0.041	0.072
	0.137	0.060	0.044	0.022	0.050	0.054	0.010	0.026	0.108	0.174	0.029	0.094
	0.012	0.088	0.034	0.091	0.070	0.058	0.108	0.015	0.092	0.018	0.032	0.074
	0.046	0.077	0.052	0.067	0.022	0.107	0.228	0.015	0.079	0.021	0.017	0.113
	0.090	0.016	0.035	0.023	0.038	0.027	0.011	0.043	0.010	0.027	0.463	0.044
	0.032	0.058	0.026	0.046	0.134	0.054	0.075	0.010	0.036	0.119	0.035	0.073
	0.035	0.066	0.040	0.013	0.109	0.045	0.145	0.066	0.020	0.015	0.018	0.059
	0.046	0.085	0.042	0.074	0.020	0.034	0.010	0.020	0.064	0.034	0.463	0.035
	0.091	0.051	0.017	0.016	0.023	0.011	0.050	0.030	0.024	0.086	0.032	0.076
	0.017	0.024	0.062	0.134	0.042	0.063	0.016	0.025	0.020	0.012	0.221	0.047
	0.125	0.087	0.043	0.044	0.055	0.027	0.030	0.024	0.096	0.111	0.019	0.014
	0.094	0.026	0.029	0.032	0.021	0.109	0.013	0.041	0.082	0.013	0.016	0.042
	0.093	0.047	0.028	0.016	0.013	0.030	0.174	0.155	0.079	0.019	0.089	0.047
	0.116	0.035	0.060	0.078	0.084	0.083	0.013	0.036	0.193	0.016	0.043	0.020
	0.058	0.066	0.027	0.131	0.036	0.014	0.016	0.036	0.014	0.059	0.020	0.023
	0.030	0.014	0.048	0.111	0.020	0.058	0.090	0.047	0.019	0.012	0.070	0.032
	0.074	0.035	0.011	0.044	0.018	0.050	0.013	0.064	0.019	0.048	0.091	0.064
	0.110	0.015	0.032	0.040	0.014	0.014	0.034	0.045	0.065	0.014	0.039	0.068
	0.043	0.030	0.037	0.017	0.014	0.056	0.057	0.020	0.044	0.060	0.057	0.028
	0.031	0.132	0.014	0.013	0.011	0.071	0.013	0.013	0.022	0.053	0.020	0.077
	0.009	0.024	0.045	0.026	0.028	0.073	0.094	0.015	0.095	0.019		0.039
	0.068	0.027	0.036	0.110	0.017	0.025	0.074	0.032	0.038	0.091		0.042
	0.110	0.014	0.045	0.070	0.022	0.131	0.124	0.029	0.052	0.107		0.013
	0.020	0.037	0.013	0.102	0.030	0.027	0.225	0.012	0.030	0.055		0.023
	0.122	0.020	0.013	0.030	0.017	0.119	0.040	0.033	0.001	0.040		0.000
		0.034	0.040	0.131	0.071	0.003	0.005	0.070	0.001	0.070		0.033
		0.014	0.013	0.150	0.025	0.002		0.014	0.003	0.024		0.040
		0.131	0.000	0.010	0.000	0.004		0.170	0.102	0.047		0.000
		0.002	0.000	0.120	0.017	0.117		0.016	0.017	0.020		0.020
		0.070	0.000	0.000	0.017			0.011	0.070	0.002		0.084
		0.045	0.020	0.100	0.018			0.049	0.045	0.024		0.039
		0.019	0.015	0.069	0.038			0.018	0.023	0.02.		0.040
		0.053	0.038	0.000	0.014			0.040	0.010			0.023
		0.089	0.016		0.085			0.090				0.028
		0.015	0.021		0.000			0.012				0.043
		0.059	0.159					0.011				0.060
ļ			0.053					0.073				0.049
			0.244					0.009				0.087
ļ			0.030					0.075				0.018
			0.129					0.041				0.023
			0.032					0.010				0.060
ļ			0.022					0.031				0.053
			0.054					0.014				0.026
			0.100					0.033				0.031
		1		1	i i	1	1	0.000	1	1	1	0.001

0.027	0	0.036		
0.046	0	0.099		
0.043	0	0.031		
0.092	0	0.068		
0.027	0	0.046		
0.012	0).011		
0.015	0	0.018		
	0	0.068		
	0	0.036		

10L	10L	10L	10L	10L	10L	10L	10L	10L	10L	10L	10L
lev a	lev a	lev a	lev b	lev b	lev b	lev c	lev c	lev c	lev d	lev d	lev d
bucc	dist	ling	bucc	dist	ling	bucc	dist	ling	bucc	dist	ling
0.048	0.042	0.037	0.090	0.068	0.093	0.081	0.022	0.092	0.128	0.033	0.026
0.056	0.264	0.064	0.124	0.125	0.107	0.036	0.101	0.052	0.111	0.082	0.086
0.160	0.075	0.014	0.111	0.017	0.186	0.125	0.152	0.034	0.070	0.053	0.013
0.028	0.102	0.024	0.040	0.174	0.021	0.061	0.065	0.076	0.110	0.053	0.074
0.031	0.210	0.214	0.141	0.122	0.082	0.045	0.105	0.083	0.149	0.070	0.071
0.092	0.043	0.014	0.016	0.095	0.056	0.038	0.128	0.028	0.040	0.068	0.052
0.015	0.253	0.026	0.027	0.105	0.114	0.100	0.080	0.117	0.060	0.010	0.015
0.035	0.048	0.032	0.050	0.121	0.017	0.070	0.127	0.037	0.038	0.089	0.029
0.035	0.062	0.119	0.046	0.260	0.065	0.028	0.085	0.057	0.121	0.020	0.049
0.092	0.070	0.045	0.018	0.143	0.057	0.086	0.132	0.068	0.066	0.029	0.030
0.114	0.019	0.020	0.031	0.010	0.114	0.023	0.074	0.049	0.153	0.085	0.053
0.056	0.148	0.077	0.111	0.034	0.072	0.074	0.111	0.106	0.016	0.017	0.011
0.099	0.033	0.031	0.126	0.106	0.057	0.147	0.137	0.030	0.047	0.091	0.018
0.026	0.209	0.120	0.059	0.037	0.047	0.042	0.086	0.032	0.018	0.124	0.042
0.107	0.024	0.009	0.026	0.022	0.013	0.106	0.085	0.036	0.043	0.015	0.095
0.020	0.057	0.032	0.084	0.014	0.062	0.081	0.133	0.076	0.107	0.111	0.020
0.037	0.089	0.012	0.031	0.013	0.108	0.063	0.026	0.039	0.115	0.079	0.012
0.068	0.023	0.028	0.029	0.011	0.041	0.025	0.210	0.025	0.054	0.100	0.041
0.063	0.029	0.015	0.094	0.152	0.057	0.040	0.168	0.062	0.013	0.040	0.037
0.175	0.250	0.064	0.122	0.177	0.046	0.060	0.126	0.012	0.145	0.083	0.038
0.085	0.083	0.017	0.018	0.202	0.058	0.028	0.146	0.091	0.076	0.019	0.080
0.075	0.060	0.047	0.057	0.039	0.079	0.031	0.028	0.084	0.043	0.049	0.088
0.046	0.028	0.088	0.073	0.019	0.064	0.045	0.159	0.034	0.052	0.086	0.021
0.038	0.104	0.012	0.026	0.015	0.060	0.048	0.109	0.101	0.158	0.081	0.058
0.222	0.305	0.064	0.059	0.054	0.042	0.044	0.078	0.056	0.105	0.015	0.058
0.035	0.036	0.029	0.119	0.025	0.028	0.077	0.140	0.043	0.017	0.019	0.033
0.120	0.075	0.064	0.036	0.131	0.085	0.024	0.064	0.012	0.014	0.051	0.051
0.033	0.194	0.013	0.087	0.025	0.033	0.090	0.074	0.031	0.085	0.052	0.013
0.020	0.020	0.034	0.000	0.044	0.009	0.097	0.057	0.035	0.072	0.010	0.044
0.015	0.099	0.010	0.127	0.031	0.015	0.097	0.019	0.073	0.015	0.060	0.032
0.025	0.049	0.014	0.014	0.010	0.020	0.103	0.041	0.037	0.025	0.042	0.091
0.100	0.030	0.009	0.013	0.033	0.010	0.001	0.023	0.034	0.114	0.001	0.042
0.090	0.030	0.022	0.012	0.031	0.014	0.070	0.025	0.004	0.010	0.079	0.022
0.009	0.043	0.049	0.052	0.009	0.023	0.000	0.013	0.047	0.004	0.094	0.037
0.000	0.095	0.074	0.029	0.023	0.017	0.000	0.009	0.017	0.017	0.100	0.035
0.142	0.023	0.040	0.040	0.010	0.017	0.030	0.041	0.021	0.009	0.052	0.040
0.040	0.012	0.013	0.124	0.011	0.017	0.114	0.027	0.075	0.100	0.100	0.023
0.017	0.000	0.047	0.032	0.100	0.000	0.070	0.044	0.070	0.032	0.017	0.000
0.030	0.020	0.118	0.001	0.013	0.017	0.031	0.002	0.067	0.000	0.010	0.014
0.137	0.017	0.046	0.010	0 1 2 2	0.022	0.044	0.023	0.053	0.002	0.012	0.088
0 196	0 101	0.015	0.023	0.035	0.012	0.131	0.020	0.128	0.031	0 174	0.050
0.100	0 106	0.036	0.029	0.014	0.021	0.025	0.020	0 107	0.048	0.012	0.085
0.070	0.027	0.048	0.011	0.024	0.036	0.049	0.038	0.016	0.017	0.015	0.045

Tableau VIII: Diamètres des vaisseaux sanguins (mm) de la racine distale de la 1^{ère} molaire gauche de l'animal 10

-											
0.135	0.031	0.056	0.030	0.070	0.009	0.013	0.033	0.029	0.014	0.016	0.024
0.042	0.220	0.067	0.045	0.028	0.073	0.013	0.034	0.041	0.038	0.036	0.015
0.037	0.025	0.035	0.039	0.034	0.018	0.017	0.019	0.041	0.045	0.038	0.016
0.075	0.020	0.057	0.024	0.019	0.043	0.099	0.034	0.118	0.035	0.023	0.043
0.034	0.204	0.028	0.020	0.019	0.031	0.053	0.018	0.043	0.039	0.011	0.020
0.129	0.027	0.140	0.087	0.032	0.009	0.092	0.081	0.009	0.013	0.009	0.019
0.027	0.012	0.096	0.026	0.011	0.047	0.070	0.030	0.024	0.108	0.025	0.044
0.046	0.248	0.050	0.029	0.016	0.017	0.049	0.041	0.033	0.017	0.016	0.063
0.075	0.021	0.051	0.044	0.021	0.018	0.015	0.023	0.025	0.011	0.061	0.070
0.098	0.108	0.046	0.017	0.044	0.017	0.045	0.045	0.029	0.015	0.045	0.016
0.096	0.019	0.023	0.016	0.088	0.037	0.036	0.035	0.073	0.015	0.022	0.015
0.047	0.042	0.018	0.031	0.128	0.087	0.054	0.057	0.064	0.024	0.009	0.044
0.028	0.082	0.013	0.012	0.013	0.027	0.068	0.035	0.026	0.021	0.012	0.091
0.042	0.012	0.036	0.019	0.101	0.017	0.013	0.027	0.042	0.012	0.029	0.046
0.032	0.022	0.045	0.018	0.131	0.045	0.042	0.090	0.025	0.019	0.015	0.089
0.062	0.067	0.053	0.052	0.024	0.030	0.099	0.042	0.085	0.015	0.014	0.078
0.023	0.018	0.073	0.023	0.025	0.025	0.077	0.035	0.032	0.018	0.033	0.071
0.020	0.014	0.012	0.096	0.003	0.062	0.020	0.032	0.054	0.020	0.010	0.096
0.077	0.014	0.015	0.004	0.010	0.101	0.029	0.035	0.025	0.012	0.035	0.004
0.034	0.029	0.101	0.131	0.035	0.010	0.025	0.005	0.051	0.020	0.000	0.023
0.050	0.040	0.011	0.010	0.010	0.025	0.051	0.224	0.052	0.000	0.029	0.024
0.010	0.005	0.049	0.000	0.022	0.029	0.013	0.031	0.030	0.034	0.045	0.013
0.004	0.047	0.014	0.023	0.101	0.020	0.001	0.074	0.000	0.013	0.035	0.012
0.040	0.121	0.030	0.044	0.011	0.024	0.157	0.000	0.022	0.020	0.021	0.024
0.022	0.023	0.015	0.102	0.013	0.013	0.000	0.000	0.020	0.021	0.010	0.021
0.096	0.225	0.020	0.021	0.022	0.038	0.010	0.020	0.040	0.023	0.013	0.011
0.033	0.045	0.050	0.019	0.023	0.000	0.058	0.088	0.002	0.016	0.157	0.027
0.068	0.015	0.024	0.092	0.021	0.029	0.155	0.021	0.025	0.015	0.017	0.107
0.014	0.035	0.017	0.038	0.024	0.017	0.041	0.018	0.143	0.014	0.026	0.011
0.088	0.123	0.036	0.015	0.012	0.015	0.049	0.049	0.040	0.029	0.033	0.033
0.041	0.018	0.027	0.014	0.010	0.019	0.067	0.016	0.028	0.016	0.011	0.020
0.070	0.103	0.042	0.021	0.065	0.022	0.055	0.046	0.023	0.016	0.072	0.015
0.041	0.218	0.016		0.012	0.238	0.028	0.154	0.100	0.042	0.010	0.054
0.061	0.061	0.079		0.011	0.016	0.044	0.032	0.033	0.083	0.062	0.021
0.029	0.150	0.034		0.015	0.094	0.079	0.041	0.052	0.025	0.128	0.018
0.016	0.060	0.045		0.122	0.034	0.016	0.097	0.055	0.014	0.092	0.045
0.051	0.041	0.097		0.123	0.035	0.031	0.080	0.024	0.072	0.059	0.015
0.250	0.032	0.042		0.018	0.026		0.067	0.044	0.046	0.016	0.039
0.040	0.024	0.054		0.033	0.012		0.044	0.064	0.054	0.043	0.029
0.031	0.048	0.028		0.013	0.125		0.036	0.055	0.013	0.068	0.080
0.017	0.062	0.023		0.012	0.060		0.046	0.044	0.030	0.016	0.014
0.041	0.011	0.040		0.029	0.029		0.143	0.017	0.080		0.034
0.050	0.046	0.057			0.022		0.037	0.050	0.033		0.152
0.049		0.010					0.047		0.221		0.014
0.039		0.016					0.086		0.116		0.023
0.047		0.040					0.121		0.042		0.044
0.060		0.032					0.018		0.027		0.061
0.047		0.026					0.040		0.099		0.027
0.053		0.025					0.078		0.061		0.022

0.032	0.024			0.014	0.136	0.020
0.011	0.017			0.042	0.149	0.021
0.028	0.027			0.140	0.062	0.061
0.054	0.023			0.015	0.056	0.015
0.053	0.019				0.030	0.049
0.097	0.025				0.027	0.011
0.026	0.034				0.027	0.039
0.063	0.019					0.025
0.028	0.020					0.034
0.017	0.012					0.027
0.011	0.035					0.033
0.039	0.019					0.040
0.052	0.029					0.033
0.025	0.020					0.085
0.086	0.023					0.075
0.030	0.016					0.034
0.056	0.022					0.031
0.014	0.059					0.050
0.017	0.098					0.036
0.024	0.018					0.038
	0.046					0.021
	0.026					0.020
	0.023					0.026
	0.016					0.019
	0.030					0.043
	0.071					0.014
	0.023					0.205
	0.034					0.032
	0.035					0.051
	0.034					0.010
	0.050					0.065
	0.020					0.047
	0.020					0.034
	0 167					0.055
	0.029					0.075
	0 146					0.010
	0.023					0.060
	0.020					0.030
	0.031					0.139
	0.062					5.100
	0.022					

| 10L |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| lev a | lev a | lev a | lev b | lev b | lev b | lev c | lev c | lev c | lev d | lev d | lev d |
| bucc | més | ling |
| 0.040 | 0.046 | 0.274 | 0.104 | 0.146 | 0.120 | 0.065 | 0.198 | 0.137 | 0.138 | 0.106 | 0.047 |
| 0.018 | 0.044 | 0.082 | 0.049 | 0.076 | 0.057 | 0.041 | 0.052 | 0.156 | 0.020 | 0.058 | 0.043 |
| 0.124 | 0.138 | 0.040 | 0.121 | 0.034 | 0.096 | 0.071 | 0.107 | 0.135 | 0.115 | 0.044 | 0.102 |
| 0.030 | 0.112 | 0.063 | 0.108 | 0.053 | 0.076 | 0.082 | 0.099 | 0.120 | 0.082 | 0.087 | 0.024 |
| 0.018 | 0.034 | 0.022 | 0.073 | 0.022 | 0.073 | 0.099 | 0.032 | 0.014 | 0.026 | 0.139 | 0.042 |
| 0.132 | 0.071 | 0.123 | 0.095 | 0.121 | 0.048 | 0.021 | 0.057 | 0.029 | 0.010 | 0.074 | 0.034 |
| 0.047 | 0.045 | 0.080 | 0.075 | 0.021 | 0.061 | 0.033 | 0.104 | 0.109 | 0.022 | 0.022 | 0.060 |
| 0.090 | 0.123 | 0.128 | 0.176 | 0.083 | 0.028 | 0.020 | 0.088 | 0.023 | 0.161 | 0.131 | 0.031 |
| 0.049 | 0.016 | 0.179 | 0.098 | 0.036 | 0.097 | 0.072 | 0.023 | 0.030 | 0.144 | 0.052 | 0.089 |
| 0.097 | 0.033 | 0.026 | 0.089 | 0.021 | 0.056 | 0.128 | 0.056 | 0.033 | 0.043 | 0.099 | 0.018 |
| 0.070 | 0.123 | 0.092 | 0.131 | 0.045 | 0.028 | 0.043 | 0.017 | 0.072 | 0.016 | 0.090 | 0.029 |
| 0.037 | 0.020 | 0.150 | 0.070 | 0.101 | 0.031 | 0.177 | 0.014 | 0.076 | 0.042 | 0.042 | 0.125 |
| 0.172 | 0.078 | 0.013 | 0.046 | 0.062 | 0.035 | 0.079 | 0.116 | 0.021 | 0.044 | 0.077 | 0.081 |
| 0.103 | 0.016 | 0.051 | 0.062 | 0.096 | 0.013 | 0.038 | 0.031 | 0.015 | 0.108 | 0.158 | 0.035 |
| 0.083 | 0.151 | 0.093 | 0.057 | 0.017 | 0.019 | 0.112 | 0.087 | 0.035 | 0.029 | 0.014 | 0.010 |
| 0.110 | 0.105 | 0.025 | 0.065 | 0.012 | 0.083 | 0.062 | 0.099 | 0.011 | 0.168 | 0.045 | 0.068 |
| 0.068 | 0.058 | 0.038 | 0.024 | 0.012 | 0.097 | 0.081 | 0.069 | 0.258 | 0.049 | 0.068 | 0.053 |
| 0.128 | 0.052 | 0.033 | 0.031 | 0.045 | 0.028 | 0.159 | 0.081 | 0.085 | 0.012 | 0.092 | 0.052 |
| 0.012 | 0.109 | 0.022 | 0.032 | 0.125 | 0.042 | 0.100 | 0.059 | 0.010 | 0.039 | 0.036 | 0.047 |
| 0.112 | 0.048 | 0.057 | 0.151 | 0.118 | 0.087 | 0.058 | 0.091 | 0.013 | 0.091 | 0.021 | 0.053 |
| 0.063 | 0.088 | 0.009 | 0.071 | 0.013 | 0.048 | 0.071 | 0.091 | 0.016 | 0.166 | 0.022 | 0.111 |
| 0.088 | 0.078 | 0.156 | 0.092 | 0.043 | 0.047 | 0.056 | 0.088 | 0.031 | 0.059 | 0.095 | 0.050 |
| 0.088 | 0.131 | 0.018 | 0.056 | 0.111 | 0.038 | 0.038 | 0.070 | 0.020 | 0.041 | 0.025 | 0.044 |
| 0.080 | 0.105 | 0.146 | 0.078 | 0.142 | 0.048 | 0.150 | 0.046 | 0.049 | 0.071 | 0.067 | 0.021 |
| 0.101 | 0.173 | 0.030 | 0.041 | 0.030 | 0.024 | 0.159 | 0.081 | 0.027 | 0.047 | 0.075 | 0.079 |
| 0.140 | 0.010 | 0.159 | 0.149 | 0.011 | 0.059 | 0.033 | 0.016 | 0.050 | 0.023 | 0.039 | 0.014 |
| 0.073 | 0.052 | 0.156 | 0.078 | 0.066 | 0.092 | 0.045 | 0.098 | 0.172 | 0.014 | 0.081 | 0.066 |
| 0.091 | 0.043 | 0.175 | 0.020 | 0.024 | 0.098 | 0.020 | 0.107 | 0.177 | 0.045 | 0.038 | 0.033 |
| 0.072 | 0.069 | 0.124 | 0.152 | 0.016 | 0.083 | 0.041 | 0.025 | 0.044 | 0.038 | 0.065 | 0.083 |
| 0.105 | 0.019 | 0.048 | 0.094 | 0.054 | 0.026 | 0.084 | 0.072 | 0.036 | 0.032 | 0.036 | 0.016 |
| 0.020 | 0.052 | 0.120 | 0.036 | 0.065 | 0.238 | 0.085 | 0.077 | 0.254 | 0.017 | 0.029 | 0.051 |
| 0.088 | 0.044 | 0.083 | 0.150 | 0.059 | 0.091 | 0.029 | 0.023 | 0.010 | 0.039 | 0.011 | 0.092 |
| 0.077 | 0.045 | 0.025 | 0.098 | 0.024 | 0.131 | 0.025 | 0.030 | 0.037 | 0.019 | 0.068 | 0.076 |
| 0.051 | 0.086 | 0.055 | 0.076 | 0.011 | 0.039 | 0.013 | 0.013 | 0.044 | 0.090 | 0.009 | 0.047 |
| 0.019 | 0.014 | 0.059 | 0.017 | 0.027 | 0.015 | 0.069 | 0.035 | 0.100 | 0.035 | 0.020 | 0.102 |
| 0.050 | 0.079 | 0.015 | 0.111 | 0.022 | 0.075 | 0.146 | 0.020 | 0.014 | 0.049 | 0.012 | 0.016 |
| 0.041 | 0.091 | 0.064 | 0.090 | 0.038 | 0.027 | 0.020 | 0.016 | 0.070 | 0.048 | 0.039 | 0.050 |
| 0.091 | 0.053 | 0.146 | 0.078 | 0.087 | 0.034 | 0.130 | 0.042 | 0.160 | 0.029 | 0.031 | 0.057 |
| 0.019 | 0.066 | 0.166 | 0.085 | 0.068 | 0.014 | 0.105 | 0.052 | 0.090 | 0.215 | 0.099 | 0.073 |
| 0.045 | 0.058 | 0.032 | 0.129 | 0.012 | 0.179 | 0.136 | 0.016 | 0.064 | 0.034 | 0.036 | 0.042 |
| 0.063 | 0.035 | 0.083 | 0.088 | 0.018 | 0.037 | 0.056 | 0.037 | 0.011 | 0.033 | 0.021 | 0.029 |
| 0.020 | 0.085 | 0.030 | 0.022 | 0.210 | 0.030 | 0.058 | 0.033 | 0.040 | 0.015 | 0.028 | 0.059 |
| 0.068 | 0.046 | 0.020 | 0.013 | 0.033 | 0.070 | 0.038 | 0.014 | 0.066 | 0.099 | 0.029 | 0.028 |
| 0.019 | 0.050 | 0.014 | 0.040 | 0.013 | 0.033 | 0 079 | 0.021 | 0.097 | 0.050 | 0.022 | 0.046 |

Tableau IX: Diamètres des vaisseaux sanguins (mm) de la racine mésiale de la 1^{ère} molaire gauche de l'animal 10

0.031	0.135	0.065	0.011	0.054	0.010	0.023	0.025	0.071	0.027	0.023	0.063
0.029	0.052	0.086	0.016	0.011	0.035	0.029	0.081	0.011	0.048	0.012	0.063
0.023	0.033	0.130	0.036	0.011	0.049	0.020	0.023	0.034	0.025	0.061	0.111
0.024	0.014	0.010	0.118	0.096	0.101	0.272	0.013	0.265	0.025	0.013	0.074
0.034	0.052	0.030	0.009	0.101	0.106	0.067	0.034	0.104	0.038	0.019	0.067
0.036	0.057	0.031	0.071	0.013	0.063	0.075	0.045	0.106	0.028	0.022	0.074
0.020	0.094	0.039	0.020	0.019	0.030	0.123	0.032	0.108	0.028	0.052	0.131
0.116	0.049	0.074	0.050	0.065	0.038	0.096	0.048	0.053	0.111	0.018	0.056
0.039	0.075	0.023	0.022	0.011	0.042	0.059	0.027	0.047	0.024	0.028	0.017
0.017	0.045	0.095	0.024	0.019	0.081	0.027	0.122	0.031	0.013	0.035	0.077
0.038	0.021	0.022	0.125	0.044	0.162	0.031	0.039	0.013	0.079	0.024	0.024
0.015	0.024	0.092	0.030	0.045	0.092	0.036	0.020	0.042	0.022	0.024	0.039
0.027	0.011	0.054	0.063	0.040	0.049	0.133	0.043	0.025	0.043	0.018	0.076
0.044	0.081	0.054	0.022	0.037	0.113	0.096	0.019	0.025	0.051	0.022	0.086
0.159	0.047	0.106	0.016	0.072	0.012	0.019	0.196	0.068	0.016	0.021	0.027
0.122	0.098	0.052	0.065		0.083	0.106	0.014	0.017	0.010	0.014	0.034
0.029	0.083	0.067	0.025		0.052	0.051	0.036	0.044	0.025	0.078	0.020
0.013	0.051	0.011	0.060		0.045	0.028	0.084	0.029	0.012	0.033	0.069
0.014	0.062	0.270	0.210		0.035	0.088	0.031	0.063	0.017	0.049	0.052
0.157	0.147	0.117	0.055		0.051	0.077	0.034	0.026	0.038	0.018	0.040
0.156	0.013	0.033	0.030		0.040	0.116	0.025	0.039	0.086	0.011	0.033
0.120	0.021	0.021	0.010		0.071	0.191	0.017	0.051	0.282	0.051	0.037
0.034	0.080	0.021	0.014		0.024	0.046	0.031	0.046	0.014	0.012	0.105
0.012	0.041	0.132	0.106		0.057	0.058	0.061	0.031	0.057	0.043	0.047
0.038	0.032		0.030		0.076	0.275	0.069	0.017	0.048	0.011	0.132
0.052	0.010		0.076		0.027	0.203	0.059	0.016	0.033	0.012	0.077
0.078	0.053		0.131		0.078	0.021	0.022	0.061	0.016	0.024	0.016
0.016	0.115		0.038		0.038	0.055	0.071	0.029	0.020	0.029	0.100
0.084	0.011		0.033		0.011	0.016	0.022	0.036	0.061	0.079	0.061
	0.047		0.037		0.068	0.092	0.084	0.043	0.028	0.065	0.072
	0.015		0.028		0.074	0.025	0.074	0.014	0.021	0.024	0.059
	0.021		0.035		0.061	0.034	0.055	0.028	0.033	0.025	0.115
	0.193		0.113		0.159	0.014	0.061	0.028	0.069	0.013	0.057
	0.071		0.023		0.060	0.079		0.056	0.020	0.045	0.071
	0.020		0.038		0.090	0.061		0.076	0.039	0.038	0.122
	0.019				0.056	0.058		0.051	0.022	0.030	0.073
	0.078				0.030	0.040		0.078		0.037	0.058
	0.012				0.042	0.091		0.048		0.016	0.064
	0.164				0.053	0.034		0.014		0.035	0.041
	0.009				0.060	0.091		0.063		0.035	0.113
	0.014				0.028	0.050		0.031		0.055	0.039
	0.223				0.037	0.082		0.104		0.051	0.047
	0.026				0.083			0.039		0.228	0.157
	0.060				0.022			0.073		0.022	0.032
	0.199				0.008			0.040		0.049	0.053
	0.014				0.090			0.085		0.030	0.116
	0.079				0.208			0.039		0.057	0.013
	0.052				0.025			0.048		0.076	0.053
					0.079			0.019		0.023	0.046
					0.057			0.042			0.070

					0.109		0.085
					0.079		0.015
					0.038		0.051
					0.058		0.058
					0.061		0.012
					0.080		0.063
					0.078		0.026
					0.051		0.067
					0.033		0.088
					0.067		0.059
					0.024		0.064
					0.059		0.090
					0.107		0.094
					0.036		0.097
					0.041		0.053
							0.082
							0.043
							0.036
							0.011
							0.031
							0.138
							0.065
							0.034
							0.010
							0.153
							0.014
							0.081
							0.105
							0.096
							0.026
							0.077
							0.031
							0.077
							0.087
							0.060
							0.095
		1					0.052

10D	10D	100	10D	10D	10D	10D	10D	10D	10D	100
	dist		dist	ling		dist	ling		dist	ling
0.051	0.046	0.071	0 346	0.010	0 116	0.082	0.042	0.026	0.076	0 156
0.001	0.040	0.160	0.040	0.070	0.110	0.002	0.042	0.020	0.070	0.073
0.011	0.313	0.032	0.052	0.342	0.011	0.060	0.011	0.037	0.186	0.051
0.024	0.010	0.112	0 171	0.050	0.077	0 249	0 1 1 2	0.031	0.016	0.076
0.205	0.097	0.043	0.207	0.102	0.077	0.054	0.144	0.055	0.040	0.046
0.012	0.018	0.032	0.063	0.039	0.012	0.220	0.132	0.031	0.047	0.087
0.065	0.045	0.033	0.076	0.079	0.014	0.111	0.090	0.061	0.053	0.070
0.043	0.027	0.113	0.105	0.089	0.032	0.113	0.149	0.036	0.080	0.078
0.078	0.053	0.035	0.058	0.009	0.052	0.077	0.030	0.014	0.074	0.052
0.032	0.024	0.031	0.039	0.024	0.106	0.098	0.018	0.076	0.106	0.044
0.078	0.048	0.085	0.042	0.053	0.034	0.036	0.089	0.094	0.032	0.071
0.017	0.090	0.208	0.056	0.023	0.110	0.018	0.131	0.030	0.077	0.046
0.053	0.346	0.039	0.057	0.010	0.071	0.088	0.012	0.084	0.048	0.045
0.071	0.029	0.013	0.059	0.011	0.084	0.243	0.098	0.021	0.015	0.046
0.039	0.011	0.061	0.019	0.064	0.070	0.017	0.036	0.050	0.056	0.038
0.088	0.051	0.055	0.020	0.112	0.071	0.036	0.028	0.018	0.015	0.065
0.049	0.014	0.076	0.127	0.035	0.013	0.101	0.060	0.123	0.036	0.027
0.015	0.075	0.086	0.014	0.038	0.022	0.135	0.078	0.031	0.055	0.049
0.061	0.097	0.025	0.084	0.044	0.013	0.058	0.034	0.080	0.024	0.045
0.078	0.035	0.123	0.035	0.135	0.065	0.012	0.023	0.073	0.027	0.055
0.113	0.192	0.093	0.295	0.028	0.068	0.054	0.035	0.031	0.026	0.075
0.136	0.352	0.043	0.013	0.044	0.046	0.052	0.039	0.093	0.145	0.055
0.018	0.013	0.040	0.046	0.091	0.047	0.155	0.013	0.063	0.012	0.073
0.073	0.138	0.043	0.023	0.028	0.011	0.012	0.044	0.010	0.025	0.050
0.049	0.017	0.062	0.013	0.024	0.079	0.079	0.069	0.048	0.054	0.029
0.026	0.105	0.052	0.043	0.146	0.011	0.049	0.038	0.059	0.086	0.066
0.053	0.014	0.092	0.017	0.040	0.129	0.010	0.038	0.118	0.045	0.049
0.037	0.035	0.023	0.074	0.180	0.089	0.033	0.020	0.010	0.059	0.057
0.070	0.075	0.045	0.149	0.022	0.125	0.126	0.040	0.032	0.068	0.020
0.050	0.032	0.052	0.191	0.010	0.064	0.013	0.070	0.011	0.056	0.058
0.014	0.017	0.096	0.116	0.031	0.056	0.038	0.029	0.013	0.009	0.075
0.024	0.069	0.048	0.289	0.095	0.039	0.030	0.021	0.032	0.020	0.083
0.041	0.037	0.011	0.055	0.111	0.019	0.028	0.042	0.134	0.018	0.018
0.031	0.048	0.081	0.015	0.023	0.087	0.053	0.014	0.061	0.015	0.048
0.034	0.061	0.088	0.041	0.025	0.072	0.043	0.028	0.027	0.018	0.020
0.037	0.099	0.122	0.052	0.058	0.137	0.020	0.026	0.024	0.026	0.026
0.042	0.027	0.015	0.213	0.077	0.055	0.066	0.024	0.024	0.024	0.016
0.027	0.010	0.015	0.032	0.049	0.016	0.011	0.020	0.057	0.027	0.065
0.029	0.009	0.129	0.015	0.086	0.015	0.110	0.023	0.037	0.018	0.146
0.050	0.119	0.035	0.021	0.030	0.112	0.019	0.028	0.069	0.047	0.018
0.023	0.085	0.040	0.019	0.065	0.093	0.074	0.027	0.044	0.014	0.021
0.036	0.016	0.097	0.051	0.083	0.013	0.045	0.033	0.039	0.014	0.024
0.115	0.171	0.011	0.050	0.081	0.048	0.019	0.024	0.081	0.011	0.021
0.031	0.035	0.015	0.058	0.049	0.034	0.022	0.035	0.037	0.028	0.016

Tableau X: Diamètres des vaisseaux sanguins (mm) de la racine distale de la 1^{ère} molaire droite de l'animal 10

0.041	0.076	0.016	0 234	0.028	0.043	0.065	0.038	0.060	0.031	0.062
0.041	0.076	0.010	0.234	0.020	0.040	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002
0.043	0.040	0.074	0.017	0.134	0.134	0.050	0.010	0.017	0.020	0.023
0.070	0.205	0.070	0.019	0.029	0.073	0.000	0.031	0.070	0.010	0.009
0.010	0.035	0.051	0.021	0.000	0.000	0.015	0.039	0.070	0.013	0.090
0.014	0.023	0.072	0.063	0.013	0.047	0.059	0.027	0.076	0.010	0.037
0.059	0.148	0.064	0.028	0.025	0.050	0.013	0.016	0.097	0.040	0.019
0.030	0.021	0.057	0.047	0.016	0.009	0.023	0.013	0.045	0.023	0.050
0.058	0.015	0.048	0.132	0.012	0.097	0.011	0.025	0.066	0.018	0.028
0.029	0.022	0.063	0.025	0.039	0.012	0.017	0.054	0.077	0.050	0.031
0.048	0.036	0.031	0.041	0.042	0.083	0.104	0.121	0.019	0.027	0.017
0.034	0.027	0.066	0.212	0.059	0.020	0.020	0.011	0.019	0.072	0.045
0.009	0.068	0.075	0.052	0.043	0.013	0.023	0.014	0.097	0.053	0.034
0.026	0.017	0.061	0.019	0.014	0.105	0.021	0.017	0.058	0.016	0.048
0.069	0.045	0.040	0.040	0.037	0.141	0.010	0.042	0.067	0.016	0.024
0.027	0.020	0.101	0.023	0.029	0.044	0.021	0.014	0.014	0.171	0.043
0.095	0.011	0.062	0.026	0.012	0.033	0.017	0.035	0.020	0.035	0.035
0.156	0.077	0.023	0.010	0.015	0.123	0.019	0.012	0.027	0.072	0.077
0.033	0.048	0.091	0.018	0.037	0.063	0.030	0.013	0.121	0.032	0.025
0.014	0.026	0.047	0.037	0.015	0.039	0.032	0.033	0.054	0.014	0.054
0.105	0.075	0.050	0.121	0.026	0.079	0.415	0.045	0.016	0.028	0.047
0.017	0.094	0.080	0.039	0.012	0.032	0.021	0.014	0.037	0.010	0.065
0.042	0.050	0.015	0.037	0.053	0.092	0.022	0.020	0.014	0.012	0.024
0.080	0.170	0.060	0.058	0.041	0.039	0.022	0.014	0.037	0.028	0.020
0.039	0.023	0.133	0.019	0.031	0.062	0.014	0.090	0.049	0.037	0.015
0.011	0.115	0.148	0.019	0.084	0.054	0.032	0.018	0.031	0.016	0.064
0.027	0.014	0.013	0.020	0.044	0.086	0.039	0.105	0.062	0.025	0.028
0.031	0.023	0.019	0.080	0.033	0.028	0.021	0.096	0.010	0.130	0.094
0.010	0.054	0.105	0.070	0.040	0.082	0.011	0.070	0.025	0.131	0.070
0.032	0.028	0.031	0.028	0.045	0.015	0.035	0.012	0.047	0.025	0.042
0.025	0.018	0.015	0.023	0.030	0.084	0.040	0.009	0.068	0.055	0.020
0.039	0.099	0.037	0.027	0.043	0.013	0.017	0.022	0.016	0.013	0.068
0.033	0.019	0.014	0.100	0.023	0.014	0.034	0.013	0.032	0.094	0.061
0.051	0.028	0.112	0.067	0.039	0.078	0.025	0.030	0.017	0.039	0.079
0.047	0.012	0.100	0.022	0.026	0.055	0.135	0.013	0.086	0.027	0.032
0.034	0.045	0.075	0.015	0.046	0.023	0.229	0.010	0.029	0.115	0.034
0.128	0.032	0.078	0.103	0.041	0.025	0.040	0.030	0.130	0.014	0.055
0.011	0.059	0.055	0.014	0.060	0.011	0.015	0.021	0.067	0.084	0.022
0.055	0.019	0.061	0.020	0.046	0 103	0.019	0.060	0.024	0.081	0.089
0.040	0.025	0 134	0.138	0.032	0.041	0.034	0.027	0.016	0 181	0 100
0.073	0.053	0.061	0.100	0.002	0.011	0.076	0.021	0.021	0.085	0.100
0.073	0.000	0.001	0.040	0.040	0.000	0.070	0.001	0.021	0.000	0.000
0.137	0.024	0.034	0.023	0.012	0.030	0.043	0.010	0.077	0.027	0.010
0.040	0.030		0.072	0.011	0.047	0.014	0.000	0.047	0.000	0.042
0.029	0.010		0.019	0.040	0.001	0.013	0.023	0.004	0.023	0.000
0.009	0.044		0.010	0.032	0.022	0.000	0.019	0.044	0.011	0.030
0.020	0.027		0.044	0.028	0.059	0.017	0.048	0.130		0.018
0.011	0.014		0.012	0.096	0.048	0.016	0.013	0.047		0.060
0.050	0.024		0.067	0.059	0.056	0.084	0.014	0.066		0.026
0.115	0.143		0.080	0.010	0.013	0.134	0.334	0.096		0.044
0.027	0.047		0.141	0.044	0.014	0.010	0.026	0.128		0.040
0.011	0.022		0.015	0.015		0.011	0.024	0.113		0.039

0.170	0.022	0.013	0.025	0.046	0.043	0.101	0.014
0.017	0.010	0.025	0.056	0.056	0.035	0.028	0.035
0.095	0.033		0.013	0.017	0.178	0.103	0.035
0.038	0.012		0.033	0.047	0.023	0.017	0.147
0.075	0.021		0.086	0.014	0.037	0.090	
0.046	0.016		0.125	0.029	0.072	0.041	
0.034	0.034		0.020	0.047	0.021	0.019	
0.081	0.015		0.025	0.020	0.050	0.113	
0.015	0.013		0.020	0.012	0.051	0.055	
	0.061		0.062	0.044	0.048	0.090	
	0.023		0.026	0.028	0.011	0.092	
	0.080		0.050	0.016	0.036	0.075	
			0.019	0.073	0.056	0.114	
			0.020	0.044	0.027	0.093	
			0.010	0.056	0.014		
			0.079	0.043	0.011		
			0.123	0.017	0.035		
			0.015	0.017	0.035		
			0.013	0.018	0.024		
			0.028	0.054			
			0.035	0.073			
			0.016	0.176			
			0.034	0.046			
			0.343	0.037			
			0.034	0.027			
			0.015	0.011			
			0.149	0.013			
			0.043	0.017			
			0.046	0.018			
			0.054	0.052			
			0.031	0.043			
			0.078	0.180			
			0.022	0.054			
				0.132			

| 10R |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| lev a | lev a | lev a | lev b | lev b | lev b | lev c | lev c | lev c | lev d | lev d | lev d |
| bucc | més | ling |
| 0.027 | 0.092 | 0.018 | 0.131 | 0.076 | 0.018 | 0.035 | 0.084 | 0.082 | 0.012 | 0.107 | 0.027 |
| 0.065 | 0.023 | 0.017 | 0.067 | 0.044 | 0.159 | 0.020 | 0.088 | 0.073 | 0.026 | 0.073 | 0.017 |
| 0.052 | 0.050 | 0.140 | 0.078 | 0.085 | 0.180 | 0.085 | 0.088 | 0.037 | 0.017 | 0.029 | 0.047 |
| 0.106 | 0.010 | 0.022 | 0.127 | 0.058 | 0.018 | 0.093 | 0.067 | 0.082 | 0.036 | 0.106 | 0.015 |
| 0.155 | 0.028 | 0.029 | 0.055 | 0.022 | 0.027 | 0.012 | 0.092 | 0.042 | 0.052 | 0.019 | 0.078 |
| 0.079 | 0.156 | 0.014 | 0.121 | 0.107 | 0.032 | 0.016 | 0.068 | 0.029 | 0.038 | 0.022 | 0.053 |
| 0.034 | 0.036 | 0.021 | 0.011 | 0.051 | 0.020 | 0.048 | 0.048 | 0.045 | 0.056 | 0.104 | 0.058 |
| 0.098 | 0.047 | 0.080 | 0.157 | 0.066 | 0.065 | 0.015 | 0.017 | 0.071 | 0.043 | 0.055 | 0.030 |
| 0.016 | 0.073 | 0.078 | 0.145 | 0.054 | 0.154 | 0.011 | 0.015 | 0.086 | 0.014 | 0.032 | 0.092 |
| 0.079 | 0.013 | 0.037 | 0.059 | 0.075 | 0.027 | 0.064 | 0.013 | 0.028 | 0.030 | 0.091 | 0.065 |
| 0.046 | 0.014 | 0.035 | 0.083 | 0.032 | 0.196 | 0.069 | 0.016 | 0.023 | 0.032 | 0.024 | 0.036 |
| 0.023 | 0.066 | 0.040 | 0.022 | 0.116 | 0.070 | 0.075 | 0.098 | 0.053 | 0.017 | 0.041 | 0.035 |
| 0.090 | 0.015 | 0.055 | 0.093 | 0.073 | 0.018 | 0.034 | 0.027 | 0.117 | 0.011 | 0.060 | 0.016 |
| 0.013 | 0.043 | 0.041 | 0.036 | 0.047 | 0.107 | 0.101 | 0.066 | 0.018 | 0.042 | 0.124 | 0.075 |
| 0.020 | 0.012 | 0.020 | 0.072 | 0.025 | 0.056 | 0.026 | 0.031 | 0.053 | 0.068 | 0.079 | 0.049 |
| 0.237 | 0.198 | 0.052 | 0.080 | 0.111 | 0.013 | 0.101 | 0.079 | 0.110 | 0.014 | 0.062 | 0.045 |
| 0.026 | 0.042 | 0.134 | 0.059 | 0.072 | 0.154 | 0.089 | 0.075 | 0.105 | 0.032 | 0.069 | 0.030 |
| 0.016 | 0.031 | 0.045 | 0.046 | 0.070 | 0.091 | 0.038 | 0.105 | 0.042 | 0.018 | 0.042 | 0.035 |
| 0.012 | 0.035 | 0.120 | 0.209 | 0.108 | 0.027 | 0.034 | 0.045 | 0.040 | 0.157 | 0.011 | 0.044 |
| 0.097 | 0.092 | 0.045 | 0.015 | 0.118 | 0.027 | 0.023 | 0.012 | 0.044 | 0.066 | 0.056 | 0.017 |
| 0.016 | 0.210 | 0.052 | 0.040 | 0.083 | 0.015 | 0.065 | 0.047 | 0.037 | 0.052 | 0.020 | 0.039 |
| 0.131 | 0.011 | 0.039 | 0.148 | 0.047 | 0.032 | 0.021 | 0.154 | 0.036 | 0.021 | 0.026 | 0.047 |
| 0.024 | 0.111 | 0.024 | 0.110 | 0.052 | 0.030 | 0.140 | 0.096 | 0.012 | 0.024 | 0.019 | 0.106 |
| 0.162 | 0.126 | 0.010 | 0.098 | 0.096 | 0.197 | 0.022 | 0.012 | 0.088 | 0.085 | 0.029 | 0.078 |
| 0.093 | 0.185 | 0.023 | 0.035 | 0.066 | 0.078 | 0.049 | 0.029 | 0.042 | 0.017 | 0.032 | 0.060 |
| 0.030 | 0.105 | 0.058 | 0.070 | 0.085 | 0.055 | 0.016 | 0.073 | 0.093 | 0.014 | 0.036 | 0.039 |
| 0.057 | 0.035 | 0.056 | 0.017 | 0.094 | 0.030 | 0.114 | 0.017 | 0.064 | 0.043 | 0.065 | 0.038 |
| 0.017 | 0.084 | 0.049 | 0.038 | 0.043 | 0.181 | 0.034 | 0.045 | 0.050 | 0.019 | 0.008 | 0.050 |
| 0.034 | 0.024 | 0.056 | 0.015 | 0.058 | 0.082 | 0.041 | 0.027 | 0.027 | 0.057 | 0.010 | 0.096 |
| 0.046 | 0.074 | 0.024 | 0.165 | 0.039 | 0.077 | 0.021 | 0.061 | 0.012 | 0.023 | 0.057 | 0.057 |
| 0.096 | 0.019 | 0.045 | 0.068 | 0.088 | 0.012 | 0.100 | 0.104 | 0.039 | 0.100 | 0.043 | 0.069 |
| 0.014 | 0.013 | 0.028 | 0.073 | 0.040 | 0.062 | 0.080 | 0.111 | 0.061 | 0.051 | 0.054 | 0.115 |
| 0.011 | 0.109 | 0.012 | 0.018 | 0.075 | 0.021 | 0.119 | 0.058 | 0.089 | 0.010 | 0.066 | 0.051 |
| 0.104 | 0.068 | 0.051 | 0.020 | 0.062 | 0.057 | 0.072 | 0.054 | 0.012 | 0.076 | 0.065 | 0.019 |
| 0.053 | 0.039 | 0.249 | 0.071 | 0.078 | 0.174 | 0.016 | 0.042 | 0.015 | 0.111 | 0.033 | 0.022 |
| 0.038 | 0.061 | 0.014 | 0.052 | 0.062 | 0.062 | 0.010 | 0.076 | 0.036 | 0.010 | 0.025 | 0.054 |
| 0.073 | 0.082 | 0.016 | 0.097 | 0.009 | 0.032 | 0.015 | 0.013 | 0.033 | 0.018 | 0.022 | 0.074 |
| 0.155 | 0.041 | 0.068 | 0.107 | 0.046 | 0.026 | 0.031 | 0.082 | 0.013 | 0.037 | 0.029 | 0.056 |
| 0.023 | 0.055 | 0.011 | 0.017 | 0.048 | 0.032 | 0.013 | 0.023 | 0.069 | 0.191 | 0.021 | 0.023 |
| 0.050 | 0.045 | 0.025 | 0.096 | 0.073 | 0.075 | 0.037 | 0.010 | 0.078 | 0.109 | 0.015 | 0.120 |
| 0.161 | 0.170 | 0.031 | 0.050 | 0.025 | 0.014 | 0.081 | 0.014 | 0.117 | 0.034 | 0.041 | 0.026 |
| 0.083 | 0.044 | 0.041 | 0.029 | 0.052 | 0.119 | 0.018 | 0.081 | 0.066 | 0.012 | 0.016 | 0.074 |
| 0.055 | 0.083 | 0.044 | 0.086 | 0.031 | 0.039 | 0.133 | 0.041 | 0.042 | 0.016 | 0.014 | 0.027 |
| 0.034 | 0.067 | 0.028 | 0.025 | 0.035 | 0.017 | 0.065 | 0.027 | 0.015 | 0.099 | 0.015 | 0.023 |

Tableau XI: Diamètres des vaisseaux sanguins (mm) de la racinemésiale de la 1^{ère} molaire droite de l'animal 10
0.047	0.032	0.011	0.064	0.036	0.021	0.012	0 1 2 2	0 049	0 008	0.022	0.022
0.047	0.002	0.011	0.004	0.000	0.021	0.012	0.122	0.040	0.000	0.022	0.022
0.032	0.101	0.127	0.040	0.013	0.000	0.012	0.023	0.032	0.040	0.043	0.073
0.132	0.030	0.037	0.009	0.010	0.104	0.027	0.004	0.027	0.031	0.031	0.023
0.013	0.034	0.000	0.007	0.011	0.210	0.033	0.010	0.000	0.117	0.000	0.011
0.022	0.013	0.010	0.075	0.000	0.002	0.019	0.012	0.013	0.050	0.049	0.001
0.012	0.010	0.032	0.057	0.021	0.030	0.065	0.013	0.032	0.079	0.025	0.021
0.032	0.092	0.031	0.087	0.026	0.141	0.041	0.011	0.013	0.029	0.021	0.061
0.014	0.057	0.032	0.014	0.014	0.081	0.022	0.017	0.095	0.041	0.225	0.053
0.215	0.043	0.063	0.047	0.012	0.015	0.031	0.033	0.013	0.036	0.026	0.028
0.085	0.052	0.018	0.059	0.010	0.118	0.032	0.017	0.018	0.014	0.020	0.091
0.018	0.076	0.102	0.125	0.056	0.021	0.064	0.112	0.016	0.014	0.014	0.022
0.059	0.116	0.038	0.146	0.036	0.038	0.012	0.022	0.015	0.048	0.018	0.102
0.098	0.010	0.010	0.092	0.015	0.043	0.100	0.044	0.028	0.142	0.137	0.062
0.017	0.068	0.090	0.024	0.022	0.051	0.082	0.011	0.040	0.083	0.082	0.018
0.040	0.015	0.059	0.093	0.021	0.036	0.036	0.015	0.012	0.029	0.089	0.014
0.062	0.023	0.015	0.021	0.014	0.077	0.040	0.012	0.025	0.079	0.018	0.041
0.071	0.159	0.025	0.047	0.014	0.077	0.115	0.069	0.032	0.132	0.023	0.102
0.059	0.036	0.022	0.038	0.064	0.051	0.029	0.023	0.041	0.032	0.180	0.046
0.205	0.020	0.024	0.151	0.012	0.035	0.021	0.012	0.047	0.025	0.036	0.012
0.121	0.015	0.128	0.024	0.018	0.021	0.010	0.080	0.028	0.013	0.014	0.016
0.046	0.023	0.053	0.054	0.043	0.083	0.023	0.013	0.041	0.086	0.017	0.021
0.107	0.043	0.037	0.032	0.045	0.028	0.038	0.119	0.062	0.152	0.026	0.062
0.029	0.012	0.087	0.062	0.020	0.034	0.072	0.092	0.014	0.016	0.033	0.030
0.028	0.073	0.105	0.084	0.064	0.164	0.089	0.013	0.029	0.028	0.019	0.033
0.013	0.017	0.082	0.028	0.087	0.068	0.031	0.041	0.068	0.047	0.031	0.042
0.022	0.119	0.045	0.131	0.078	0.027	0.022	0.080	0.014	0.039	0.244	0.022
0.019	0.038	0.025	0.097	0.078	0.015	0.013	0.041	0.035	0.132	0.032	0.020
0.028	0.091	0.028	0.060	0.019	0.027	0.029	0.056	0.038	0.044	0.087	0.022
0.026	0.045	0.030	0.038	0.018	0.045	0.018	0.037	0.113	0.081	0.081	0.022
0.056	0.042	0.327	0.021	0.055	0.055	0.034	0.023	0.083	0.034	0.044	0.015
0.010	0.035	0.013	0.026	0.067	0.086	0.188	0.014	0.034	0.025	0.017	0.069
0.155	0.087	0.036	0.023	0.023	0.281	0.135	0.016	0.013	0.033	0.020	0.028
0.055	0.019	0.214	0.204	0.052	0.034	0.056	0.010	0.067	0.117	0.064	0.051
0.116	0.140	0.052	0.062	0.235	0.024	0.037	0.017	0.030	0.011	0.011	0.101
0.010	0.011	0.302	0.025	0.011	0.061	0.030	0.082	0.072	0.030	0.122	0.018
0.063	0.024	0.035	0.015	0.029	0.058	0.013	0.053	0.104	0.029	0.019	0.096
0.221	0.012	0.013	0.031	0.014	0.042	0.021	0.019	0.031	0.102	0.013	0.012
0.064	0.175	0.010	0.047	0.020	0.115	0.040	0.009	0.019	0.072	0.092	0.011
0.183	0.028	0.022	0.091	0.034	0.013	0.021	0.069	0.018	0.021	0.016	0.022
0.044	0.028	0.093	0.118	0.054	0.020	0.015	0.023	0.026	0.036	0.032	0.017
0.127	0.027	0.016	0.109	0.033	0.120	0.099	0.111	0.084	0.015	0.023	0.011
0.013	0.058	0.071	0.016	0.032	0.017	0.044	0.034	0.019	0.062	0.044	0.065
0.047	0.052	0.054	0 111	0.015	0.056	0.026	0.039	0.031	0.019	0.047	0.033
0.058	0.017	0 160	0.076	0.032	0.031	0.014	0.053	0.008	0.068	0.053	0.017
0.000	0.011	0.100	0.070	0.002	0.001	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.036
0.017	0 1/0	0.044	0.011	0.060	0.024	0.027	0.052	0.015	0 310	0.01/	0.012
0.017	0.149	0.044	0.011	0.009	0.024	0.017	0.002	0.013	0.019	0.014	0.013
0.009	0.012	0.002	0.029	0.013	0.035	0.013	0.013	0.047	0.024	0.007	0.013
0.012	0.033	0.090	0.070	0.024	0.090	0.000	0.010	0.015	0.024	0.023	0.027
	0.038	0.100	0.032	0.034	0.053	0.013	0.018	0.101	0.109	0.026	0.032
	0.015	0.068	0.054	0.010	0.035	0.117	0.035	0.029	0.013	0.080	0.014

0.012	0.024	0.067	0.015	0.051	0.049	0.021	0.024	0.028	0.043	0.043
0.058	0.063	0.050	0.070	0.038	0.068	0.196	0.073	0.011	0.129	0.015
0.078	0.086	0.134	0.016	0.039	0.017	0.019	0.017	0.020	0.027	0.014
0.021	0.019	0.058	0.015	0.021	0.073	0.013	0.034	0.013	0.133	0.070
0.036	0.025	0.140	0.057	0.033	0.016	0.027	0.032	0.034	0.022	0.056
0.030	0.044	0.043	0.048	0.051	0.058		0.021	0.017	0.044	0.012
0.030	0.042	0.114	0.017	0.055	0.020		0.052	0.014		0.030
0.054	0.100	0.028	0.025	0.018	0.070		0.105	0.106		0.032
0.100	0.116	0.070	0.014	0.025	0.070		0.082	0.014		0.013
0.010	0.095	0.021	0.056	0.081	0.031		0.037	0.014		0.038
0.071	0.071	0.076	0.018	0.014	0.025		0.015	0.017		0.036
0.066	0.162	0.137	0.113	0.012	0.012		0.072	0.036		0.105
0.035	0.013	0.088	0.023	0.021	0.030		0.031	0.033		0.050
0.079	0.057	0.014	0.103	0.030	0.009		0.062	0.072		0.013
0.118	0.155	0.059	0.081	0.062	0.059		0.029	0.009		0.054
0.035	0.081	0.065	0.014	0.048	0.038		0.041	0.013		0.022
0.064	0.011		0.018	0.044	0.010		0.063	0.036		0.012
0.059	0.029		0.094	0.031			0.033	0.112		0.054
0.013	0.011		0.016	0.025			0.014	0.094		0.104
0.033	0.047		0.019	0.037			0.044	0.178		0.014
0.036	0.060		0.014	0.102			0.088	0.055		0.029
0.011	0.016		0.039	0.042			0.138	0.060		0.019
0.015	0.026		0.143	0.033			0.032	0.096		0.052
0.011	0.209		0.020	0.027			0.024	0.026		0.042
0.017	0.016		0.038	0.027			0.024	0.039		0.016
0.024	0.024		0.037	0.037			0.016	0.028		0.056
0.037	0.069		0.043	0.038			0.070			0.109
0.037	0.015		0.115	0.037			0.103			0.031
0.046	0.084		0.062	0.017			0.023			0.072
0.054	0.028		0.058	0.062			0.043			0.015
0.011	0.015		0.012	0.056			0.053			0.041
0.100	0.085		0.012	0.024			0.031			0.044
0.031	0.034		0.019	0.045			0.034			0.088
0.013	0.015		0.089	0.019			0.024			0.033
0.011	0.030		0.038	0.020			0.026			0.087
0.027	0.102		0.025	0.028			0.012			0.073
0.054	0.025		0.087	0.060						0.045
0.022	0.064		0.059	0.016						0.093
0.015	0.043		0.024	0.016						0.013
0.086	0.041		0.053	0.024						0.058
0.085	0.095		0.048	0.035						0.063
0.049	0.039			0.030						0.048
0.095	0.091			0.276						0.088
0.044	0.014			0.079						0.030
0.033	0.050			0.018						0.028
0.024	0.097			0.020						0.015
0.031	0.031			0.026						0.031
0.062	0.040			0.031						0.039
0.013	U.U01			0.010						0.010

0.058	0.015			0.056
0.201	0.014			
0.054	0.029			
0.099	0.020			
0.060	0.019			
0.038	0.042			
0.135	0.200			
0.033	0.183			
0.071	0.051			
0.053	0.027			
0.014	0.053			
0.025	0.024			
0.120	0.126			
0.015	0.057			
0.078	0.015			
0.102	0.058			
0.012	0.026			
0.065	0.074			
0.021	0.176			
0.024	0.069			
0.012	0.126			
0.096				

Tableau XII: Fréquences (nombre d'observations par intervalle) et fréquences normalisées (fréquence divisé par le nombre d'observations) des diamètres des vaisseaux sanguins du PDL des animaux 9 et 10. On a choisi arbitrairement 18 intervalles de 0.02 mm de large.

	ANIMAL 9	ANIMAL 10			
Intervalles	Fréquence	Fréquence	Fréquence	Fréquence	
(mm)	(#obs./intervalle)	normalisée (%)	(#obs./intervalle)	normalisée (%)	
0 - 0.02	818	19	1002	21	
0.02 - 0.04	1091	25	1377	28	
0.04 - 0.06	804	19	886	18	
0.06 - 0.08	532	12	571	12	
0.08 - 0.10	384	9	415	9	
0.10 - 0.12	221	5	232	5	
0.12 - 0.14	168	4	151	3	
0.14 - 0.16	103	2	93	2	
0.16 - 0.18	62	1	46	1	
0.18 - 0.20	38	1	26	1	
0.20 - 0.22	29	1	30	1	
0.22 - 0.24	21	0	15	0	
0.24 - 0.26	9	0	11	0	
0.26 - 0.28	4	0	7	0	
0.28 - 0.30	2	0	4	0	
0.30 - 0.32	1	0	4	0	
0.32 - 0.34	0	0	2	0	
0.34 - 0.36	0	0	5	0	
	2	0	1	0	