

SPECTROSCOPIE DU PLASMA INDUIT PAR LASER (LIBS) DES TISSUS MINERALISES DES DENTS PATHOLOGIQUES AU SEIN D'UNE POPULATION SENEGALAISE : A PROPOS DE 75 CAS.

LASER-INDUCED BREAKDOWN SPECTROSCOPY OF PATHOLOGICAL MINERALIZED DENTAL TISSUES IN A POPULATION OF SENEGALESE INDIVIDUALS: A STUDY OF 75 CASES»

GASSAMA BC¹, GUEYE M², TAMBA B¹, BA A¹, TRAORE A³, BABAMOU K¹, DIA TINE S¹.

1-Service de chirurgie buccale, Département d'Odontologie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal

2-Service de prothèse, Département d'Odontologie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal

3- Institut de Technologie Nucléaire Appliquée, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal

Correspondance: Dr Bintou Cathérine GASSAMA

Service de chirurgie buccale, Département d'Odontologie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal

Email: cathygassama2000@yahoo.fr

RÉSUMÉ

L'agression bactérienne peut induire des modifications structurales des dents. L'objectif de cette étude était d'évaluer les spectres et les densités des composants chimiques des tissus dentaires minéralisés au cours des pathologies carieuses et parodontales au sein d'une population sénégalaise.

L'étude spectroscopique, in vitro, au laser ou « laser-induced breakdown spectroscopie » (LIBS) sur des dents extraites chez des patients recrutés en milieu hospitalier a permis d'observer différents éléments chimiques. Leurs variations donnent des indices sur les changements physiologiques des tissus durs dentaires affectés par la carie ou la maladie parodontale.

Le LIBS constitue donc un outil performant de détection des composants dentaires, de prévention et de veille biologique.

MOTS CLÉS : DENT, ÉLÉMENTS CHIMIQUES, SPECTROSCOPIE DU PLASMA INDUIT PAR LASER (LIBS).

ABSTRACT

The bacterial attack can induce structural changes of the teeth. The objective of the study is to assess spectrums and densities of chemical components of tissues mineralized during dental caries and periodontal pathologies in a sample of Senegalese people. The Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) on extracted teeth in patients recruited in hospitals showed various chemical components. Their variations give indications on physiological changes of hard tissues affected by the dental caries or the periodontal disease. LIBS is therefore a powerful tool for the detection of dental components, and prevention.

KEY WORD: TOOTH, CHEMICAL COMPONENT, LASER-INDUCED BREAKDOWN SPECTROSCOPY (LIBS).

INTRODUCTION

La carie dentaire et les maladies parodontales constituent les principaux problèmes de santé orale et des indicateurs fiables de la santé bucco-dentaire ^[1,2]. Ces pathologies ont une prévalence en nette progression en Afrique et dans le monde avec une large répartition géographique et une sévérité graduelle. Elles constituent, en dehors des traumatismes, les causes essentielles de pertes dentaires, impactant ainsi sur la qualité de vie et à une échelle plus large sur l'économie ^[1-7]. En effet, au Sénégal, les caries dentaires et leurs conséquences représentent 63,9% des motifs d'extractions les plus souvent évoqués par les praticiens ^[8]. Par ailleurs, ces pathologies dominantes perturbent surtout l'ultra-structure des dents atteintes.

C'est ainsi que les dents humaines ont été identifiées comme éléments possédant un potentiel bio-indicateur individuel et communautaire. Leur étude a permis de révéler des informations rétrospectives sur l'alimentation, la nutrition, le stress physiologique, et l'exposition aux polluants de l'environnement ^[9-14]. L'agression bactérienne incriminée dans l'apparition des lésions carieuses et parodontales peut induire des modifications dans la composition chimique des dents. Ces variations structurales au cours des processus pathologiques ont fait l'objet de nombreuses études ^[9, 15,16]. Ainsi Arshed et al. ^[17] ont démontré que les éléments détectés dans tous les échantillons de dents étaient du fluor (F), du phosphate (P), du soufre (S), du chlore (Cl), du calcium (Ca), du vanadium (V), du chrome (Cr), du magnésium (Mg), du manganèse (Mn), du fer (Fe), du cobalt (Co) et du zinc (Zn). Toutefois, d'autres composants tels que le nickel (Ni), le cuivre (Cu), le titane (Ti), le sélénium (Se) et le potassium (K) n'étaient qu'occasionnellement détectés et de faibles concentrations de fluor (F) ont été mises en évidence au niveau des dents atteintes de carie, ou de maladie parodontale ^[18].

L'analyse de tissus dentaires calcifiés par la spectroscopie du plasma induit par laser (LIBS ou LIPS) ou laser-induced breakdown (ou plasma spectroscopy) a permis de différencier précocement les tissus cariés des tissus dentaires sains, et de surveiller l'accumulation des traces de métaux dans les dents ^[19,20], ce qui constituerait un indicateur d'exposition environnementale.

L'objectif de cette étude était d'évaluer les spectres et les densités des composants chimiques des tissus dentaires minéralisés au

cours des pathologies carieuses et parodontales au sein d'une population sénégalaise.

METHODES

Il s'agissait d'une étude expérimentale réalisée auprès de patients adultes recrutés dans les services de chirurgie buccale de plusieurs centres hospitaliers de Dakar. Ont été inclus les patients mélanodermes, âgés entre 18 et 86 ans et présentant des lésions carieuses, ou parodontales ou des ectopies pour lesquelles l'indication d'extraction était posée aussi bien au maxillaire qu'à la mandibule. Les dents retenues étaient saines et représentaient la référence par rapport à la carie ou à la maladie parodontale. Les patients présentant des dents temporaires et des destructions coronaires totales n'ont pas été inclus dans l'étude.

Les dents collectées étaient désinfectées à l'hypochlorite de sodium (5% de chlore libre) puis trempées dans du sérum physiologique. Chaque dent était conservée dans un bocal étiqueté contenant les informations nécessaires pour l'identification du patient. Une coupe transversale à l'aide d'une fraise montée sur pièce à main a permis de mettre à nu sur chaque dent l'émail, la dentine et le ciment. L'analyse des composants chimiques par spectrométrie au laser a été réalisée à l'Institut de Technologie Nucléaire Appliquée (ITNA) de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar.

Le système LIBS utilisé (Ocean Optics) était un laser Nd YAG, 1064 nm, 200 mJ Q-switched (fig.1). Une seule impulsion laser nanoseconde N=10 était suffisante pour exciter l'échantillon dentaire. Le système de détection a utilisé une fibre optique de haute résolution avec un spectromètre à 7 canaux permettant de couvrir une fenêtre numérique de 2048 longueurs d'onde CD.

La technique utilisée était celle du plasma induit par laser ou « laser induced breakdown spectroscopy » (LIBS). Des tirs laser étaient effectués sur les tissus minéralisés provoquant ainsi l'émission d'un rayonnement lumineux à la surface de la dent. Cette lumière provenant d'une ablation de matière (émail, dentine, ciment) conduit à la formation d'un plasma qui constitue un milieu composé de mélange d'ions, d'atomes, d'électrons, de molécules. Le spectre de raies obtenu a permis de déterminer qualitativement et quantitativement la composition élémentaire du plasma, donc de l'échantillon.



Figure 1: Dispositif expérimental LIBS utilisé pour l'analyse des échantillons

L'analyse statistique a été réalisée à l'aide d'Excel 2007 (Microsoft office), de SPSS et du logiciel Origin pour l'esthétique des spectres. Le logiciel R a été utilisé dans le traitement de données. Une analyse multivariée a permis d'obtenir des valeurs de p et de faire des tests de corrélation entre les différents paramètres.

RESULTATS

CARACTÉRISTIQUES DÉMOGRAPHIQUES

Au total, 75 patients constitués en majorité de femmes (63%) ont été recrutés. Le sex-ratio était de 0,6. La tranche d'âge la plus représentée était comprise entre 20 et 30 ans (fig.2) et la moyenne était de 40 ans.

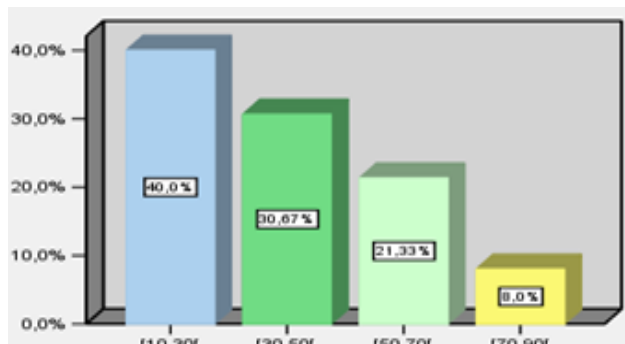


Figure 2 : Répartition de la population par tranches d'âges

CARACTÉRISTIQUES CLINIQUES

Le motif principal de la consultation était fonctionnel (93% des cas). L'extraction était indiquée sur des lésions carieuses (63% des cas), concernant en majorité le secteur postérieur (tableau I). Les atteintes carieuses ont justifié la majorité des extractions dentaires, avec une nette prédominance des molaires mandibulaires et ceci était corrélé à l'âge (0.000) et au sexe (0.029).

Tableau I: Distribution de l'échantillon selon les caractéristiques cliniques

Caractéristiques cliniques		Pourcentage (%)
Motif de consultation	Fonctionnel	93
	Esthétique	7
	Maladie parodontale	14,5
Diagnostic	Carie + parodontopathie	17,1
	Lésion carieuse	63
	Ectopie dentaire	5,3
Type d'extraction	Extraction simple	86
	Extraction chirurgicale	14
Secteur concerné	Antéro - latéral	18
	Postérieur	82

VARIATIONS DES DIFFÉRENTS ÉLÉMENTS CHIMIQUES SELON LES PATHOLOGIES

Tableau II : Variation des composants chimiques au cours des pathologies carieuses et parodontales.

ELEMENTS CHIMIQUES	INDICATEURS			
	Cariex	Parodontaux	Cariex et parodontaux	Rétention dentaire
Fluor	15,7 (2,21)	23,08 (4,67)	11,23 (2,11)	21,14 (4,26)
Azote	11,13(1,18)	15,86 (2,77)	10,4(1,62)	15,01(2,74)
Potassium	14,82(4,41)	19,03(5,94)	7,4(1,56)	10,89 (2,12)
Sodium	16,9(1,22)	26,49(3,38)	16,96 (3,25)	23(4,85)
Calcium	81,91(12,11)	102,5(22,7)	46,34(8,05)	79,73(14,88)
Carbone	16,71(0,68)	18,63(1,5)	16,65(0,83)	19 (2,01)
Oxygène	24,8(1,88)	35,99(5,28)	22,02(3,39)	31,21(6)
Chlore	5,34(1,76)	6,73(4,58)	0	54,75(2,8)
Silicium	0,97(0,55)	0	0	0,7(0,46)
vanadium	0,81(0,62)	0	0	0
Etain	4,83(4,8)	0	0	0
Fer	2,2(2,2)	0	0	0

Les différents composants chimiques détectés par LIBS étaient Ca, Na, K, C, F, N, Sn, Fe, Vn, Si, O₂, et Cl. Pour le potassium, le fluor, le sodium l'azote et le carbone, les indicateurs parodontaux présentaient des valeurs moyennes supérieures à celle des dents cariées. Cependant lorsque la lésion carieuse était associée à la maladie parodontale, des valeurs plus faibles en fluor, azote, calcium, et potassium étaient

observées. Les indicateurs carieux pour le calcium (81,94) sont plus faibles comparées aux indicateurs parodontaux (102,5) (tableau II).

SPECTRE DES ÉLÉMENTS CHIMIQUES DE L'ÉMAIL SELON LES PATHOLOGIES

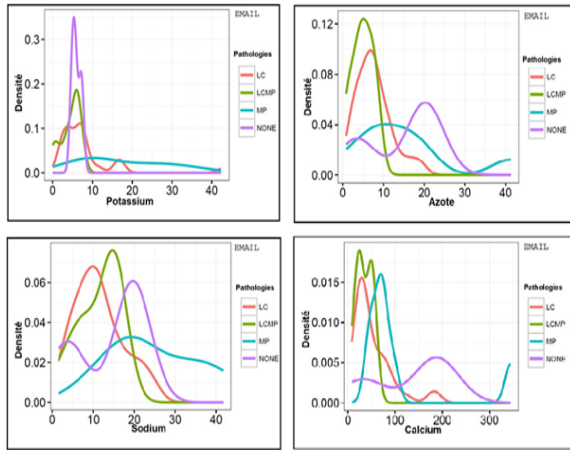


Figure 3 : Variation des composants chimiques des tissus amélaire (K, N, Na et Ca) selon les pathologies carieuses ou parodontales

Le calcium, l'azote, et le sodium étaient mieux représentés au niveau des dents cariées ou parodontosiques. A l'inverse, des densités spectrales plus faibles du potassium étaient observées lorsque les deux pathologies étaient associées (fig.3).

SPECTRE DES COMPOSANTS DE LA DENTINE EN FONCTION DES PATHOLOGIES

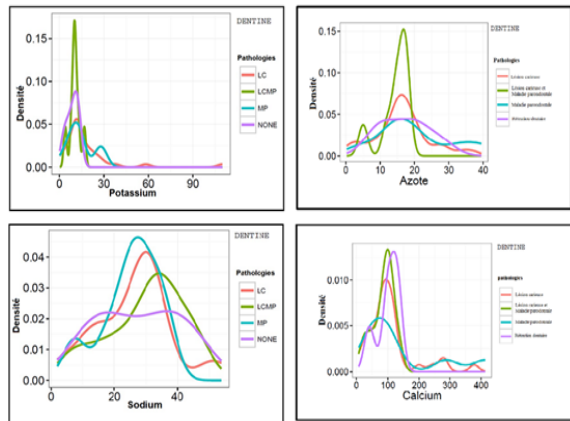


Figure 4: Variation des composants dentinaires (K, N, Na et Ca) en fonction des pathologies

Au niveau de la dentine, les composants K, N, et Ca diminuaient lorsque la dent était affectée par la carie. Des densités plus élevés du potassium et de l'azote étaient détectées au LIBS lorsque l'atteinte carieuse était associée à la maladie parodontale (fig.4).

SPECTRE DES COMPOSANTS DU CÉMENT EN FONCTION DES PATHOLOGIES

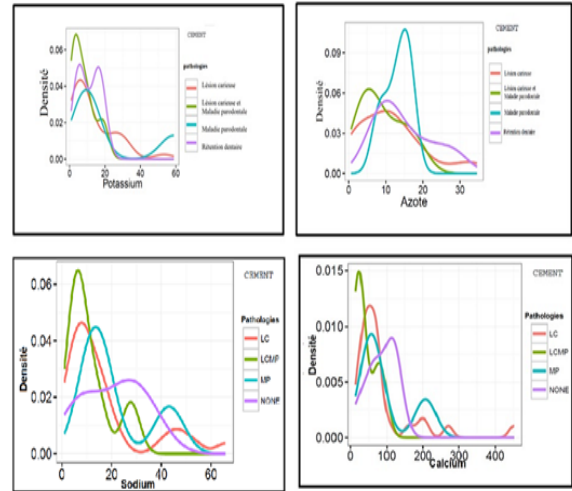


Figure 5: Variation des composants chimiques du ciment (K, N, Na et Ca) en fonction des pathologies

Au niveau du ciment, le calcium et le sodium avaient des densités spectrales plus élevées lorsque la dent était affectée par la carie et quand les deux pathologies étaient associées (fig.5).

DISCUSSION

Les tissus minéralisés dentaires sont des échantillons biologiques qui peuvent renfermer de nombreuses informations. L'analyse élémentaire par spectroscopie du plasma induit par laser (LIBS) de dents humaines a été utilisée pour l'identification de dents affectées par la carie, et la détection de métaux toxiques.

Soixante-quinze échantillons dentaires dont l'extraction était justifiée par la parodontopathie ou la carie et ses complications ont été étudiés par LIBS. Les atteintes carieuses ont justifié la majorité des extractions dentaires, avec une nette prédominance des molaires mandibulaires et ceci était corrélé à l'âge (0.000) et au sexe (0.029). Des résultats similaires ont été rapportés par Kane-Cissé et al. [8] et par Caldas et al. [21]. Cette forte morbidité s'expliquerait par la rétention des dépôts mous cariogènes liée à une consommation accrue de sucres fermentescibles qui favoriserait la déminéralisation par une libération du phosphate de calcium des tissus [4].

L'étude spectroscopique par plasma induit (LIBS) sur les dents parodontosiques ou affectées par la carie a permis d'observer différents éléments chimiques. Leurs variations donnent des indices sur

les changements physiologiques des tissus durs dentaires affectés par la carie ou la maladie parodontale.

Le calcium a été l'élément chimique le plus représenté sur les dents étudiées au LIBS. Il est l'un des principaux constituants des tissus minéralisés de la dent et forme avec le phosphate, l'hydroxyapatite [22]. Les pertes calciques étaient donc plus importantes sur les dents cariées. De même, plusieurs travaux [23-25] ont révélé une diminution de la teneur de l'émail en calcium au cours de la lésion carieuse liée au remplacement du calcium de l'hydroxyapatite par d'autres éléments. Ainsi, ces auteurs ont conclu que le LIBS est un outil potentiellement utile *in vivo* / *in vitro* pour l'identification à temps réel des caries au cours d'un forage ou d'un nettoyage cavitaire [25,26].

D'autres composants tels que l'oxygène, le potassium, le fluor, le sodium, l'azote et le carbone ont été détectés par le LIBS. Des moyennes plus élevées ont été observées sur les dents parodontosiques comparées aux celles cariées ; ceci montre que les modifications chimiques des tissus minéralisés sont d'autant plus marquées que la carie est associée à la maladie parodontale. Des quantités plus faibles de potassium, de fluor, de sodium et d'azote détectées sur l'émail des dents cariées peuvent s'expliquer par l'existence d'une agression multifactorielle et polymorphe lors des pathologies dentaires. Certains auteurs [17, 27, 28] ont pu mettre en évidence des concentrations plus élevées de calcium et de potassium au niveau de l'émail comparé à la dentine. Des études histologiques effectuées par Orban et al. [29] sur des échantillons dentaires ont montré que la teneur en calcium et en phosphore diminuait en allant de l'émail vers le ciment. Ces résultats ont été confirmés par les travaux au LIBS de Unnikrishnan et al. [28] sans différenciation de sexe. L'étude d'Aleo et al. [30] a montré qu'il existait au cours de la maladie parodontale des variations de concentration en calcium et en phosphore liées à l'agression du parodonte par les bactéries au niveau du ciment. Il a été observé une hypercalcification ou une décalcification liée à la présence d'endotoxines bactériennes absorbées à la surface du ciment.

En ce qui concerne le fluor, les quantités détectées sur les dents pathologiques étaient moins importantes. Le fluor peut établir des liaisons avec la matrice de bioapatite pour former la fluoroapatite qui augmente la résistance des dents aux agressions. Arched et al. [17] ont observé des teneurs faibles en fluor chez des patients souffrant de parodontopathie de même qu'une répartition inégale au cours du temps. En effet,

les concentrations du fluor diminuent par suite des phénomènes d'usure et d'abrasion et augmentent grâce aux apports de l'alimentation, de l'eau et des différents produits fluorés [17].

Par ailleurs, l'analyse de tissus dentaires calcifiés par le LIBS a permis de surveiller l'accumulation de traces de métaux dans les dents [18,19] et constituerait ainsi un indicateur d'exposition environnementale des patients. A travers ces études, il est possible d'établir un lien entre les éléments détectés dans les dentifrices, les amalgames dentaires, et d'autres composés restaurateurs avec ceux présents sur les dents, mais également de surveiller l'accumulation d'éléments toxiques due à une exposition à ces matériaux dentaires [26].

Dans notre étude, la présence de fer, de vanadium, d'étain, de silicium étaient uniquement détectée sur les dents cariées ; toutefois ces quantités étaient trop faibles pour expliquer une quelconque accumulation de métaux toxiques. Cependant leur présence peut être liée aux instruments de coupe (mandrins) utilisés sur les spécimens dentaires au cours de la manipulation.

Des auteurs tels que Samek et al. [23] et Kern [15] ont mis en exergue d'autres possibilités offertes par le laser. Le premier a montré l'importance de la présence de certains éléments minéraux dans la composition des tissus calcifiés, et a mis en évidence l'influence de l'environnement proche du patient et l'impact de l'utilisation de certains produits. Le second a utilisé la spectroscopie d'émission atomique par plasma pour mesurer la variation des concentrations de cuivre, de plomb et de zinc par rapport à l'âge des patients.

CONCLUSION

L'étude des tissus durs dentaires par spectroscopie du plasma induit par laser (LIBS) montre une grande variabilité de leurs constituants chimiques au cours des affections carieuses ou parodontales. Les modifications élémentaires détectées au LIBS ont permis de discriminer les régions de la carie dentaire et d'identifier de manière certaine les tissus affectés à partir de la diminution des concentrations du calcium et du phosphore]. Le LIBS constitue donc un outil performant de détection des composants élémentaires, de prévention et de veille biologique. L'analyse spectro-chimique des dents ou d'autres tissus calcifiés pourrait également être pertinente dans les domaines de la science médico-légale, en archéologie mais également en chirurgie buccale après exérèse de calculs au cours des lithiases salivaires.

RÉFÉRENCES

- 1- THORPE S. Oral Health Issues in the African Region: Current Situation and Future Perspectives. *J Dent Educ.* 2006;70 (suppl 1): 8-15.
- 2- OMITOLA OG, ARIGBEDE AO. Prevalence of dental caries among adult patient attending a tertiary dental institution in south-south region of Nigeria. *Port Harcourt Med J.* 2012; 6:52-8.
- 3- AGBELUSI GA, JEBODA SO. Oral health status of 12-year-old Nigerian children. *West Afr J Med.* 2006; 25: 195-8.
- 4- MARTHALER TM. Changes in dental caries 1953-2003. *Caries Res.* 2004;38: 173-81.
- 5- URZUA I, MENDOZA C, ARTEAGA O, RODRIGUEZ G, CABELLO R, FALEIROS S ET AL. Dental Caries Prevalence and Tooth Loss in Chilean Adult Population: First National Dental Examination Survey, *Int. J. Dent.* 2012, 810170, 6 p.
- 6- AGODA P. L'extraction dentaire au CHU de Lomé (Togo) à propos de 981 malades de 1996 à 2001. *Dev et sant.* 2005; 178: 6p.
- 7- AIDA J, ANDO Y, AKHTER R, AOYAMA H, MASUI M, MORITA M. Reasons for permanent tooth extractions in Japan. *J Epidemiol.* 2006; 16: 214-19.
- 8- CISSE- KANE A. Motifs d'extraction des dents permanentes au SENEGAL. *Thèse : Chir. Dent. : Dakar* 2007 ; 95P.
- 9- DOLPHIN AE, GOODMAN AH. Maternal diets, nutritional status and Zink in contemporary Mexican infants' teeth. *J Phys Anthropol.* 2009; 140(3): 203-14.
- 10- HUMPHREY LT, DEAN MC, JEFFRIES TE, PENN M. Unlocking evidence of early diet from tooth enamel. *Nat Acad Sci USA* 2008; 105(19): 6834-9.
- 11- FITZGETARD CM, SAUNDERS SR, BONDIOLI L, MACCHIARELLI R. Health of infants in an imperial roman skeletal sample: perspective for dental microstructure. *J Phys Anthropol.* 2006; 130: 179-98.
- 12- KING T, HUMPHREY LT, HILSON S. Linear enamel hypoplasias as indicators of systemic physiological stress: evidence from two know age-at-death and sex population from postmedieval. *J Phys Anthropol.* 2005; 128: 547-59
- 13- BUDD P, MONTGOMERY J, EVANS J, BARREIRO B. Human tooth enamel as a record of the comparative lead exposure of prehistoric and modern people. *Sci Total Environ.* 2000; 16: 1-10.
- 14- TVINNEREIM HM, EIDE R, RIISE T. Heavy metals in human primary teeth: some factors influencing the metal concentration. *Sci Total Environ.* 2000; 255: 21-7.
- 15- KERN J, MATHIASON L. The determination of copper, zinc, and lead in human teeth using inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-AES). *Conc. Col J Ana Chem.* 2012; 3: 33-9.
- 16- LEE KM, APPLETON J, COOKE M, KEENAN F, SAWICKA-KAPUSTA K. Use of laser inductively coupled plasma mass spectrometry to provide element versus time profiles in teeth. *Analytica Chimica Acta.* 1999; 395: 179-85.
- 17- ARCHED W, AKANLE OA, SPYROU NM. The distribution of fluorine and others elements in teeth using proton induced reaction analysis techniques. *J Radioanalyt and Nucl Chem.* 1994; 2(179): 349-55.
- 18- DOLPHIN E, DUNDAS SH, KOSLER J, TVINNEREIM HM, GEFFEN A. A comparison of techniques for measuring the trace element content of human teeth: laser ablation ICP-MS versus solution ICP-MS of micromilled enamel. *Inter J An Bioanal Chem.* 2012; 2(3): 189-95.
- 19- SAMEK O, LISKA M, KAISER J, BEDDOWS DCS, TELLE HH, KUKHLEVSKY SV. Clinical application of laser-induced breakdown spectroscopy to the analysis of teeth and dental materials. *J Clinical Laser Med Surg.* 2000; 18, 281-9.
- 20- LOCKER D, SLADE GD, MURRAY H. Epidemiology of periodontal disease among older adults: a review *Periodontology* 2000, 2007; 16, 1, 16-33.
- 21- CALDAS AF JR. Reasons for tooth extraction in a Brazilian population. *Int. Dent J* 2000; 50:267-73.
- 22- BADET C, RICHARD B. Etude Clinique de la carie. *Encycl. Med. Chir.* 2004 ; 1,1 : 40-48
- 23- SAMEK O, TELLE HH, BEDDOWS DCS. Laser-induced breakdown spectroscopy: a tool for real-time, in vitro and in vivo identification of carious teeth. *BMC Oral Health* 2001; 1, 1- 9.
- 24- VINOD B, HAROLED PETER PL. Laser Induced Break Down Spectroscopy: A Novel Technique in Research. *Int J Research Pharma Biomed Sci.* 2012; 3 (3): 1360-9.
- 25- THAREJA RK., SHARMA AK, SHUKLA S. Spectroscopic investigations of carious tooth decay. *Medical Engineering & Physics* 2008; 30:1143-8.
- 26- REHSE SJ, SALIMNIA HA, MIZIOLEK W. Laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS): an overview of recent progress and future potential for biomedical applications. *Journal of Medical Engineering & Technology,* 2012; 36(2): 77-89.
- 27- UNNIKRISHNAN VK, CHOUDHARI KS, KULKARNI SD, NAYAK R. Biomedical and Environmental Applications of Laser-induced breakdown spectroscopy. *Pramana J Phys.* 2014; 82: 397-401.
- 28- CAHEN PM, FRANK RM, TURLLOT JC. A survey of the reasons for dental extractions in France. *J Dent Res.* 2002; 64: 1087- 93.
- 29- ORBAN BJ, BHASKAR SN. Orban's oral histology and embryology, *Mosby Inc.* 1991, 515p.
- 30- ALEO JJ , RENZIS FA, FARBER PA. The presence and biologic activity of cementum-bound andotoxin. *J Periodontol.* 1974; 45: 672-5.
- 31- FANG X, AHMAD SR, MAYO M, IQBAL S. Elemental analysis of urinary calculi by laser induced plasma spectroscopy. *Lasers Med Sci.* 2005; 20: 132-137.