

UNIVERSITE DE STRASBOURG

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2015

N°30

THESE

Présentée pour le Diplôme d'État de Docteur en Chirurgie Dentaire

par

AMAR Déborah

née le 14 août 1990 à Mulhouse

**Utilisation du Cone Beam Computed Tomography dans le diagnostic positionnel
des canines incluses maxillaires**

Président : Professeur BLOCH-ZUPAN Agnès
Assesseurs : Docteur BAHI-GROSS Sophie
Docteur BOLENDER Yves
Docteur GROS Catherine-Isabelle

REMERCIEMENTS

A ma présidente de thèse, Madame le Professeur Agnès Bloch-Zupan,

Qui me fait l'honneur de présider ce jury.

J'ai apprécié votre disponibilité, votre gentillesse et votre savoir durant mes années d'études,

Soyez assurée de ma gratitude et de mon profond respect.

A ma directrice de thèse, Madame le Docteur Sophie Bahi-Gross,

Qui m'a fait l'honneur de diriger ce travail,

Merci pour votre disponibilité, votre aide précieuse et illimitée, votre gentillesse et votre douceur,

Vous avez été mon exemple durant mes années d'étudiante, je me suis enrichie de vos connaissances et j'ai pu compter sur vous durant la préparation de ce précieux travail que vous avez dirigé avec patience et rigueur.

Soyez assurée de ma profonde admiration et de ma reconnaissance.

A mon assesseur, Monsieur le Docteur Yves Bolender,

Je vous remercie de me faire le privilège de siéger parmi les membres du jury,

Je vous remercie chaleureusement pour votre implication dans ce travail,

Merci d'avoir répondu à mes nombreuses questions et d'avoir enrichi ma bibliographie,

Soyez assuré de ma gratitude.

A mon assesseur, Madame le Docteur Catherine Gros,

Qui me fait le plaisir de participer à ce jury de thèse,

Merci pour votre aide tout au long de la préparation de ma thèse,

Merci d'avoir apporté vos connaissances à ce travail,

Je vous remercie également pour votre enseignement, c'est avec vous que j'ai soigné mes
tous premiers patients.

Veillez trouver l'expression de ma reconnaissance.

Merci au créateur de l'univers,

Merci pour ce cadeau, celui de m'avoir porté jusque là, et à qui je dois tout.

Merci mes parents chéris, qui m'ont soutenu dans toutes les étapes importantes de ma vie.

Sans eux je n'aurai rien.

Merci papa pour les cafés de la P1,

Merci maman d'être là, de m'écouter et de me rassurer à temps plein.

Merci Benjamin, Lévana, Ayala et Ariel : La Team AMAR. Merci de m'avoir épaulée et supportée pendant ces 6 ans. Merci d'être là pour moi. Je vous aime mes frères.

Merci Odélie, ma belle soeur préférée. Tu m'as donné de merveilleux neveux: Noam, Elie et Yael .

Merci papa Élie, je sais qu'aujourd'hui tu es fier de moi, tu as toujours voulu que je sois docteur! Voilà le rêve devient réalité... tu me manques,

Merci Pépé, tu nous manques,

Merci à mes grands-mères: maman Rouby et mémé de prier pour moi. Je vous dois mon succès.

Merci Esther Malka, mon amie la plus serviable ! Tu as passé beaucoup de temps à m'aider pour ma thèse. Sans toi, ça aurait été la cata !

Merci Yaacov pour le camembert page 77,

Merci Manue et Laura, mes amies de Mulhouse, de m'avoir inspirée et coachée.

Merci pour vos conseils quotidiens.

Merci Véro ! Sans toi mes années d'études n'auraient pas été aussi sympathiques et enrichissantes ! N'oublies pas notre projet: «la tête et les mains». Tu as toujours cru en moi et je t'en suis très reconnaissante.

Merci Mimi, notre rencontre il y a 7 ans a été déterminante dans ma vie, tu fais partie de ma famille.

Merci Avi, notre amitié m'est très précieuse (et tes tartes aux champis aussi !)

Merci Audrey, ma vieille amie du lycée, ma confidente,
vous êtes les prochaines !

Des bisous à Ruth Elsa et Elior, mes petits chéris de Strasbourg,

Merci à mes différentes familles d'accueil Strasbourgeoises (Anaëlle, regardes je te fais une
dédicace !)

Merci à la personne qui se reconnaîtra, et qui m'aide à grandir.

Un remerciement particulier à Laura Zeller qui a su me donner confiance en moi pendant
ma première année à la faculté dentaire. Je me souviendrai toute ma vie de mes premiers
travaux pratiques plutôt laborieux. J'ai surmonté ces difficultés avec succès grâce à vos
encouragements, votre aide et votre patience. J'ai fait de ma cuisine un véritable laboratoire
de prothèse mais j'y suis arrivée !

Pour finir, je remercie le Doyen, Madame le Professeur Taddei, tous les enseignants de la
faculté de chirurgie dentaire de Strasbourg, ainsi que le personnel dévoué qui m'ont enseigné
l'art dentaire et accompagné jusque là.

Sommaire

Introduction.....	12
I . L'inclusion des canines maxillaires : Généralités	14
<u>I. Définitions</u>	15
1. Dent incluse.....	15
2. Dent enclavée.....	15
3. Dent retenue.....	15
4. Dent en désinclusion.....	15
5. Dent ectopique.....	16
<u>II. Éruption des canines maxillaires.....</u>	16
<u>III. Épidémiologie</u>	17
1. Fréquence d'inclusion.....	17
2. Inclusion selon le sexe.....	18
3. Inclusion selon la population.....	19
4. Position de la dent incluse.....	20
A. Inclusion unilatérale ou bilatérale.....	20
B. Localisation des canines incluses dans le plan sagittal.....	21
C. Localisation des canines incluses dans le plan vertical.....	23
<u>IV. Etiopathogénie.....</u>	24
1. Causes générales d'inclusion.....	24
A. Facteurs héréditaires et congénitaux.....	24
B. Facteurs phylogénétiques.....	24
C. Facteurs endocriniens, vitaminiques et nutritionnels.....	25
D. Maladies infectieuses.....	25
2. Causes locales d'inclusion.....	25
A. Liées à la canine elle même.....	25
B. Liées aux structures adjacentes.....	26
a. L'incisive latérale.....	26
b. La canine temporaire.....	27
c. Tumeurs, Kyste, et dents surnuméraires.....	27
d. Muqueuse gingivale.....	28
e. manque de place sur l'arcade.....	28

<u>V. Séquelles de l'inclusion canine.....</u>	29
1. Kyste folliculaire.....	29
2. Résorption coronaire de la canine.....	29
3. Résorption des dents voisines.....	30
A. Étiologie des résorptions	30
B. Mécanisme histologique des résorptions radiculaires externes.....	31
C. Taux de résorption selon la dent.....	32
D. Résorptions selon le sexe et l'âge.....	33
E. Sévérité des résorptions.....	34
F. Localisation des résorptions.....	36
G. Position, degrés d'apexogenèse des canines et résorptions des dents voisines.	37
H. Complications et conséquences des résorptions radiculaires externes.....	39
<u>VI. Diagnostic de l'inclusion des canines.....</u>	41
1. Examen clinique.....	41
A. Examen Exobuccal.....	41
B. Examen endobuccal.....	41
II . L'examen radiographique en cas de suspicion d'inclusion :	
Les avantages du CBCT, les problèmes liés à son utilisation systématique.....	44
<u>I. Examen radiographique.....</u>	45
1. Examen radiographique endobuccal.....	46
A. Les rétro-alvéolaires.....	46
B. Les Films occlusaux.....	47
2. Examen Radiographique exobuccal.....	47
A. L'orthopantomogramme.....	47
B. La téléradiographie orthodontique.....	48
C. Le scanner, CT Scan, ou Tomodensitométrie.....	49
D. Le CBCT, Cone Beam Computed tomography.....	50
<u>II. Protocole d'imagerie.....</u>	52
<u>III. Intérêt de la Tomodensitométrie et du CBCT dans la localisation exacte des canines incluses et dans le dépistage des résorptions radiculaires voisines.....</u>	53
1. Dépistage des résorptions radiculaires liées au canines incluses.....	53
2. Localisation et caractéristiques de la canine incluse déterminées au CBCT.....	55

<u>IV. Utilisation systématique du CBCT ?</u>	58
1. Aspects dosimétriques.....	58
A. Effets biologiques liés à l'exposition aux rayons X.....	58
B. Comparaison de la dose efficace dans les différentes méthodes d'imagerie.....	58
2. Utilisation du CBCT dans les cas d'inclusion des canines: Mesures de radioprotection...61	
A. Justification.....	61
B. Optimisation	62
C. Limitation.....	62
D. Principes de base pour l'utilisation du CBCT selon l'Académie Européenne de radiologie Dento-maxillo-faciale.....	63
<u>III : Étude clinique</u>	66
<u>I. Matériels et méthodes</u>	67
1. Patients.....	67
2. Méthodes.....	68
A. Appareil de radiographie.....	68
B. Facteurs analysés.....	68
a. Identification du patient.....	68
b. Position de la canine.....	68
c. Développement radiculaire.....	69
d. Taille du sac folliculaire.....	69
e. Canine déciduale.....	70
f. Morphologie de l'incisive latérale.....	70
g. Absence de contact, contact étroit, très étroit avec l'incisive latérale ou résorption de cette dernière.....	70
h. Sévérité de la résorption.....	70
C. Analyse statistiques.....	70
<u>II. Résultats</u>	72
<u>III. Discussion</u>	82
<u>IV. Conclusion</u>	86
Conclusion	87
Bibliographie	91

INTRODUCTION

INTRODUCTION

L'inclusion des canines maxillaires touche 1 à 3 % de la population. Cette situation clinique problématique encourage les chirurgiens oraux et les orthodontistes à travailler en étroite collaboration.

Les causes d'inclusion des canines maxillaires sont multiples et les séquelles nombreuses. Les résorptions des incisives latérales voisines aux canines incluses constituent la plus fréquente des complications et doivent être anticipées. Pour cela, il est nécessaire de mener, chez l'enfant, un examen clinique rigoureux mais aussi de disposer de clichés radiographiques d'une extrême précision.

Jusqu'à l'avènement du Cone Beam Computed Tomography (CBCT), les chirurgiens dentistes se sont servis de la radiographie conventionnelle à deux dimensions pour localiser les canines incluses et identifier les résorptions radiculaires. Cette technique irradie peu le patient mais donne lieu à des erreurs d'interprétation.

Le chirurgien oral a besoin de localiser très précisément la canine incluse afin de pouvoir en réaliser le dégagement. Les résorptions radiculaires doivent être dépistées le plus tôt possible afin de pouvoir élaborer un plan de traitement adapté dans l'intérêt du patient.

Pour ces raisons, le CBCT trouve toute sa place car il permet de localiser la canine dans les trois dimensions de l'espace et d'identifier les résorptions radiculaires qu'elle engendre, leur localisation précise et leur sévérité. Cependant son utilisation systématique est contestée pour des raisons éthiques, car c'est un examen plus irradiant. De ce fait il doit être justifié et c'est l'intérêt de ce travail.

Ainsi, dans un premier temps, il s'agira de déterminer les caractéristiques épidémiologiques des canines maxillaires incluses, les causes et les séquelles de ces inclusions et de définir la démarche thérapeutique à suivre.

Dans un second temps, l'intérêt de la tomographie volumique à faisceau conique sera exposé ainsi que les raisons pour lesquelles son utilisation systématique est contestée.

Enfin, pour étoffer ce travail, une étude a été réalisée au pôle de médecine bucco-dentaire des Hôpitaux universitaires de Strasbourg sur 80 CBCT. Cette étude constitue la troisième partie de ce travail et vise à montrer, encore une fois, l'intérêt du CBCT dans la localisation des canines incluses et l'identification des résorptions radiculaires. Les facteurs de risques liés aux résorptions sont également identifiés et comparés aux données existantes de la

littérature. Il s'agira également de déterminer le moment opportun de réalisation du CBCT.

**PARTIE 1: L'inclusion des canines maxillaires:
Généralités**

PARTIE I: L'inclusion des canines maxillaires : Généralités

I. Définitions (ANAES)

1. Dent incluse

Au sens large, une dent incluse est une dent mature qui n'a pas fait son éruption après la date physiologique et dont le sac péricoronaire ne présente pas de communication avec la cavité buccale. Elle est, dans ce cas, totalement recouverte par la muqueuse buccale.

La dent incluse peut être proche de son site habituel. Elle peut aussi être en ectopie: elle reste alors dans le maxillaire mais est éloignée de son site naturel, ou en hétérotopie: à distance du maxillaire (cavité orbitaire, sinus...). (Bordais et coll, 1980)

2. Dent enclavée

Une dent est dite enclavée lorsqu'elle est retenue dans le maxillaire après la date physiologique d'éruption et que son sac péricoronaire communique avec la cavité buccale.

3. Dent retenue

Une dent retenue est une dent immature, gênée dans son éruption et qui conserve un potentiel éruptif. L'édification radiculaire n'est pas terminée.

Après la maturation de cette dent, la rétention évolue vers l'inclusion ou l'enclavement.

4. Dent en désinclusion

Une dent en désinclusion est une dent qui autrefois était incluse mais qui, suite à certaines modifications environnementales (résorptions des crêtes, croissance des maxillaires), fait son exposition dans la cavité buccale.

5. Dent ectopique

Une dent est dite ectopique lorsqu'elle est éloignée de son site normal d'éruption.

II. Éruption des canines maxillaires

Le germe des canines maxillaires se situe en position haute, et son trajet intra-osseux est plus long que celui de toutes les autres dents (estimé à plus de 22 mm de long) (Coulter et Richardson, 1997). La canine aborde donc tardivement son éruption et doit alors s'accommoder de l'espace qu'il lui reste.

Sa minéralisation débute 4 à 5 mois après la naissance et s'achève, au niveau coronaire, vers les 6-7 ans. La canine émerge dans la cavité buccale entre 10 et 13 ans d'âge civil.

Ses racines termineront leur édification autour de 15 ans.

III . Epidémiologie

1. Fréquence d'inclusion

La canine maxillaire est la dent la plus fréquemment incluse après les troisièmes molaires et avant les prémolaires. Elle est en moyenne 20 fois plus incluse que la canine mandibulaire. (Langlade,1986). Les résultats des différentes études révèlent des pourcentages variables d'inclusion des canines maxillaires, au sein de la population générale, mais non contradictoires. Ces différences résultent de la non homogénéité des échantillons (Tableau 1). On retiendra une fréquence d'inclusion comprise entre 1 et 3 % de la population (Samir E. Bishara, 1998).

Études cliniques	Fréquence des inclusions canines maxillaires (%)
Dachi et Howell, 1961	0,92%
Cramer, 1929	1,4%
Mead, 1930	1,57%
Thilander et jacobsson, 1968	1,6%
Bass, 1967	1,7%
Ericson et Kurol, 1986	1,7%
Thilander et Myrberg, 1973	2,2%
Baccetti, 1998	5,2%
Shah et coll, 1978	8%

Tableau 1: Pourcentage d'inclusion des canines maxillaires selon les différentes études cliniques. (Schmitt,2000)

2. Inclusion selon le sexe

Selon les différentes études, une plus forte prévalence d'inclusion des canines maxillaires est observée chez les femmes. Cependant, nombreux auteurs suggèrent que cette différence est liée au fait que les femmes consultent plus l'orthodontiste et ont plus de doléances esthétiques que les hommes (Ali Alqerban et coll, 2011) (Tableau 2).

Walker et coll (2005) supposent que la différence de croissance cranio-faciale entre hommes et femmes est la cause de cette différence de prévalence. Une étude randomisée n'a pas trouvé de différence de prévalence selon le sexe (Brin et coll, 1986).

Études cliniques	% de femmes avec au moins une canine maxillaire incluse
Oberoi et Knueppel 2012, San Fransisco	76 % de femmes
Alqerban et coll 2011, Belgique	62% de femmes
Yoojun Kim et coll 2012, Seoul	60,1% de femmes
Botticelli et coll 2011, Dannemark	62,9% de femmes
Lai ,Bornstein et coll 2013, Suisse	65,49% de femmes
Walker et coll 2005, Los Angeles	78,9% de femmes
Santos,Bastos et coll 2014, Brésil	70,9% de femmes

Tableau 2: Proportion de femmes présentant au moins une canine maxillaire incluse dans les études cliniques

3. Inclusion selon la population

On constate également, selon les études, des variations de prévalence d'inclusions canines selon les populations. (Tableau 3)

Population étudiée	Prévalence d'inclusions palatines de canines maxillaires (%)
Population Japonaise (Takahama et Aiyama, 1982)	0,27
Population blanche Américaine (Cramer, 1929)	1,4
Population Islandaise (Thilander et Jacobson, 1968)	1,8
Population Israélienne (Brin et coll, 1986)	1,5
Population Italienne (Sacerdoti et coll, 2004)	2,4

Tableau 3: Pourcentage d'inclusions de Canines maxillaires palatines selon les populations. (Becker, 2012)

Montélius, en 1932, était le premier à remarquer une différence de fréquence d'inclusion des canines maxillaires, toutes confondues, entre les chinois (1,7 %) et les Caucasiens (5,9 %), sans toutefois émettre une hypothèse étiologique.

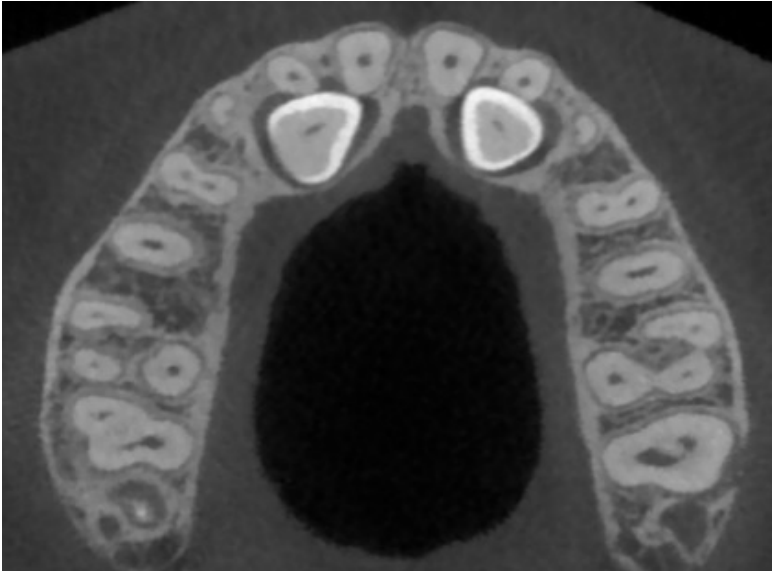
4. Position de la dent incluse

A. Inclusion unilatérale ou bilatérale

Les inclusions canines peuvent être unilatérales ou bilatérales (photographie 1), mais les inclusions unilatérales sont, généralement, plus fréquentes quelque soit la population étudiée. (Tableau 4)

Études cliniques	Inclusions Unilatérales (%)	Inclusions Bilatérales (%)
Oberoi et Kneuppel (San Fransisco 2012)	45	55
Lai ,Bornstein et coll (Suisse 2013)	81	19
Alqerban et coll (Belgique 2011)	52	48
Botticelli et coll (Dannemark 2011)	56	44
Walker et coll (Los Angeles 2005)	41	59
Santos,Bastos et coll (2014,Brésil)	65	35
Yoojun Kim et coll (Seoul 2012)	74	26

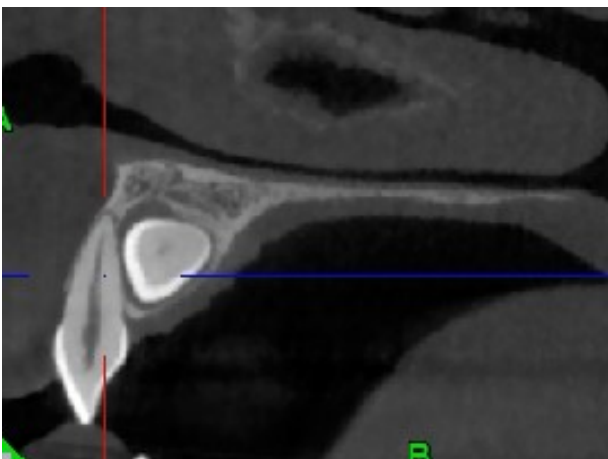
Tableau 4: Fréquence d'inclusions Unilatérales et Bilatérales dans la littérature



Photographie 1: Coupe transversale CBCT du maxillaire mettant en évidence un cas d'inclusion bilatérale (UF 8609, Radiologie, Pôle de Médecine et chirurgie Bucco-dentaires, Hôpitaux Universitaires de Strasbourg)

B. Localisation des canines incluses dans le plan sagittal

La position des canines maxillaires incluses est fréquemment palatine (photographie 2). Selon les études, les résultats sont variables et dépendent de l'échantillon étudié (Tableau 5). Ainsi dans la population asiatique les canines sont plus souvent incluses vestibulairement (Oliver et coll,1989), alors que dans la population caucasienne, elles sont plus souvent en position palatine. Ces différences peuvent s'expliquer par des critères d'évaluation différents selon les études.



Photographie 2: Coupe sagittale CBCT mettant en évidence l'inclusion palatine d'une canine (UF 8609, Radiologie, Pôle de Médecine et chirurgie Bucco-dentaires, Hôpitaux Universitaires de Strasbourg)

Études cliniques	Inclusions palatines (%)	Inclusions vestibulaires (%)	Inclusion centrale (%)
Stivaros et Mandall (2000)	61	5	34
Rimes et coll. (1997)	44	38	19
Szarmach (2006)	67	20	13
Ericson et Kurol (1987)	80	20	-
Bjerklin et Ericson (2006)	42	40	18
Lai et Bornstein (2013)	51	31	18
Yoojun Kim et coll. (2012)	25	75	-
Oberoi et Knueppel (2012)	60	40	-
Jung, Liang et coll. (2012)	27	41	32
Liu et coll. (2008)	41	45	14
Santos, Bastos et coll. (2014)	67	22	11

Tableau 5: Position sagittale des canines incluses maxillaires

C. Localisation des canines incluses dans le plan vertical

Certaines études évaluent également la position verticale des canines incluses.

C'est le cas de Lai, Bornstein et coll (2013), qui, sur un échantillon de 134 canines ont localisé précisément ces dernières dans les trois dimensions de l'espace.

Dans le sens vertical, ils évaluent la position de la pointe canine en relation avec le grand axe de l'incisive voisine, et trouvent que dans la majorité des cas (33%), la pointe canine est située au tiers cervical de l'incisive voisine. (tableau 6)

Localisation verticale des canines par rapport à l'incisive latérale voisine.	Coronairement (%)	Tiers cervical (%)	Tiers moyen (%)	Tiers apical (%)	Supra-apical (%)
	18	33	25	20	4

Tableau 6: localisation verticale des canines incluses (Lai, Bornstein et coll, 2013)



Photographie 3: Coupe sagittale CBCT mettant en évidence une canine incluse en position supra-apicale. (UF 8609, Radiologie, Pôle de Médecine et chirurgie Bucco-dentaires, Hôpitaux Universitaires de Strasbourg)

IV . Etiopathogénie

Les résultats de l'étude de H. Jacoby (1983) montre que 85% des canines incluses palatinement ont un espace suffisant pour faire leur éruption, contrairement aux canines incluses vestibulairement qui n'ont de place que dans 17% des cas.

Un espace insuffisant intra-arcade constitue une étiologie primaire dans les cas d'inclusions vestibulaires; cependant ce facteur ne permet pas, à lui seul, d'expliquer toutes les inclusions: les causes d'inclusion sont multiples.

L'analyse de la littérature permet de distinguer les causes générales des causes locales. Ces dernières sont clairement plus souvent impliquées.

1. Causes générales d'inclusion (Delsol, Orti et coll, 2006)

Elles incluent les déficiences endocriniennes, vitaminiques et nutritionnelles , les maladies infectieuses , les facteurs héréditaires et congénitaux et les facteurs phylogénétiques.

A. Facteurs héréditaires et congénitaux

Il existe certaines prédispositions familiales associées à une tendance à l'inclusion dentaire, en effet on trouve des familles où plusieurs membres présentent une inclusion sur au moins deux générations.

Selon Hatton et Graiger (1958), le facteur génétique est responsable de 78% des inclusions alors que Lacoste (1974) affirme que l'hérédité est en cause dans 17% des inclusions.

On retrouve également des cas d'inclusions multiples associés à des déficiences congénitales comme la maladie de Crouzon, la trisomie 21, les fentes labio-alvéolo-palatines, le syndrome de Gardner etc...

B. Facteurs phylogénétiques

La réduction de l'espace disponible sur les arcades dentaires induisant une augmentation de la dysharmonie dentomaxillaire favorise les encombrements dentaires ainsi que les inclusions.

C. Facteurs endocriniens, vitaminiques et nutritionnels.

Certains troubles endocriniens sont liés à une perturbation de la croissance ainsi qu'à un retard d'éruption: c'est la cas de l'hypothyroïdie.

Des carences en vitamines C sont liées à des troubles de l'éruption dentaire et les hypovitaminoses A et D conduiraient à une augmentation de la dysharmonie dentomaxillaire et donc aux inclusions dentaires.

D. Maladies infectieuses

La syphilis et la tuberculose peuvent être mises en cause dans les cas de rétention dentaire.

2. Causes locales d'inclusion

Les causes locales sont les plus fréquentes et résultent d'un ou de la combinaison de plusieurs facteurs locaux.

A. Liées à la Canine elle-même (Delsol, Orti et coll,2006)

Des perturbations pendant la formation et le développement de la canine peuvent entraîner des malformations, des malpositions et être à l'origine de sa rétention tardive. En effet, une malformation coronaire et/ou radulaire peut être associée à une canine incluse. Une anomalie de développement de la lame dentaire peut, par ailleurs, causer une dystopie du germe.

Les dystopies dentaires sont des malpositions ou des mauvaises orientations primitives ou secondaires à un choc traumatique d'un germe. Cette situation de la canine, à distance de son site habituel, n'est pas favorable à son éruption.

D'autre part, une mauvaise insertion du gubernaculum dentis sur le sac péri-coronaire peut conduire à des troubles de l'éruption (la racine et la couronne terminent leur développement sans que le chemin d'éruption ne se trace) et à des inclusions dentaires (Delsol et coll, 2006).

Enfin, l'ankylose (fusion du cément et de l'os , avec oblitération de l'espace desmodontal) est tantôt considérée comme une cause (Kolf, 1978), tantôt comme une conséquence de l'inclusion. Ainsi, un traumatisme du bloc incisivo-canin dans la petite enfance peut

conduire à la destruction du sac folliculaire puis à une ankylose de la canine à l'origine d'une inclusion. L'ankylose en étant la cause. D'autre part, on constate que l'ankylose des canines incluses augmente avec l'âge des patients et peut constituer, dans ces cas, une conséquence de l'inclusion (Delsol, Orti et coll, 2006).

B. Liées aux structures adjacentes

a) L'incisive latérale

Il semblerait que la présence d'une incisive latérale avec une racine de longueur satisfaisante, formée au moment opportun, soit nécessaire au bon déroulement de l'éruption de la canine voisine (Samir, Bishara,1998). A l'évidence, l'incisive latérale constitue un guide d'éruption pour la canine, et de nombreux cas d'inclusion de canines sont dénombrés dans la littérature en présence d'incisives latérales dysmorphiques, dystopiques ou absentes. (Becker, 2012)

Lateral Incisor Categories Associated with Palatally-displaced Cuspids.

<i>Lateral Incisor</i>	<i>Females</i>		<i>Males</i>		<i>All Subjects</i>	
	<i>No.</i>	<i>%</i>	<i>No.</i>	<i>%</i>	<i>No.</i>	<i>%</i>
Absent	7	7.6	0	0	7	5.5
Peg-Shaped	16	17.4	6	16.7	22	17.2
Small	21	22.8	11	30.5	32	25.0
Normal	48	52.2	19	52.7	67	52.3
Total	92	100	36	100	128	100

Tableau 7: Pourcentage d'inclusion de canines selon le type d'incisive latérale (Becker, Smith et Behar, 1981)

Dans leur étude, Becker et coll (1981) montrent que dans la moitié des cas de canines incluses, l'incisive latérale voisine présente une anomalie de taille (small/ réduite), de forme (peg shaped/ en grain de riz) ou est absente. (Tableau 7)

D'autre part, de nombreux cas de classe II division 2 où les incisives latérales sont en vestibulo-version, et donc malpositionnées, sont associées à des inclusions de canines (Schmitt,2000).

Au contraire, Mossey et coll (1994) ne trouvent qu'une faible relation entre l'absence congénitale des incisives latérales et la présence de canines incluses maxillaires.

b) La canine temporaire

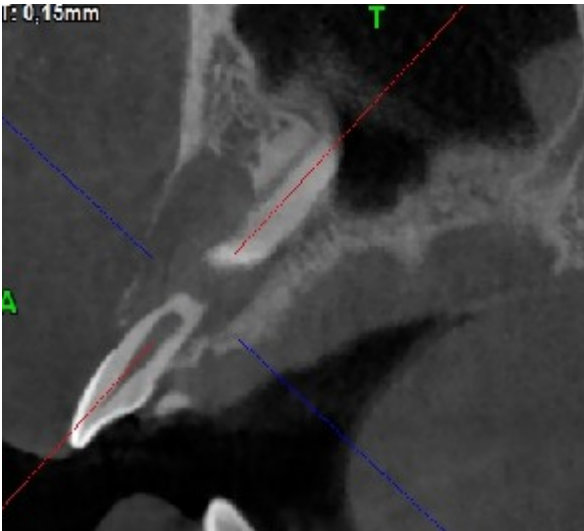
Selon Lappin (1951), une canine déciduale qui persiste après sa date normale d'exfoliation et dont les racines ne sont pas résorbées peut être à l'origine d'une déviation du chemin d'éruption de la canine permanente suivie de son inclusion. Selon Becker (2012), Lappin fait «passer la charrue avant les bœufs», car c'est l'éruption de la canine définitive qui stimulerait la résorption des racines de la dent lactéale sus-jacente et, si ces racines sont éloignées de la canine permanente, elles peuvent ne pas être résorbées.

D'autre part, l'avulsion précoce de la canine déciduale peut aussi perturber l'éruption de la canine définitive sous-jacente car la rhizalyse des racines lactéales sert de guide à l'éruption de la dent permanente. L'espace prévu pour la canine définitive se ferme alors par version anticipée des dents voisines. Enfin la densification osseuse qui suit la perte de la dent temporaire perturbe également l'éruption (Dambrain, 1974).

Ainsi, une canine temporaire persistante ou extraite précocement peut contribuer à l'inclusion d'une canine permanente.

c) Tumeurs, kystes et dents surnuméraires

La présence d'une tumeur, de lésions kystiques, de dents surnuméraires ou encore de débris radiculaires peuvent constituer des obstacles à l'éruption des canines. Kolf (1978) relève que 3,3% d'inclusion seraient liées à la présence d'odontoïdes et/ou de dents surnuméraires. Une infection pulpaire de la canine temporaire, à l'origine ou non d'une parodontite apicale chronique, peut entraîner une infection du sac folliculaire du germe de la canine permanente entraînant son inclusion. De même, un kyste folliculaire de la dent, elle même, peut causer l'inclusion (photographie 4). Enfin, un processus tumoral (fibrome ossifiant, odontofibrome améloblastique) situé entre le germe de la canine et la crête alvéolaire peut aussi perturber l'éruption et être à l'origine d'inclusion des canines.



Photographie 4: Kyste folliculaire sur 23 incluse, coupe sagittale CBCT. (UF 8609, Radiologie, Pôle de Médecine et chirurgie Bucco-dentaires, Hôpitaux Universitaires de Strasbourg)

d) Muqueuse gingivale

En cas d'hypertrophie congénitale ou secondaire (à une chirurgie par exemple), la muqueuse gingivale peut provoquer une inclusion fibro-muqueuse (Bordais et coll, 1980).

e) Manque de place sur l'arcade

Le manque de place sur l'arcade peut expliquer une inclusion dentaire. Ce manque de place peut être dû à la fermeture du diastème suite à la perte précoce de la canine temporaire ou à sa destruction carieuse. Il peut également être la conséquence d'une dysharmonie dento maxillaire. Dans une étude réalisée en 1983, Jacoby montre que dans 83% des cas de canines incluses vestibulairement, l'espace nécessaire à l'éruption est insuffisant.

Les patients qui présentent une brachygnathie maxillaire, une endognathie, une endoalvéolie maxillaire, une classe II division 2 ou encore, les patients qui présentent un diastème inter incisif important (lié à un frein hypertrophique ou à un odontome), peuvent présenter une inclusion des canines due au manque de place que ces anomalies engendrent (Schmitt 2000).

V. Séquelles de l'inclusion canine

L'inclusion des canines peut causer de nombreuses séquelles dont la migration des dents adjacentes, la diminution de la longueur de l'arc, la résorption interne, la formation d'un kyste dentigère et des douleurs (Samir et Bishara, 1998).

Parmi ces complications, la résorption de l'incisive latérale voisine est la plus fréquente. Malheureusement ces résorptions sont presque impossibles à diagnostiquer cliniquement à cause du manque de symptômes spécifiques.

Certaines fois, on retrouve plusieurs séquelles chez un même patient (Litsas et Acar, 2011).

1. kyste folliculaire

Le développement d'un kyste dentigère autour de la couronne de la canine peut être une conséquence de son inclusion. D'autre part, une nécrose de la canine déciduale peut aussi entraîner une infection du sac folliculaire de la canine permanente, sous-jacente, à l'origine d'un kyste folliculaire. Ce dernier peut entraîner l'inclusion de la canine, voire même son refoulement à distance (Becker, 2012).

2. Résorption coronaire de la canine

Dans les cas de canines incluses, l'épithélium amélaire entourant la couronne peut dégénérer avec l'âge. L'os ainsi que les tissus environnants peuvent entrer en contact direct avec la couronne et y développer une activité ostéoclastique. Ceci entraîne la résorption de l'émail et son remplacement par de l'os. La canine est alors ankylosée.

On retrouve surtout ce phénomène chez les patients âgés qui présentent des dents incluses non traitées depuis quelques décennies. Dans ces conditions, les chances que la dent réponde positivement à un traitement orthodontique sont minimales (Becker et Chaushu, 2003)

3. Résorption des dents voisines

L'inclusion des canines peut causer la résorption des dents voisines (incisives centrales, incisives latérales et prémolaires). La résorption dentaire correspond à un processus pathologique qui tend à la disparition progressive des tissus durs dentaires. Aucune résorption radiculaire externe ne peut se faire de manière physiologique car le ligament alvéolo-dentaire et le cément intermédiaire jouent un rôle de barrière.

Dans les années 80, avant l'utilisation régulière du Scanner et du CBCT, dans les cas de canines incluses, les résorptions des dents voisines étaient considérées comme rares, il n'y avait que des publications occasionnelles sur des cas isolés.

En 1987, Ericson et Kurol mettent en évidence des résorptions des incisives (latérales et centrales) dans 12% des cas observés en radiologie conventionnelle (2D) puis au scanner en cas de doute.

Avec l'évolution des techniques d'imagerie, les résultats évoluent de façon significative, et en 2002, Ericson et Kurol trouvent, dans leur étude, 48% d'incisives résorbées (dont 13% d'incisives centrales) associées à des canines incluses. Dans la littérature scientifique, ces découvertes génèrent une profusion d'articles sur ce sujet.

A. Étiologie des résorptions

L'étiologie des résorptions radiculaires des dents voisines aux canines incluses n'a pas été clairement élucidée. Certains facteurs génétiques, traumatiques ou environnementaux ont été identifiés mais la relation de cause à effet n'a pas encore été établie. (Ericson et kurol , 2000)

Elles seraient cependant, selon Kurol (1994), associées à deux mécanismes principaux:

- le contact entre la couronne de la dent incluse et la racine adjacente pourrait causer une nécrose du cément.
- Une proximité de la canine avec la dent voisine, sans contact, pourrait initier une activité ostéoclastique.

La dent résorbée reste souvent vitale et le diagnostic ne peut être posé qu'après un examen radiographique minutieux.

Selon Ericson et Kurol (1987), la pression du sac folliculaire, même de grand diamètre, de la canine incluse sur une racine adjacente ne causerait pas de résorption de surface : en effet,

dans leur étude, 23% des sujets atteints de résorptions radiculaire présentait des sacs folliculaires élargis, mais des sacs folliculaires élargis (la distance séparant la couronne de la périphérie du sac est supérieure à 3mm) étaient également présents chez 24% des sujets indemnes de résorptions.

En 2002, Ericson, Kurol et Coll s'interrogent à nouveau sur un lien potentiel entre la pression du sac folliculaire de la canine incluse et le développement de résorptions radiculaires. Ils concluent que les résorptions des incisives latérales sont causées par un contact physique avec la canine. La pression directe de la canine, pendant son éruption physiologique, sur ces incisives latérales, pourrait aussi être impliquée.

Enfin, Chaushu et Coll (2015) identifient les facteurs de risques impliqués dans les résorptions radiculaires sévères des incisives. Ces résorptions sont plus fréquentes chez les femmes, et dans 19,5 % des cas sont associées à un sac folliculaire élargi. Chez les patients dont les canines incluses n'étaient pas associées à une résorption radiculaire sévère, les sacs folliculaire étaient de taille normale (<3mm). De plus, les résultats montrent qu'une incisive latérale, de forme et de taille normale, est associée à un risque 6 fois plus élevé de résorption radiculaire sévère. Cette étude va à l'encontre des précédentes, car elle soutient que la pression d'un sac folliculaire élargi peut augmenter le risque de résorption radiculaire des dents voisines. Cependant, seuls les cas de résorptions sévères sont étudiés et ceci peut être la raison de la différence qui existe entre les études.

B. Mécanisme histologique des résorptions radiculaires externes

La résorption radiculaire externe est une résorption pathologique qui affecte d'abord les tissus dentaires externes. Elle ne peut se faire de manière physiologique car le ligament alvéolo-dentaire et le cément intermédiaire jouent un rôle de barrière anti-résorption.

Il existe plusieurs classifications des résorptions radiculaires. Celle de Trope en 1998 est la plus récente, elle tient compte de tous les résultats analysés jusqu'à présent.

Selon Trope, la résorption radiculaire nécessite deux facteurs: des dommages de la couche de protection (cément) et un stimulus inflammatoire.

Dans les cas de résorptions radiculaires externes, en général, lorsqu'il y a un dommage de la couche des cémentoblastes, une réaction inflammatoire locale se développe avec activation des cellules clastiques qui résorbent le cément et la dentine. Si le stimulus s'arrête, les cémentoblastes voisins prolifèrent et recouvrent toute la lésion. Le tissu dur (dentine)

résorbé ne se régénèrera pas, mais ces résorptions n'auront pas d'impacts cliniques.

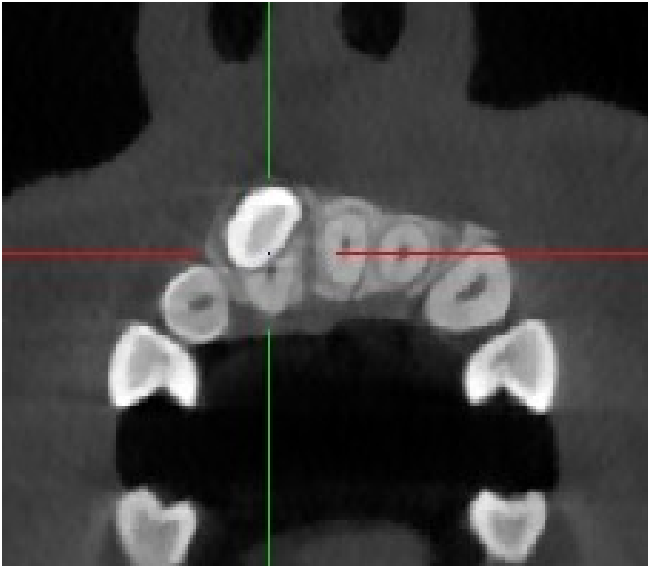
Si le stimulus persiste, la couche des cémentoblastes est fortement endommagée et la réaction inflammatoire s'étend. La surface radiculaire endommagée est colonisée par les cellules osseuses. Il n'y a plus d'interposition entre la surface radiculaire et les cellules osseuses. L'ankylose s'installe (Tronstad,1988).

C. Taux de résorptions selon la dent

Chez les patients présentant des canines incluses, les résorptions peuvent être unilatérales ou bilatérales. La dent la plus fréquemment résorbée est l'incisive latérale puis, par ordre décroissant, les incisives centrales et les prémolaires. Les pourcentages varient beaucoup selon les études. (Tableau 8)

Études cliniques	Résorptions des Incisives latérales (%)	Résorption des Incisives centrales (%)	Résorption des 1ères prémolaires (%)	Résorptions des 2èmes prémolaires (%)
Ericson et Kurol 2000	38	9	-	-
Liu et coll 2008	27	23	-	-
Bin Yan et coll 2012	27	18	10	-
Cernochova et coll 2012	13	2	5	-
Lai ,Bornstein et coll 2013	25	5	4	1

Tableau 8: Prévalence des résorptions des dents voisines aux canines incluses



Photographie 5: Coupe transversale CBCT objectivant une résorption vestibulaire de 11 (UF 8609, Radiologie, Pôle de Medecine et chirurgie Bucco-dentaires, Hôpitaux Universitaires de Strasbourg)

D. Résorptions selon le sexe et l'âge

Plusieurs études ont montré que les résorptions des incisives latérales, combinées à la présence de canines incluses sont plus fréquentes chez les femmes. Cependant il n'existerait pas de différence notable concernant la sévérité des résorptions selon le sexe (Lai, Bornstein et coll, 2013). Les résultats sont biaisés par le fait que les femmes ont plus de doléances esthétiques que les hommes et consultent plus facilement l'orthodontiste. De nombreuses études ne traitent pas du sujet.

Concernant l'âge des patients, Lai, Bornstein et coll (2013), ne trouvent pas de corrélation avec le taux de résorptions, cependant ils trouvent une prévalence de résorptions radiculaires plus importante chez les patients âgés de plus de 18 ans, même si cette différence n'est pas significative ($p=0,316$).

E. Sévérité des résorptions

Plusieurs classifications ont été établies afin de définir le degré de sévérité de la résorption.

Peene et coll (1990) ont établi une classification à 3 niveaux mis en évidence au scanner.

Niveau 0 : contact étroit entre la canine et la dent adjacente, le contour de la dent a une apparence normale.

Niveau 1 : résorption de la racine voisine, le canal pulpaire n'est pas atteint.

Niveau 2 : la résorption atteint la pulpe.

Cependant de nombreuses études (Tableau 9) utilisent la classification d'Ericson et Kurol (2000).

a) Pas de résorption : surface radiculaire intacte.

b) Résorption mince pouvant aller jusqu'à la moitié de l'épaisseur dentinaire (photographie 6).

c) Résorption modérée située à mi chemin de la pulpe voire même plus proche de celle ci, le contour pulpaire étant intact.

d) Résorption sévère qui atteint la pulpe.

Sévérité des résorptions des incisives latérales selon les études	Pas de résorptions (%)	Résorption légère (%)	Résorption modérée (%)	Résorption sévère (%)
Lai, Bornstein et coll 2013	75	9	4	12
Ericson et Kurol 2000	62	12	3	23
Oberoi et coll 2012	40	36	14	10

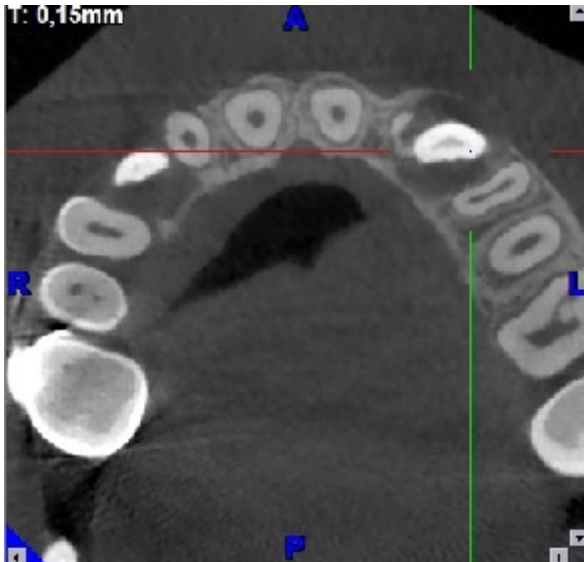
Tableau 9: Degrés de sévérité des résorptions



Photographie 6: Coupe transversale CBCT mettant en évidence une résorption légère de 12. (UF 8609, Radiologie, Pôle de Médecine et chirurgie Bucco-dentaires, Hôpitaux Universitaires de Strasbourg).



Photographie 7: Coupe transversale mettant en évidence une résorption modérée de 22. (UF 8609, Radiologie, Pôle de Médecine et chirurgie Bucco-dentaires, Hôpitaux Universitaires de Strasbourg).



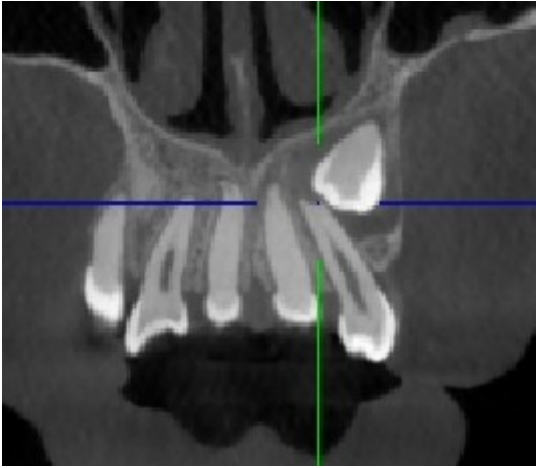
Photographie 8: Coupe transversale CBCT objectivant une résorption sévère de 22. (UF 8609, Radiologie, Pôle de Médecine et chirurgie Bucco-dentaires, Hôpitaux Universitaires de Strasbourg).

F. Localisation des résorptions

Les incisives latérales adjacentes aux canines incluses présentent des résorptions plus ou moins sévères dont la localisation varie d'une incisive à une autre, cependant les tiers apical et moyen sont le plus souvent touchés (Tableau 10).

Localisation de la résorption de l'incisive latérale selon les études	Apex (%)	Tiers apical (%)	Tiers moyen (%)	Tiers cervical (%)
Rimes et coll 1997	-	31	60	9
Ericson et Kurol 2000	31	43	21	5
Lai et Bornstein 2013	-	47	47	6

Tableau 10: Localisation des résorptions des incisives latérales dans la littérature



Photographie 9: Résorption au tiers apical de 22, coupe frontale CBCT. (UF 8609, Radiologie, Pôle de Médecine et chirurgie Bucco-dentaires, Hôpitaux Universitaires de Strasbourg)

G. Position, degré d'apexogenèse des canines et résorptions des dents voisines.

Dans leur étude Lai, Bornstein et coll (2013) trouvent une prévalence de résorptions radiculaires plus importante quand les canines ont terminé leur apexogenèse. Cette différence avec les dents, dont l'édification radiculaire est incomplète, est statistiquement significative ($p=0,049$).

Leurs résultats rejoignent ceux d'Ericson et Kurol en 1987: une canine ectopique avec une racine apexifiée, inclinée mésialement par rapport au grand axe de l'incisive latérale voisine et dont l'angle compris entre la canine et la ligne médiane du maxillaire est supérieur à 25° présente le plus grand risque d'entraîner une résorption de l'incisive latérale.

D'autre part, ils schématisent l'image panoramique d'une canine incluse maxillaire, en délimitant cinq secteurs allant de la ligne médiane inter-incisive à la face distale de la canine déciduale (schéma 1)

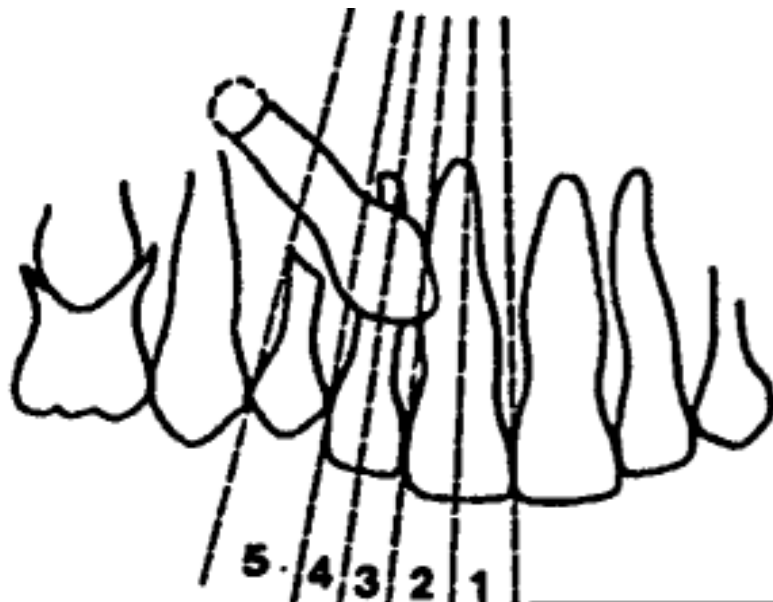


Schéma 1: Illustration de la projection de la canine sur une image panoramique et des secteurs de localisation de la couronne de la canine.

Ericson et Kurol (1988) trouvent un risque plus élevé de résorptions des incisives latérales lorsque la pointe canine est située dans les secteurs 1 et 2. Le risque est moindre dans les secteurs 3,4 et 5.

H. Complications et conséquences des résorptions radiculaires.

Le praticien souhaite dépister, à l'examen clinique et/ou radiographique, la présence d'une éventuelle résorption des dents voisines à la canine incluse.

Mais quels sont les risques liés à la présence d'une résorption et pourquoi la dépister le plus tôt possible ?

En général, les signes cliniques d'une résorption radiculaire sont pauvres, le patient ne présente ni douleurs, ni mobilité et la résorption n'est visible que radiologiquement.

La lésion est irréversible et évolue rapidement. Le processus s'arrête, presque toujours, lorsque la canine incluse a été déplacée. Dans certains cas de résorptions sévères, avec atteinte pulpaire, le patient ne présente pas de signes cliniques, et peut vivre avec sa résorption pendant toute sa vie (Milberg, 2006. Falahat et coll, 2008). Cependant ces résorptions peuvent également être à l'origine de mobilité, allant même, dans les cas de résorptions extrêmes jusqu'à la perte prématurée de la dent (Alqerban, Jacobs et coll 2009).

En 2005, Becker et Chaushu publient une étude menée sur 21 racines d'incisives latérales résorbées sévèrement, associées à des canines incluses sur un groupe de 12 patients.

Des radiographies de chaque cas sont réalisées et comparées aux 4 stades suivants:

- T1: au début du traitement orthodontique,
- T2: Après que la canine ait été éloignée du site de la résorption,
- T3: à l'achèvement du traitement orthodontique,
- T4: pendant les visites de contrôle (au moins un an après la fin du traitement jusqu'à 26 ans post-traitement)

Plusieurs conclusions sont tirées de cette étude :

- La résorption s'arrête une fois que la canine est éloignée du site de l'incisive latérale,
- On peut déplacer orthodontiquement la dent résorbée sans que la résorption ne s'aggrave,
- l'incisive résorbée sévèrement a un taux de survie élevé,
- tout traitement endodontique prophylactique de l'incisive résorbée est contre-indiqué,
- l'incisive résorbée reste vitale et garde son apparence et sa couleur à long terme,

- L'incisive latérale résorbée présente un faible degré de mobilité,
- le support osseux s'améliore quelque temps après l'éloignement de la canine
- la contention de la dent résorbée n'est pas nécessaire bien qu'elle soit souvent recommandée à la fin de l'alignement orthodontique.

Cette étude révèle qu'une incisive résorbée, même sévèrement, par une canine incluse peut être conservée et présenter un bon pronostic.

Ces conclusions ne s'appliquent, toutefois, pas aux autres causes de résorptions (internes et de remplacement).

Becker et Chaushu (2005) conseillent fortement d'anticiper les traitements en isolant au plus vite la canine de l'incisive latérale avant même de commencer le traitement d'orthodontie.

Ils encouragent les orthodontistes à ne pas sous-estimer le pronostic des incisives résorbées, même lorsque les racines sont très courtes. Sur la base de ces observations, il faudra, tout de même, dépister l'inclusion des canines et les résorptions le plus tôt possible, afin d'avertir le patient des risques encourus et anticiper le plan de traitement en évitant que la résorption ne s'aggrave et «sauver» la dent tant qu'il est encore temps.

Ces résultats encourageant sont évoqués par Becker (2012).

Dans son ouvrage, il rapporte le cas d'une incisive latérale résorbée en quasi totalité avec une superposition quasi complète de la canine incluse, mise en évidence à l'OTP. (Photographie 10)

Une fois la canine en place sur l'arcade, des radiographies péri-apicales montrent que la racine de l'incisive latérale est moins résorbée qu'on ne le pense. La face vestibulaire de la racine a été «rasée» laissant une longue spicule palatine de racine. (Photographie 11)

7,6 ans après le traitement, les radiographies péri-apicales et panoramiques ne montrent pas de modification de l'incisive résorbée et cliniquement, la dent reste asymptomatique.

(Photographie 12)



Photographie 10: OTP pré-opératoire avec mise en évidence de 23 incluse superposée à la racine de 22. La résorption touche la quasi totalité de la racine (Becker, 2012).



Photographie 11: radiographie rétro alvéolaire, 5 mois après chirurgie.(Becker, 2012)



Photographie 12: Orthopantomogramme (OTP) réalisé 7,6 ans après traitement. 22 est asymptomatique. (Becker, 2012)

VI. Diagnostic de l'inclusion des canines

Le diagnostic de l'inclusion des canines repose sur un examen clinique et radiologique précis.

L'anamnèse permet de recueillir les facteurs généraux et de rechercher d'éventuelles informations concernant une possible prédisposition génétique (Delsol et Ortie, 2006) ou encore un traumatisme dans la petite enfance (choc incisivo-canin), il précède l'examen clinique. Ce dernier se fait en deux temps : un examen exobuccal et un examen endobuccal.

1. Examen clinique

A. Examen Exobuccal

L'examen clinique exobuccal doit être systématique même si les signes exo-buccaux d'inclusion sont rares et discrets. La palpation du sillon naso-génien et de la région sous nasale permet quelque fois de détecter une tuméfaction dure et non douloureuse correspondant à une canine incluse en position vestibulaire haute (Schmitt, 2000).

L'examen des articulations temporo-mandibulaires est impératif, la présence de claquements ou de craquements peut être liée à l'absence de protection canine (Delsol et Orti, 2006).

B. Examen Endobuccal (Schmitt, 2000)

L'examen clinique endobuccal se fait en deux temps: inspection et palpation.

Il permet de suspecter l'inclusion d'une canine si le patient présente :

- une canine permanente absente après sa date normale d'éruption,
- une canine lactéale persistante,
- une voussure palatine ou vestibulaire, mise en évidence à l'inspection puis à la palpation, lorsque la canine n'est pas à sa place sur l'arcade après sa date d'éruption physiologique.

Si à 11 ans, la canine n'est pas palpable et n'a pas encore fait son éruption, il faut suspecter une inclusion haute et demander un examen radiographique complémentaire.

Selon Ericson et Kurol (1988), une canine palpable à 10 ans est un signe d'éruption normal.

D'autres éléments de l'examen endobuccal peuvent également faire suspecter une inclusion canine, il s'agit :

- d'une déviation de la ligne médiane,
- d'un diastème inter-incisif : En cas d'inclusion canine, l'espace entre l'incisive latérale et la prémolaire n'est pas fermé, ce qui empêche le rapprochement inter-incisif.
- d'une diminution marquée, sur l'arcade, de l'espace nécessaire à l'éruption de la canine,
- d'une dysharmonie dento-maxillaire,
- d'une brachygnathie maxillaire,
- d'une classe II division 2,
- d'une version des dents adjacentes.

Si l'incisive latérale est versée vestibulairement de manière accentuée, on doit suspecter une inclusion vestibulaire de la canine. Il s'agit du signe de Quintero (1936). De même une incisive latérale versée palatinement permet de faire suspecter une inclusion palatine. Ainsi, l'étude du déplacement des dents adjacentes permet de prédire la position probable de la canine incluse en l'absence d'examen radiographique.

Parfois le patient peut présenter une mobilité de la dent permanente adjacente due à une résorption radiculaire. De même, une incisive latérale manquante ou malformée devra attirer notre attention car ces signes sont souvent associés à des canines incluses.

A l'examen endobuccal il faut aussi rechercher des douleurs à la palpation, une muqueuse inflammatoire rouge et oedematisée qui indiquent souvent la présence d'une complication infectieuse (Schmitt, 2000).

Si le dépistage ne se fait pas cliniquement, on peut mettre en évidence l'inclusion à l'examen radiographique qui suit, il s'agit très souvent d'une découverte fortuite.

**PARTIE II: L'examen radiographique en cas de
suspicion d'inclusion:
Les avantages du CBCT, les problèmes liés à son
utilisation systématique.**

PARTIE II: L'examen radiographique en cas de suspicion d'inclusion:

Les avantages du CBCT, les problèmes liés à son utilisation systématique

Selon Ericson et Kurol (1987), chez 8 à 10 % des patients de plus de 10 ans, un examen radiographique est nécessaire pour préciser la localisation de la canine incluse et ses relations avec les structures voisines. L'examen radiologique confirme les suspicions d'inclusion apportées par l'anamnèse et l'examen clinique. Plusieurs types d'examens radiographiques peuvent être réalisés mais certains ont un intérêt limité. Ainsi une étude de Southall et Gravely réalisée en 1989 chez les orthodontistes et les chirurgiens oraux a montré que 78% d'entre eux effectuaient plus de deux clichés radiographiques pour décrire la position d'une canine incluse et établir un plan de traitement. Selon cette même étude, 23% d'entre eux réalisaient au moins 4 clichés.

Un examen radiographique de qualité est nécessaire mais il faut également prendre en compte le risque évident lié à l'irradiation du patient. C'est ce rapport bénéfice/risque qui détermine l'attitude à adopter. L'examen radiologique doit permettre de localiser de la manière la plus précise la canine incluse, de déterminer le plan de traitement, la voie d'accès chirurgicale, ses rapports de voisinage, de mettre en évidence une ou plusieurs complications (résorptions des incisives latérales, lésion kystique, processus tumoral...) et d'évaluer, quand cela est possible, leur sévérité.

I. Examens radiographiques

1. Examen radiographique endobuccal

Afin de dépister l'inclusion d'une canine, des techniques de radiographie endobuccale peuvent être exploitées, mais, de nos jours, celles ci ont un intérêt limité.

A. Les radiographies rétro-alvéolaires

Les radiographies rétro-alvéolaires sont des radiographies simples à obtenir, elles sont réalisées en première intention et donnent une image de la dent incluse et de ses rapports avec les structures environnantes. La technique long cône vise à réduire au maximum les distorsions en augmentant la distance entre la source de rayons et la dent, et en respectant la règle de l'orthogonalité du rayon directeur à l'objet, permettant ainsi d'obtenir une image nette.

La méthode de Pordes, Ewan et Clark (Schéma 1) consiste en la réalisation de deux clichés successivement mésiocentré puis distocentré. Si, sur le deuxième cliché, la dent semble se déplacer dans le même sens que le tube, elle est palatine, si elle se déplace dans le sens inverse, elle est vestibulaire. (Chambas, 1997)

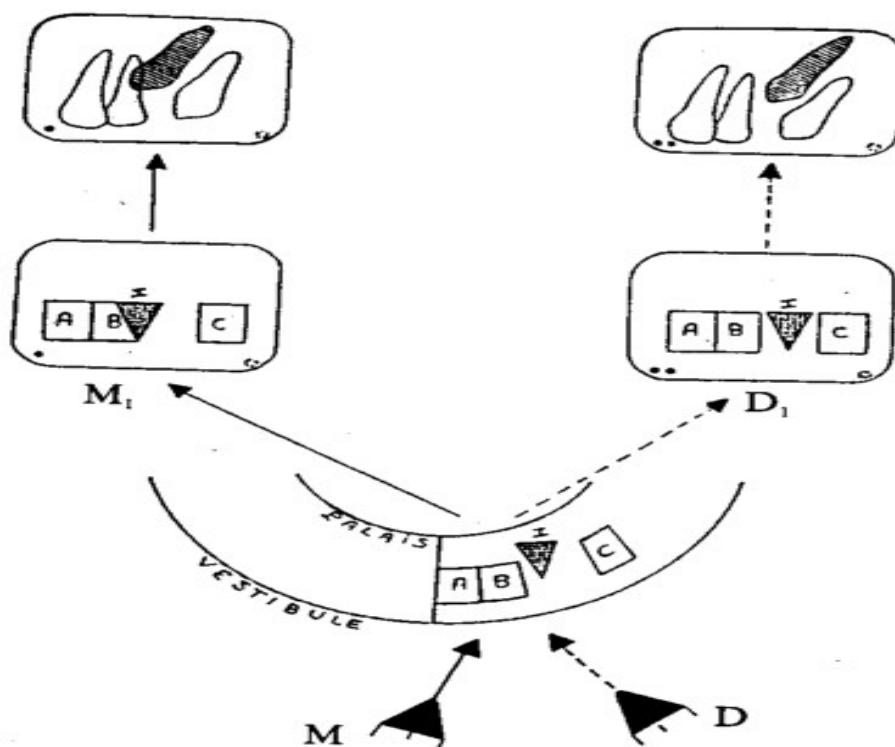


schéma 1: Schéma d'incidences excentrées horizontales (Pordes, Ewan et Clark)

Sur le cliché M1, le cône de l'appareil est orienté mésialement par rapport à la dent repère B. Sur le cliché M2, le cône est orienté distalement par rapport à B. La canine incluse s'est éloignée de B d'un cliché à l'autre. L'inclusion est donc palatine.

Cependant, cette technique de radiographie présente de nombreux inconvénients. Selon Cazevian et coll (2005), elle donne une image en deux dimensions d'une structure qui a trois dimensions, elle ne permet pas une localisation précise de la dent incluse.

B. Les films occlusaux

Les films occlusaux nous permettent de visualiser la dent dans les deux plans de l'espace: antéro-postérieur et transversal. Il existe deux incidences occlusales qui apportent des informations complémentaires.

L'incidence ortho-occlusale, dite de Simpson, détermine la topographie de la racine et de la couronne de la canine dans le plan horizontal et l'incidence dysocclusale latérale étudie la morphologie radiculaire de la canine et des dents voisines, ainsi que le rapport de la racine de la canine avec le sinus et ou la fosse nasale.(Cazévian et Pasquet, 2005)

Parmis les inconvénients liés à cette technique on trouve le risque de superposition des structures sur le cliché, comme l'os frontal sur le plan incisif. De même, il est plus difficile de visualiser une canine incluse en position vestibulaire, ceci nécessite une irradiation longue du cerveau et des yeux.

2. Examen radiographique exobuccal

A. L'orthopantomogramme

L'orthopantomogramme (OTP) permet d'obtenir une vision de l'ensemble de la cavité buccale et des structures osseuses environnantes. C'est un examen simple de réalisation, de faible coût et surtout peu irradiant. Cet examen radiologique a longtemps été considéré, dans la localisation des canines incluses, comme un simple cliché d'informations. Cependant, au vu des différentes études et à la suite d'un examen clinique bien mené, il peut s'avérer suffisant pour l'établissement de la thérapeutique chirurgicale et orthodontique. Ainsi selon Ericson et Kurol (1988) cités par Agnini (2007), l'OTP permet de mettre en

évidence la rétention, la localisation de la canine incluse maxillaire, et dans certains cas, nous permet de dépister une éventuelle résorption radiculaire.

Une radiographie panoramique doit donc être effectuée chez tous les enfants de huit à dix ans afin de prévenir une éventuelle inclusion (Thèse Koné, 2010).

L'OTP permet de prédire une inclusion canine dans 80% des cas (Ericson et Kuroi 1987).

Selon Masson C. et Coll. (2001), un OTP associé à une radiographie occlusale permet de détecter 90% des canines maxillaires incluses palatines.

Cependant, cette technique présente également des inconvénients: l'OTP ne donne aucune information nette sur l'atteinte des incisives maxillaires, sinon une simple suspicion d'éventuelle résorption de la racine de l'incisive latérale. D'autre part, l'agrandissement, la distorsion et la déformation de l'image constituent un obstacle à l'interprétation des clichés. Enfin, il s'agit toujours d'une image en deux dimensions qui superpose des structures contenues dans un volume en trois dimensions sur un plan.

Elle donne des informations sur la hauteur d'inclusion, l'axe général de la dent et son voisinage mais elle ne permet pas de localiser la canine maxillaire dans le sens antéro-postérieur. Les localisations vestibulaire et palatine doivent, alors, toujours être évaluées parallèlement à des examens radiographiques plus performants. Ainsi l'orthopantomogramme ne peut, à lui seul, établir le diagnostic final.

Son image est nécessaire en première intention, mais est ensuite complétée par des clichés rétro-alvéolaires et/ou occlusaux. Jusqu'à maintenant, ce n'est qu'au terme de cette évaluation simple que l'imagerie sectionnelle est envisagée.

B. La téléradiographie Orthodontique

La téléradiographie est réalisée pendant la consultation chez l'orthodontiste. Ce dernier effectue une analyse céphalométrique des clichés aux différentes étapes du traitement d'orthodontie.

Il existe plusieurs incidences: la téléradiographie en occlusion, elle est réalisée de profil, il s'agit du cliché de base, plan de Francfort à l'horizontal et source radiogène située à 4 mètres du patient. Dans le diagnostic des inclusions des canines maxillaires, la vue de profil est extrêmement importante: elle renseigne le praticien sur la position verticale et sagittale de la canine incluse et nous permet également d'évaluer les rapports de la canine avec les fosses nasales. Cependant, la vue de profil présente aussi un inconvénient dans les cas d'inclusion

canines bilatérales puisque les deux canines se superposent, ce qui peut induire en erreur (Becker A, 2007).

La téléradiographie de face est peu utilisée dans la pratique, elle s'effectue également avec le plan de Francfort positionné à l'horizontal, elle détermine l'orientation du germe dans le sens transversal. Enfin la téléradiographie axiale, d'indication limitée dans les cas de canines incluses, donne une projection excellente des arcades et offre une bonne image en projection sur les plans de Francfort ou sur le plan occlusal. (Cazévian, Pasquet. 2005)

Ainsi, il est possible, avec les clichés obtenues par les différentes techniques citées précédemment (clichés rétro alvéolaires, radiographie occlusale , OTP, téléradiographie de face et de profil) de se faire une reconstitution mentale en trois dimensions de la canine et de sa position par rapport aux structures voisines et ainsi d'établir le plan de traitement adapté (Becker, 2007).

Aujourd'hui, et ce depuis plus de soixante ans, avec la découverte de la tomodynamométrie et, plus récemment, du cone-beam, ces radiographies ont été rétrogradées au second plan et la reconstruction 3D mentale laisse la place à une reconstruction 3D numérique. Mais ces techniques sont irradiantes et ont toujours été pratiquées en seconde intention car se pose la question éthique de leur utilisation systématique.

C. Le scanner, CT- Scan ou Tomodynamométrie

Le scanner ou CT-Scan est une technique de radiologie nous permettant d'obtenir des coupes tridimensionnelles et ainsi de repérer et localiser précisément une canine incluse. Il permet une meilleure évaluation de la région apicale de la canine, une meilleure identification d'une éventuelle dilacération et une meilleure identification des résorptions des dents adjacentes (Susanne Wriedt et coll, 2012).

De nombreuses études ont montré l'intérêt de réaliser un CT-Scan dans les cas d'inclusions de canines, notamment celle de Kurol et Ericson (1987). Ces derniers mettent en évidence la présence de deux fois plus de résorptions des incisives latérales sur le CT-Scan qu'en radiologie conventionnelle à deux dimensions. D'autre part, ils affirment que depuis l'utilisation du scanner, le diagnostic des résorptions est passé à 48% (Ericson et Kurol 2000).

Cependant le CT-Scan est une technique surdimensionnée pour l'étage maxillo-dentaire et, malgré ses avantages, son utilisation a été limitée compte tenu du coût, du rapport bénéfice/risque dosimétrique et de la nécessité d'une personne qualifiée pour les interpréter. Il est progressivement remplacé par le Cone Beam Computed Tomography (CBCT) dans l'exploration du massif dento-maxillaire.

D. Le Cone Beam Computed Tomography (CBCT)

Le CBCT ou tomographie volumique à faisceau conique de la face est une technique utilisant un générateur de rayons X qui émet un faisceau de forme conique traversant l'objet à explorer avant d'être analysé par un système de détection. L'acquisition se fait dans les différents plans de l'espace puis les données sont transmises à un ordinateur pour reconstruction volumique. Il est reconnu mondialement comme le moyen sectionnel de référence en imagerie diagnostique odonto-maxillofaciale. Le CBCT permet, comme le scanner, de déterminer la localisation, l'orientation spatiale de la canine incluse et ses relations avec les structures adjacentes. La résolution spatiale du CBCT est submillimétrique et certains logiciels permettent après calcul mathématique d'amener la résolution à 80 μm . (Cavézian et Pasquet, 2011)

Sa fiabilité et sa résolution spatiale ne sont donc pas inférieures à celles du scanner pour l'exploration des tissus durs tels que l'os ou les dents, en revanche il ne permet pas la mesure des densités. Liang, Jacob et coll comparent, en 2009, la qualité des images entre 5 machines CBCT différentes et un scanner Rx sur une mandibule immergée dans l'eau et concluent que la qualité des images CBCT est comparable, voire même supérieure à celle du scanner.

Le CBCT a un temps d'acquisition moins long que le scanner et la dose qu'il délivre est 1,5 à 12 fois moins importante que celle délivrée par le scanner mais reste significativement plus élevée que celle exploitée en radiologie conventionnelle. En effet, les doses sont 4 à 42 fois supérieures à l'examen panoramique (Ludlow et coll, 2006).

De même, selon l'appareil CBCT utilisé, les doses varient et avec un même appareil, les doses peuvent varier selon le volume exploré et les paramètres sélectionnés. Elles sont d'autant moins élevées que les champs explorés et les paramètres choisis sont réduits (Schulze et coll, 2004).

Le CBCT est, par ailleurs, moins sensible aux artefacts métalliques que le scanner

(Mischkowski et coll, 2008), ce qui rend plus aisée la réalisation de cet examen chez des patients appareillés orthodontiquement. Mais il est plus sensible aux artefacts cinétiques du patient auquel des consignes d'immobilité sont données; l'appareil n'effectuant qu'une seule rotation autour de ce dernier.

II. Protocole d'imagerie

Après avoir mené un examen clinique de manière rigoureuse, il faut suivre un protocole d'imagerie. Selon l'HAS (2009): «toute première évaluation radiologique de la face et des dents doit se faire sur des appareils d'imagerie diagnostique largement diffusés ; l'imagerie de coupe, si elle s'avère nécessaire, ne sera envisagée que dans un second temps»

En général, l'orthopantomogramme sera réalisé en première intention, après l'examen clinique, et préféré aux techniques rétro-alvéolaires. La canine incluse est alors localisée dans un plan frontal, et le cliché nous renseigne sur ses rapports avec les dents voisines. Certains praticiens complètent cet examen par un ou plusieurs clichés sur films mordus afin d'avoir des renseignements dans le plan transversal. L'imagerie en deux dimensions superpose des structures contenues dans un volume en trois dimensions sur un plan, il appartient à l'imagerie en coupe de discriminer les éléments superposés. C'est donc seulement si les méthodes simples s'avèrent insuffisantes que le praticien prescrit alors un examen en trois dimensions tel qu'un scanner ou un CBCT qui trouve son indication dans les situations complexes comme les cas de suspicions de résorptions radiculaires, lésions kystiques , transpositions, dysmorphies radiculaires, superpositions importantes...(Cazévian et Pasquet, 2005)

Le protocole décrit ci-dessus, est, en général, celui suivi par la majorité des chirurgiens dentistes et est conforme aux principes de «justification, limitation, optimisation». Cependant, les données de la littérature, où l'on prouve que de nombreuses découvertes fortuites de résorptions radiculaires et d'autres complications des canines incluses sont faites au moyen du CBCT, nous poussent à nous poser la question de l'utilisation systématique du CBCT en première intention dans les cas de canines incluses maxillaires.

III. Intérêt de la Tomodensitométrie et du CBCT dans la localisation précise des canines incluses et dans le dépistage des résorptions radiculaires voisines

L'examen radiographique constitue une étape essentielle dans la procédure diagnostique d'une canine incluse. Jusqu'à aujourd'hui, l'imagerie en deux dimensions est choisie préférentiellement à l'imagerie volumique en raison de la faible dose de rayons X qu'elle exploite et de sa facilité d'utilisation dans un cabinet dentaire classique.

Pendant des années, de nombreuses techniques de radiologie conventionnelles ont été utilisées, seules ou en association, pour diagnostiquer une éventuelle résorption radiculaire des dents voisines à la dent incluse. Ces techniques sont insuffisantes et mènent à des erreurs d'interprétation.

Selon Becker et Chaushu (2010), toute résorption radiculaire d'une incisive latérale, liée à une canine incluse vestibulairement ou palatinement, sera localisée respectivement sur la face vestibulaire ou palatine de l'incisive latérale. Cette résorption sera détectée, avec la radiographie conventionnelle, dans les cas où la taille de la racine de l'incisive latérale est réduite ou bien si la résorption a altéré la racine dans le sens mésio-distal.

Si, avec différentes incidences, une série de films radiographiques est réalisée, et que l'angle de prise de chaque image est déterminé, il est possible d'arriver à une reconstruction mentale en trois dimensions de la canine et des structures environnantes.

Cependant, de nombreuses erreurs d'interprétation ou de calculs peuvent être commises, cette méthode demande beaucoup plus d'investissement et de temps que le CBCT et le résultat n'a pas la même précision (Becker 2012).

Le Cone Beam peut localiser très précisément une canine incluse ainsi que la position et l'extension exacte d'une résorption radiculaire (Alqerban, Jacobs et coll,2009).

1. Dépistage des résorptions radiculaires liées au canines incluses.

Ericson et Kurol en 1987, trouvent, dans leur étude, que 12,5 % des canines incluses étudiées, chez des patients de 10 à 13 ans, sont à l'origine de résorptions radiculaires des incisives latérales voisines. Ces résultats trouvés, à la radiographie intra-orale d'abord puis confirmés au scanner, mettent en évidence une fréquence de résorptions radiculaires deux fois plus importante que celle détectée par la radiologie conventionnelle. (Alqerban, Jacobs et coll, 2009)

En 2000, Erikson et Kurol réalisent une étude auprès de 107 enfants, sur 156 canines ectopiques avec des clichés radiographiques conventionnels et des clichés obtenus par scanner. Après analyse des scanners, il s'avère que 38 % des incisives latérales voisines aux canines incluses sont résorbées et 9 % des incisives centrales. Ce qui correspond à 48 % des patients de l'étude. La radiologie conventionnelle, quant à elle, a nettement sous-estimé le nombre de résorption et leur sévérité. Sur les 34 résorptions sévères dépistées au scanner, seules 12 sont mises en évidence avec la radiologie en 2 dimensions.

Les études se succèdent. En 2009, Algerban et coll réalisent des Cone Beam et des radiographies panoramiques sur des cadavres d'enfants en denture mixte pour comparer la précision des deux appareils dans la détection des résorptions radiculaires induites par les canines incluses. Ils concluent leur étude en montrant que le CBCT détecte mieux les résorptions que la radiologie conventionnelle. ($p < 0,05$)

En 2010, Haney et coll, dans une étude prospective sur 25 canines incluses maxillaires, comparent la radiologie deux dimensions comme l'OTP, la radiologie occlusale, et les rétro-alvéolaires au CBCT. Pour 37 % des éléments analysés, les résultats obtenus sont différents. Les cliniciens placent leur confiance dans le CBCT dans la majorité des cas afin d'établir un diagnostic correct et un plan de traitement satisfaisant. ($p < 0,001$)

En 2011, Algerban, Jacobs et coll, mènent une étude sur 60 patients, avec un total de 89 canines incluses. Les patients sont divisés en 2 groupes d'exposition. Le groupe A est soumis à un OTP et au CBCT Accuitomo -XYZ et le groupe B à un OTP et au Scanora 3D CBCT. Les multiples examinateurs doivent analyser 120 clichés et déterminer différents facteurs (localisation de la canine, largeur du sac folliculaire, résorption de la dent déciduale, présence de résorptions radiculaires, proximité etc...) Les résultats de l'étude montrent que, quelles que soient les variables, la variation inter-examineur est beaucoup plus faible dans les analyses de Cone Beam par rapport aux analyses d'OTP. D'autre part, les résultats montrent également que les résorptions radiculaires sont plus facilement mises en évidence au CBCT. Ainsi dans le groupe A, les examinateurs trouvent 54% de résorptions au CBCT et seulement 30% à l'OTP.

L'OTP semble être, là encore, une méthode inadéquate pour la détection et la description des résorptions radiculaires.

2. Localisation et caractéristiques de la canine incluse déterminées au CBCT.

De nombreuses études ont été menées pour montrer l'intérêt du CBCT dans le diagnostic d'inclusion canine afin de localiser très précisément cette dernière de manière à pouvoir intervenir chirurgicalement et orthodontiquement.

En effet, le pronostic de la canine incluse ne peut être donné qu'une fois que l'on connaît sa position exacte (Litsas et Acar, 2011).

Ainsi, en 2010, Botticelli, Carlalberta et coll, publient une étude menée au Danemark sur 27 patients, avec un total de 39 canines incluses. Pour chaque canine, on dispose d'une radiographie panoramique, une téléradiographie de profil, des radiographies rétro-alvéolaires et d'un CBCT. Ces clichés sont ensuite soumis à 8 chirurgiens dentistes qui doivent, dans un premier temps, déterminer la position de la canine et la présence de résorptions radiculaires sur les incisives latérales voisines. Dans un second temps, les examinateurs doivent estimer la difficulté du cas et la qualité des images visualisées et enfin choisir une stratégie thérapeutique appropriée. Les résultats montrent une différence importante dans la localisation des canines incluses selon que l'on les analyse sur des coupes en deux dimensions ou au CBCT.

D'autre part, de nombreuses résorptions sont dépistées au CBCT et de manière statistiquement significative. Quant au plan de traitement, après lecture des clichés en deux dimensions, les praticiens optent plus souvent pour un traitement d'observation alors qu'une intervention active basée sur de l'expansion et un maintien de l'espace est plus souvent recommandée après lecture des clichés 3D. Enfin les examinateurs préfèrent la qualité des images fournies par le CBCT.

En 2013, Lai, Bornstein et coll réalisent une étude sur un plus grand échantillon.

L'étude inclut 113 patients et 134 canines incluses sont analysées rétrospectivement sur les images CBCT. Les examinateurs déterminent alors les positions sagittale, verticale et transversale des canines, le type d'inclusion (complète, incomplète), le stade de développement des racines des canines, la taille du sac folliculaire, la présence ou non de la canine déciduale, la morphologie des incisives latérales, la proximité ou le contact direct avec la racine de l'incisive latérale, la présence d'une résorption radiculaire de l'incisive latérale et le cas échéant, sa localisation et sa sévérité. Trois examinateurs analysent les clichés.

Les données sont ensuite soumises à analyse statistique et reliées les unes aux autres. Les résultats montrent qu'il y a un lien entre la proximité radiculaire ($<0,5\text{mm}$) et la présence de résorptions. Le risque de résorptions est plus élevé quand les racines des canines sont apexifiées. Les examinateurs trouvent également un lien, non statistiquement significatif, entre la position vestibulaire des canines incluses et la présence des résorptions et montrent qu'il y a moins de résorptions quand la pointe canine est localisée de manière supra apicale à l'incisive latérale voisine ou au niveau de son tiers coronaire.

Le CBCT apporte donc des informations précises sur la localisation de la canine incluse, ce qui est d'une importance capitale pour programmer et anticiper l'exposition chirurgicale (Becker & CO, 2010).

Bjerklin et Ericson (2006) montrent que, presque 44% des plans de traitement doivent être modifiés après une analyse au CBCT.

Ainsi, les informations données par une analyse tridimensionnelle au CBCT sont significativement plus nombreuses et plus précises que celles données par la radiologie conventionnelle et permettent d'établir un diagnostic précis et un plan de traitement adapté à la situation clinique. Ceci constitue la conclusion d'une étude menée par Rossini G. et coll, qui comparent, en 2012, les différentes études effectuées entre 1998 et 2011 sur l'utilisation et les avantages du CBCT dans le dépistage des canines incluses. Rossini effectue ses recherches avec Pubmed et Embase, et sur les 94 articles qu'elle découvre, seuls 5 sont inclus dans l'étude. Ces 5 études sont alors analysées précisément. Il en résulte que le CBCT est la méthode la plus appropriée dans la détection des canines incluses, qu'elle est supérieure aux autres méthodes de radiologie conventionnelle pour visualiser la région maxillo-faciale et que cette méthode constitue une aide diagnostique dans la localisation de la canine incluse et dans la mise en évidence des complications que l'inclusion entraîne. Enfin la recherche de Rossini montre clairement le manque d'études, statistiquement significatives, menées dans la littérature au sujet de l'utilisation du CBCT dans le diagnostic d'inclusion.

Il est donc évident que le CBCT facilite, à la fois, le travail de l'orthodontiste et celui du chirurgien et qu'il garantit une meilleure prise en charge du patient.

Cependant, malgré les avantages du CBCT, il est important de considérer la dose

d'irradiation que cette technique nécessite en comparaison avec la radiographie conventionnelle dont se sont servis les chirurgiens dentistes et les orthodontistes pendant de nombreuses années (Lai, Bornstein et coll, 2013).

IV. Peut-on envisager une utilisation systématique du CBCT ?

1. Aspects dosimétriques.

A. Effets biologiques liés à l'exposition aux rayons X.

Il existe deux types d'effets néfastes liés aux rayons X: les effets stochastiques et les effets déterministes.

Les effets déterministes sont caractérisés par une dose-seuil au dessus de laquelle les effets sont obligatoires. En-dessous de cette dose-seuil aucun effet n'est observable.

Les effets stochastiques ou probabilistes peuvent apparaître quelle que soit la dose de rayons X reçue. Il n'y a pas de seuil. Ils apparaissent, en général, longtemps après l'irradiation. Il s'agit, le plus souvent, de cancers.

L'existence des effets stochastiques après réalisation de radiographies dentaires explique l'importance de la mise en œuvre des moyens de radio-protection. (Foucart, 2007)

B. Comparaison de la dose efficace dans les différentes méthodes d'imagerie

Le concept de «dose efficace» est introduit en 1977 par la Commission internationale de protection radiologique.

Par définition, la dose efficace permet d'évaluer le risque d'apparition des effets stochastiques chez l'Homme. Elle permet de traduire une exposition locale (en mGy) en terme d'exposition globale du corps entier en faisant intervenir deux types de facteurs de pondération: ceux liés à la qualité du rayonnement et ceux liés à la radiosensibilité tissulaire. La CIPR (commission internationale de protection radiologique) revoit régulièrement l'intitulé des tissus concernés et la qualité des valeurs tissulaires dans un sens toujours plus pessimiste.

La dose efficace permet une comparaison entre différentes radiations ionisantes. (Cazevian et Pasquet, 2011).

Les procédures d'imagerie, les paramètres et les modalités utilisés modifient le risque théorique associé. (Tableau 1)

Comparaison des doses efficaces selon les modalités et techniques de radiographie odonto-stomatologique d'après Foucart *et al.*

<i>Modalité d'imagerie</i>	<i>Dose efficace moyenne (μSv)*</i>	<i>Risque théorique (cancer léthal/ million)</i>
Cliché rétro-alvéolaire / rétrocoronaire	1 - 8	≤ 0,5
Bilan rétro-alvéolaire (20 films)	30 - 150	≤ 8
Cliché occlusal maxillaire	8	≤ 0,5
Panoramiquedentaire	4 - 30	≤ 2
Téléradiographie de profil	2 - 3	≤ 1
Tomographie (1 coupe)	1- 190	≤ 14
Tomodensitométrie max. ou mand.	75 - 100	≤ 10
Tomodensitométrie du crâne	400 - 1000	≤ 75
Tomographie volumique "grand champ"	70 - 550	≤ 50
Tomographie volumique "moyen champ"	70 - 550	≤ 50
Tomographie volumique "petit champ"	5 - 500	≤ 45

*: ICRP 2007

Tableau 1 : Doses efficaces selon les modalités et techniques de radiographie odonto-stomatologique (rapport d'évaluation technologique de l'HAS 2009)

Le risque théorique de développer un cancer léthal est environ quatre vingt dix fois plus important après réalisation d'une tomographie volumique «petit champ» qu'après réalisation d'un cliché rétro alvéolaire (Tableau 1). D'autre part, la réalisation d'une tomodensitométrie du crâne est associé à un risque presque deux fois plus élevé de développer un cancer léthal qu'avec une tomographie volumique «petit champ».

En 2006, Ludlow et al, comparent la dosimétrie de trois appareils cone beam différents à champs large de 12 pouces: le New tom 3G, le Mercuray et l'appareil i-CAT (tableau 2).

Technique	E (uSv) 1990 ICRP ¹³ w _T	E (uSv) 2005 ICRP ¹⁴ w _T	Dose as multiple of single panoramic dose (ICRP 1990) ¹³	Dose as multiple of single panoramic dose (ICRP 2005 draft) ¹⁴	Dose (ICRP 1990) ¹³ as % of annual per capita background	Dose (ICRP 2005 draft) ¹⁴ as % of annual per capita background
NewTom 3G – 12" FOV	44.5	58.9	7	4	1.2%	1.6%
NewTom 9000 – 9" FOV ¹¹	36.9	51.7	6	4	1.0%	1.4%
Mercuray – 12" FOV 15–120 avg	846.9	1025.4	132	78	23.5%	28.5%
Mercuray – 12" FOV 10–100	476.6	557.6	74	42	13.2%	15.5%
Mercuray – 9" FOV	288.9	435.5	45	33	8.0%	12.1%
Mercuray – 6" FOV (maxillary)	168.4	283.3	26	21	4.7%	7.9%
i-CAT – 12" FOV	134.8	193.4	21	15	3.7%	5.4%
i-CAT – 9" FOV	68.7	104.5	11	8	1.9%	2.9%
Panoramic (OrthoPhos Plus DS) ¹¹	6.3	13.3	1	1	0.2%	0.4%
Maxillo- mandibular CT scan ¹⁷	2100		336		58.3%	
Maxillary CT scan ¹⁷	1400		224		38.9%	

FOV, field of view

Tableau 2 : Comparaison de la dose efficace E pondérée par le facteur tissulaire Wt comme multiple de celle de l'image panoramique et du pourcentage de l'irradiation naturelle annuelle selon la source de rayons X. (Ludlow et al,2006)

Selon Scarfe et Farman, l'irradiation individuelle par an serait en moyenne de 3,6 mSv aux États unis.

La comparaison se fait également avec les appareils à champs réduits de 9 pouces.

Au moment de l'étude, le New tom 3G n'avait pas encore la possibilité de réduction de son champ de 9 à 6.

Après lecture des résultats de l'étude (tableau 2), pour un champs de 12, dans le calcul ICRP 2005, il s'avère que la dose efficace du i-CAT est 3,3 fois plus importante que celle du New Tom 3G et celle du Mercuray 9,5 fois.

Le NewTom 3G délivre un champ de 12 pouces équivalent à 4 à 6 jours d'irradiation naturelle, ou équivalent à la réalisation de 4 OTP (ICRP 2005), ce qui est nettement inférieur aux autres CBCT ou encore au Scanner (STOMATOM 64, Siemens) dont la dose utilisée correspond à celle de 336 OTP.

En 2008, Ludlow reprend cette évaluation en tenant compte des recommandations de l'ICRP 2007 qui confirment la place des glandes salivaires dans la liste des tissus considérés.

La dose efficace, tenant compte de la radiosensibilité des tissus, augmente, et le risque associé également. Par contre l'équivalent dose/nombre de panoramiques (OTP) décroît et la réalisation d'un cliché CBCT avec l'appareil NewTom 3G (grand champ) irradie autant que la réalisation de 3 OTP. (Cazévian, Pasquet, 2011)

Les découvertes consécutives ont incité à réduire les doses délivrées par les examens Scanner mais le CBCT garde l'avantage d'être l'examen, permettant une évaluation tridimensionnelle, le moins irradiant.(Cazévian, Pasquet, 2011).

Cependant, quelque soit l'examen radiographique, des principes de radioprotection doivent être respectés.

2. Utilisation du CBCT dans les cas d'inclusion des canines: Mesures de radioprotection

La radioprotection a pour objectif de protéger les personnes contre les dangers des rayonnements ionisants tout en leur permettant de les utiliser.

Elle repose sur les principes de justification, d'optimisation et de limitation. (HAS 2009)

A. Justification

La justification de l'examen est nécessaire. Selon ce principe, l'examen réalisé doit être plus bénéfique pour le patient que la réalisation d'un examen non irradiant ou moins irradiant.

Toute exposition doit être précédée d'une analyse du rapport bénéfice/risque.

L'article R. 1333-56 du code de la santé publique demande de s'assurer qu'il n'existe aucune autre technique de radiologie d'efficacité comparable et comportant moins de risques.

Comme expliqué précédemment, et après comparaison avec les autres méthodes: Le CBCT a clairement démontré sa suprématie en terme d'efficacité dans le diagnostic d'inclusions des canines et dans l'identification des résorptions qu'elles induisent.

Selon les recommandations de l'HAS: «Afin de limiter la multiplication non appropriée des actes de radiodiagnostic, les praticiens doivent collecter les fichiers préalables, afin de les

étudier et évaluer la nécessité de clichés radiographiques complémentaires.»

Tout acte radiographique délégué doit être consigné par écrit. Le demandeur doit justifier sa demande au réalisateur qui doit l'approuver.

Selon l'article du CSP R. 1333-66: «tout acte radiologique doit donner lieu à un compte rendu qui, outre l'interprétation, reprend les éléments justifiant l'acte radiologique, les paramètres d'optimisation de l'exposition retenus et les informations utiles à l'estimation de la dose reçue par le patient.»

Enfin le patient doit être tenu informé des risques encourus et doit donner son accord verbal.

B. Optimisation

Le deuxième concept est celui de l'optimisation. Il suit le principe de l'ALARA: «as low as reasonably achievable», c'est à dire que la dose délivrée est abaissée au niveau le plus bas qu'il est raisonnablement possible d'atteindre, dans la limite de la réalisation d'un examen de qualité.

La dose délivrée doit être compatible avec la dose recommandée par les niveaux de référence diagnostiques (NRD).

L'optimisation repose sur :

- la qualité de l'installation de radiodiagnostic
- l'établissement de protocoles pour chaque type d'examen
- la détermination de la dose associée à la procédure
- la mise en place d'un programme d'assurance qualité

Dans le dépistage des canines incluses, on utilisera un appareil CBCT peu irradiant, et on réglera les paramètres et les constantes de façon à obtenir une image de qualité, tout en minimisant l'exposition du patient.

C. Limitation

Enfin, il faut mettre à disposition du patient tous les moyens de protection afin de limiter l'irradiation inutile des zones non explorées. L'utilisation systématique d'un tablier et d'un collier de plomb est recommandée.

D. Principes de base pour l'utilisation du CBCT selon l'Académie Européenne de radiologie Dento-maxillo-faciale (2009)

L'académie européenne de radiologie dento-maxillo-faciale a jugé nécessaire de publier des recommandations concernant la réalisation d'examens CBCT, étant donné la rapidité d'évolution et de diffusion de cette technique.

Vingt principes ont été retenus par consensus et serviront de base aux décisions législatives européennes pour la maîtrise de l'exploitation du CBCT (HAS, 2009).

Ces principes reprennent également les bases de la radioprotection décrites précédemment.

1. Les examens CBCT ne doivent pas être effectués sans qu'un historique du patient et un examen clinique n'aient été réalisés.
2. Les examens CBCT doivent être justifiés pour chaque patient, afin de démontrer que les bénéfices l'emportent sur les risques.
3. Les examens CBCT doivent potentiellement apporter des informations utiles à la prise en charge du patient.
4. il n'est pas souhaitable que les examens CBCT soient répétés en routine, sans qu'une nouvelle évaluation bénéfice/risque soit réalisée.
5. En adressant son patient à un autre praticien pour un examen CBCT, le dentiste référent doit fournir suffisamment d'informations cliniques (issues de l'historique du patient et de l'examen clinique) afin de permettre au praticien réalisant l'examen CBCT d'appliquer la procédure de justification
6. Les examens CBCT doivent seulement être réalisés quand la question pour laquelle l'imagerie est requise ne peut obtenir de réponse adéquate par une radiographie dentaire conventionnelle (traditionnelle) moins irradiante.
7. Les examens CBCT doivent faire l'objet d'une analyse clinique approfondie portant sur l'ensemble des données d'imagerie.
8. Quand il est probable que l'étude des tissus mous sera requise pour l'évaluation radiologique du patient, l'examen d'imagerie approprié sera le scanner médical conventionnel ou l'IRM plutôt que le CBCT.
9. L'équipement CBCT devrait offrir un choix varié de volumes d'exploration et l'examen doit utiliser le volume le plus petit compatible avec la situation clinique si cela permet une dose d'irradiation moindre du patient.

10. Quand l'équipement CBCT offre un choix varié de résolutions, il convient d'utiliser une résolution compatible avec un diagnostic adéquat et une dose minimale.
11. Un programme d'assurance qualité doit être établi et mis en œuvre pour chaque installation CBCT, incluant des procédures de contrôle de l'équipement, des techniques et de la qualité des examens.
12. Des aides au positionnement précis et à la stabilité du patient (*light beam markers*) doivent toujours être utilisées.
13. Toute nouvelle installation d'équipement CBCT doit subir un examen critique et des tests de contrôle détaillés avant usage afin d'assurer une radioprotection optimale du personnel, du public et du patient.
14. Les équipements CBCT doivent subir des tests de routine réguliers afin de s'assurer que la radioprotection du personnel et des patients ne s'est pas détériorée
15. Pour la radioprotection du personnel utilisant le matériel CBCT, les recommandations détaillées dans la section 6 du document radioprotection 136 de la Commission européenne, doivent être suivies.
16. Les utilisateurs d'un équipement CBCT doivent avoir reçu une formation théorique et pratique adéquate pour la pratique radiologique et une compétence suffisante en radioprotection.
17. Une formation continue est nécessaire après qualification, particulièrement quand un nouveau matériel ou de nouvelles techniques sont adoptées.
18. Les chirurgiens dentistes responsables d'un équipement CBCT qui n'ont pas reçu préalablement de formation adéquate théorique et pratique doivent subir une période additionnelle de formation théorique et pratique validée par une institution académique (université ou équivalent). Quand une qualification nationale de spécialité en radiologie dento-maxillo-faciale existe, la conception et la délivrance de programmes de formation en CBCT doivent impliquer un radiologue spécialisé en radiologie dento-maxillo-faciale.
19. Pour les images CBCT des dents, de leurs tissus de soutien, de la mandibule et du maxillaire jusqu'au plancher nasal (soit champ de vue 8×8 ou inférieurs), l'évaluation clinique (« commentaire radiologique ») doit être réalisé par un radiologue spécialisé en radiologie dento-maxillo-faciale ou si ce n'est pas possible, par un chirurgien dentiste correctement formé.
20. Pour des petits champs de vue non dentaires (par exemple os temporal) et pour toute image CBCT craniofaciale (champ de vue s'étendant au-delà des dents, de leur tissu de

soutien, de la mandibule, incluant l'ATM, et du maxillaire jusqu'au plancher nasal), l'évaluation clinique (« commentaire radiologique ») doit être réalisée par un radiologue spécialisé en dentomaxillo- facial ou par un radiologue clinicien (radiologue médical).

Ainsi, avant de pouvoir réaliser un CBCT sans soucis éthique ou médico-légal, il faut s'assurer que les principes de radioprotection sont respectés, et qu'il n'existe pas d'examen moins irradiant et pouvant nous procurer un résultat aussi précis et utile cliniquement.

Les études décrites précédemment montrent clairement l'intérêt du CBCT dans la localisation et la description exacte des canines incluses et dans le dépistage des résorptions radiculaires.

Elles ont montré que les images en deux dimensions présentent souvent des superpositions et ne sont pas suffisantes afin d'établir un bon diagnostic, le CBCT est souvent nécessaire. Cependant, comme Rossini l'évoque en 2012, il y a un manque d'articles pertinents dans la littérature, sur le sujet, qui justifieraient une utilisation quasi-systématique du CBCT chez les patients qui présentent une canine incluse. C'est dans ce contexte qu'une étude rétrospective sur 74 CBCT a été réalisée à la Faculté de Chirurgie dentaire de Strasbourg.

Partie III: Étude clinique

PARTIE III: Étude Clinique

Les études cliniques qui analysent la localisation des canines incluses maxillaires et qui décrivent les résorptions des incisives adjacentes sont relativement rares dans la littérature. Or les patients présentant des résorptions radiculaires des incisives latérales représentent un véritable challenge pour l'orthodontiste et le chirurgien oral. Le dépistage retardé de ces résorptions augmente la durée, la difficulté et le coût du traitement.

Depuis le développement du CBCT, de plus en plus de cliniciens ont recouru à cette technique dont l'utilisation systématique peut être contestée pour des raisons éthiques.

L'objectif de ce travail est d'évaluer la position tridimensionnelle des canines incluses ainsi que la fréquence des résorptions, leur sévérité et les facteurs de risque associés.

En effet, les résorptions doivent être dépistées le plus tôt possible, de façon à interrompre leur évolution mais aussi d'un point de vue médico-légal, de façon à pouvoir prévenir le patient.

Plusieurs questions se posent alors: Dans quelles conditions prescrit-on un CBCT ? Peut-on y avoir recours systématiquement en cas de canine incluse ? A quel moment de la prise en charge doit-on le prescrire ?

I. Matériel et méthodes

1. Patients

Une étude rétrospective a été réalisée sur 80 CBCT effectués au service de radiologie du pôle de médecine bucco-dentaire des Hôpitaux Universitaires de Strasbourg entre Mars 2010 et Décembre 2014.

Seuls les CBCT qui objectivent une ou deux canines maxillaires incluses, avec ou sans suspicion de résorptions des dents voisines, sont retenus dans l'étude.

Les clichés radiographiques qui présentent des artefacts, compliquant l'interprétation des images, sont exclus de l'étude. De même, les patients édentés et qui présentent des canines incluses, sont également exclus.

Sur cette base, 74 patients totalisant 96 canines incluses ont été retenus.

2. Méthodes

A. Appareil de radiographie

L'appareil de radiographie utilisé est le NEWTOM VGI. Afin de réduire la dose de rayons reçus par le patient, le champ d'irradiation est limité (8 * 12 cm, Haute résolution). Les paramètres d'acquisition sont réglés en moyenne à 3,3 mA, 110Kv et le temps moyen d'exposition est de 5,4 secondes. Les clichés sont examinés dans les trois dimensions de l'espace (plan sagittal, plan transversal et frontal) à l'aide d'un programme spécifique: NNT viewer, Newtom, QRsrl, Verone Italy. Initialement, tous les clichés sont observés en prenant comme référence l'axe longitudinal de la canine.

B. Facteurs analysés

Pour chaque dent incluse, plusieurs données sont recueillies et analysées par une étudiante (niveau thèse). Chaque CBCT est ensuite étudié à nouveau par un sénior spécialiste en chirurgie orale (MCU-PH). Enfin en cas de doute, une troisième examinatrice, MCU-PH au service de radiologie du pôle de médecine bucco-dentaire, vient confirmer ou infirmer les données recueillies. En cas de désaccord, une discussion mène à une décision commune des trois examinateurs.

a) Identification du patient

Il s'agit, pour chaque patient, de déterminer son sexe, son âge et préciser s'il est en cours de traitement orthodontique. La dent (inclusion unilatérale) ou les dents incluses (inclusion bilatérale) sont répertoriées.

b) Position de la canine

La localisation tridimensionnelle de la canine incluse s'établit dans les trois plans de l'espace. Dans le plan sagittal, on évalue la position de la couronne de la canine incluse en relation avec les dents voisines (plus fréquemment les incisives latérales) et on détermine si l'inclusion est vestibulaire, intermédiaire ou palatine.

Dans le plan vertical, on évalue la position de la pointe de la canine par rapport à l'axe longitudinal de la racine de l'incisive la plus proche. La pointe canine peut être en relation avec le tiers cervical, moyen ou apical de la racine voisine. Elle peut également être au delà de l'apex et dite supra-apicale.

Enfin, dans le plan transversal, on évalue l'orientation de la pointe canine. Celle ci peut être orientée mésialement, distalement ou avoir une position intermédiaire par rapport à la dent voisine. Le plus souvent, l'incisive latérale est prise comme repère; en cas d'agénésie de cette dernière, l'incisive centrale sert de référence.

c) Développement radiculaire

Le stade de développement radiculaire de chaque dent incluse est évalué: apex fermé, édification radiculaire quasi achevée avec apex ouvert, $\frac{3}{4}$ d'édification radiculaire ou $\frac{1}{2}$ d'édification radiculaire.

d) Taille du sac folliculaire

La taille du sac folliculaire se mesure dans la zone de plus grand contour de la canine incluse. Il s'agit de la distance séparant la couronne de la périphérie du sac folliculaire, prise dans le plan transversal. (photographie 1)

Si cette distance est inférieure à 3mm, elle est considérée normale. Si elle est supérieure à 3mm, le sac folliculaire est dit élargi.



Photographie 1: Évaluation de la taille du sac folliculaire dans sa zone la plus large; mesure de la distance séparant la couronne de la périphérie. (UF 8609, Radiologie, Pôle de Médecine et chirurgie Bucco-dentaires, Hôpitaux Universitaires de Strasbourg)

e) Canine déciduale

Il s'agit de relever pour chaque canine incluse la présence ou non de la canine déciduale.

f) Morphologie de l'incisive latérale

Ce paramètre permet de noter si l'incisive latérale est absente, de morphologie normale ou en grain de riz.

g) Absence de contact /contact étroit /très étroit avec l'incisive latérale ou résorption de l'incisive latérale.

L'absence de contact et/ou le type de contact entre la canine incluse et l'incisive latérale voisine est analysé. Lorsqu'il y a un doute entre un contact étroit ou une résorption très légère, on parle de contact très étroit.

La localisation du contact ou de la résorption est précisée: il peut être au tiers cervical, médian ou apical de l'incisive latérale.

h) Sévérité de la résorption

La sévérité des résorptions est évaluée selon la classification d'Ericson et Kurol (2000) :

- absence de résorption: la surface radiculaire est intacte,
- résorption légère: la résorption touche moins de la moitié de l'épaisseur de la dentine,
- résorption modérée: plus de la moitié de l'épaisseur de la dentine est atteinte, la pulpe est intègre,
- résorption sévère: la pulpe est atteinte.

C. Analyses statistiques.

Les statistiques descriptives ont été calculées pour l'ensemble des paramètres de cette étude. Les variables catégorielles sont résumées par leur fréquence (pourcentage) et les variables continues par leur moyenne (écart-type).

Excepté pour les variables « Genre », « Age » et « Port de bagues », les statistiques descriptives ont été estimées sur l'ensemble des dents analysées dans l'étude, certains patients ayant deux dents prises en compte dans les analyses.

Pour comparer les groupes de dents avec et sans résorptions, des régressions logistiques ont été utilisées pour le calcul des Odds Ratios bruts et ajustés sur le genre et l'âge, ainsi que leurs intervalles de confiance à 95% .

Afin de prendre en compte le regroupement des dents incluses bilatéralement, des modèles d'équations d'estimation généralisées (modèles GEE) ont été utilisés en y appliquant des matrices de corrélations à structures échangeables.

Les tests statistiques de l'étude sont bilatéraux et le seuil α est fixé à 5%.

Les analyses ont été effectuées sur le logiciel SAS 9.3.

II. Résultats

Pour réaliser cette étude, 80 CBCT de 80 patients différents ont été sélectionnés permettant au total l'analyse de 103 canines incluses. Après exclusion des clichés illisibles (en raison des artefacts) et des patients édentés partiellement ou totalement, 74 patients, soit 96 canines sont inclus dans l'étude.

La moyenne d'âge des patients est de 20,44 ans (rangée entre 10 et 82 ans, écart type: 13,31). 69% des patients (51) ont moins de 18 ans tandis, que 31% d'entre eux ont plus de 18 ans (23).

Sur les 74 patients, on dénombre 44,6% d'hommes (33) et 55,4% de femmes (41).

39,2% des patients de l'étude sont en cours de traitement d'orthodontie et présentent un appareillage multiattaches (29 patients) (Tableau 1).

70,3 % des patients présentent une inclusion unilatérale et 29,7% ont des canines bilatéralement incluses.

	Patients (n = 74)
Genre	
Homme	33 (44.6%)
Femme	41 (55.4%)
Age	
Moyenne (Ecart - type)	20.5 (13.3)
Mediane [Inter-quartile]	14 [12 - 24]
Bagues	
Oui	29 (39.2%)
Non	45 (60.8%)

Tableau 1: Caractéristiques des patients inclus dans l'étude

Parmi les 96 canines incluses, 50% d'entre elles (48) sont situées du côté droit et 50% (48) du côté gauche.

L'analyse tridimensionnelle de la localisation des canines révèle que 50% des canines sont localisées en palatin. (schéma 1)

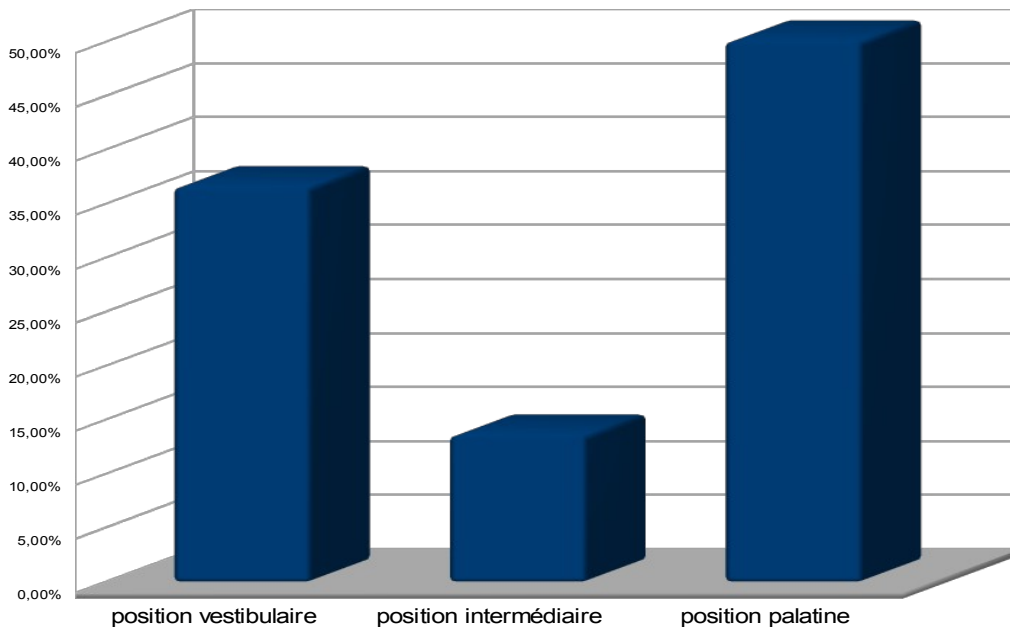


Schéma 1: Localisation des canines dans le plan sagittal

Dans le plan vertical, la pointe canine est localisée au tiers moyen de la dent adjacente dans 46% des cas, 33% des pointes canines sont en relation avec le tiers apical et 17% avec le tiers cervical. 3% des canines occupent une position supra-apical et il y a un cas de transposition de la canine incluse entre 25 et 26.

Enfin, dans le plan transversal, l'orientation des canines est majoritairement mésiale (86% des cas) (Schéma 2).

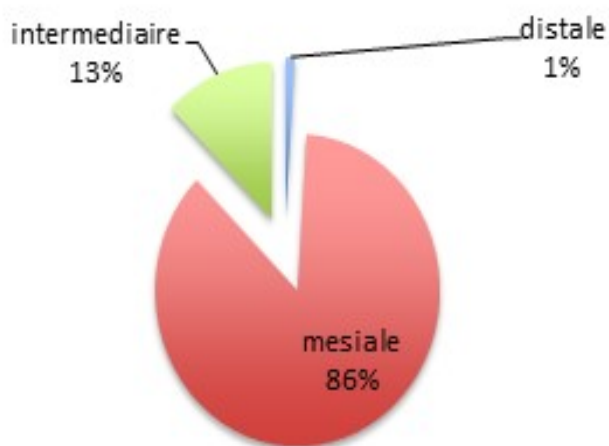


Schéma 2: Localisation des canines dans le plan transversal

Dans la population analysée, 2,1% incisives latérales sont en forme de grain de riz et 6,2 % des incisives latérales sont absentes.

76% des canines incluses présentent une édification radiculaire complète avec un apex fermé.

74% des canines incluses présentent un sac folliculaire de taille normale, et 26% ont un sac folliculaire élargi.

La canine déciduale persiste sur l'arcade dans 38,5% des cas et dans 61,5% des cas, elle a déjà fait son exfoliation ou a été extraite préventivement. (tableau 2)

	TOUS n = 96
DEVELOPPEMENT RADICULAIRE	
APEX FERME	73 (76%)
RACINE EDIFIEE APEX OUVERT	10 (10.4%)
½ DEVPMT RADICULAIRE	4 (4.2%)
¾ RACINE EDIFIEE APEX OUVERT	9 (9.4%)
TAILLE DU SAC FOLLICULAIRE	
<3MM	71 (74%)
>3MM	25 (26%)
CANINE DECIDUALE	
NON	59 (61.5%)
OUI	37 (38.5%)
MORPHOLOGIE LATERALE	
ABSENTE	6 (6.3%)
NORMALE	88 (91.7%)
PEG SHAPED	2 (2.1%)
LOCALISATION TRANSVERSALE	
DISTALE	1 (1%)
INTERMEDIAIRE	12 (12.5%)
MESIALE	83 (86.5%)
LOCALISATION SAGITALE	
INTERMEDIAIRE	13 (13.5%)
PALATINE	48 (50%)
VESTIBULAIRE	35 (36.5%)
LOCALISATION VERTICALE	
SUPRA APICAL	3 (3.1%)
TIERS APICAL	32 (33.3%)
TIERS CERVICAL	16 (16.7%)
TIERS MOYEN	44 (45.8%)
TRANSPOSITION ENTRE 25 ET 26	1 (1%)
TYPE DE CONTACT	
ABSENCE INCISIVE LATERALE	6 (6.3%)
CONTACT ETROIT	48 (50%)
CONTACT TRES ETROIT	5 (5.2%)
RESORPTION	24 (25%)
RIEN	13 (13.5%)

Tableau 2: Caractéristiques détaillées des canines incluses

L'étude des relations entre la canine incluse et l'incisive latérale adjacente montre que l'incisive latérale est résorbée dans 25% des cas. Il existe un doute entre un contact étroit et une résorption légère pour 5,2% des canines de l'étude (contact très étroit). 50% des canines sont en contact étroit avec l'incisive latérale voisine et 13,5% des canines n'ont aucun contact avec leur voisine.

Dans les cas de contact étroit, ce contact se localise au tiers moyen des incisives latérales dans 56,3% des cas, au tiers apical dans 35,4% des cas, et au tiers cervical dans 8,3% des cas. (Tableau 1)

On dénombre, en tout, 29 dents adjacentes résorbées. Ces dents sont, majoritairement, des incisives latérales (82,8%), suivies des incisives centrales (13,8%) et un cas de résorption de première prémolaire maxillaire a été relevé (3,4%).

Quand l'incisive centrale est résorbée, l'incisive latérale l'est également dans trois quart des cas.

Sur les 22 cas d'inclusion bilatérale, il y a 2 cas de résorptions bilatérales des incisives latérales et 4 cas dont un seul des côtés est affecté.

Concernant l'âge des patients atteints de résorptions, 18,2% d'entre eux (soit 4 patients) ont moins de 12 ans, 50% des patients ont entre 12 et 15 ans (11 patients) et 31,8% des patients ont plus de 15 ans.

Après analyse statistique, il s'avère que 14,8% des patients de moins de 12 ans et 45,8% des patients qui ont entre 12 et 15 ans présentent des résorptions des incisives latérales.

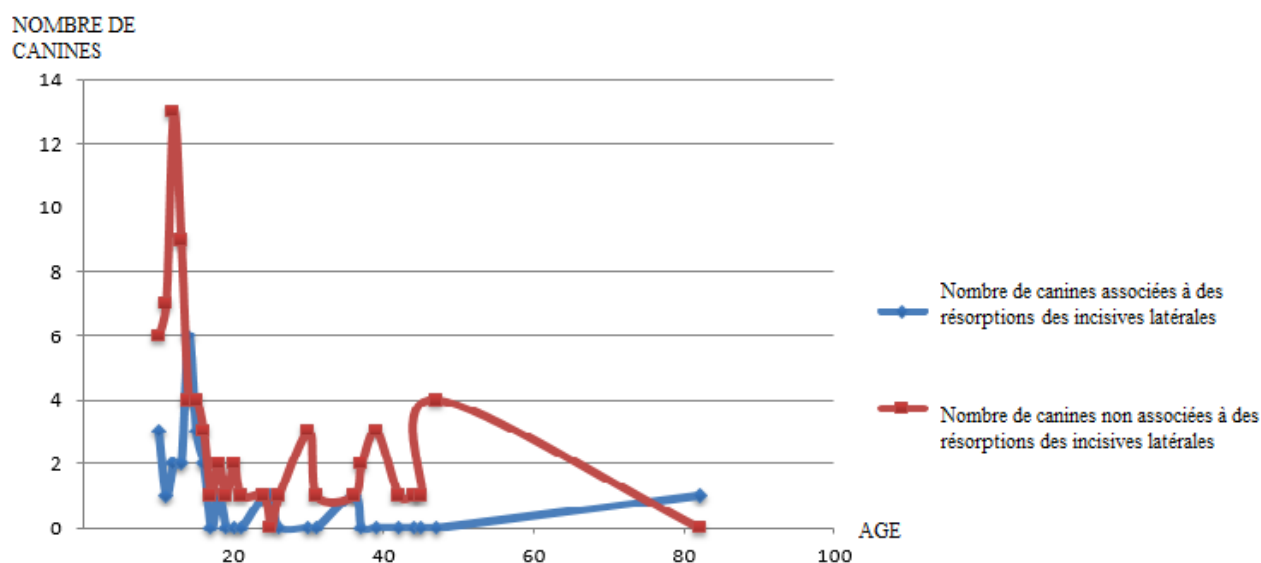


Schéma 3: Répartition des canines incluses associées ou non à des résorptions selon l'âge des patients

Quant à la localisation des résorptions, elles touchent, dans 66,7 % des cas, le tiers apical de l'incisive latérale voisine et, dans 33,3% des cas, son tiers moyen. (Schéma 4)

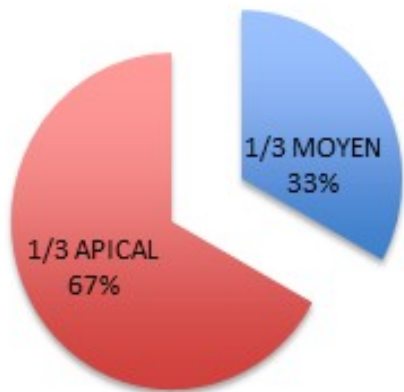


Schéma 4: Localisation des résorptions dans le plan vertical

62,5% de ces résorptions sont sévères et atteignent la pulpe, 20,8% sont modérées et 16,7% sont légères. (Schéma 5)

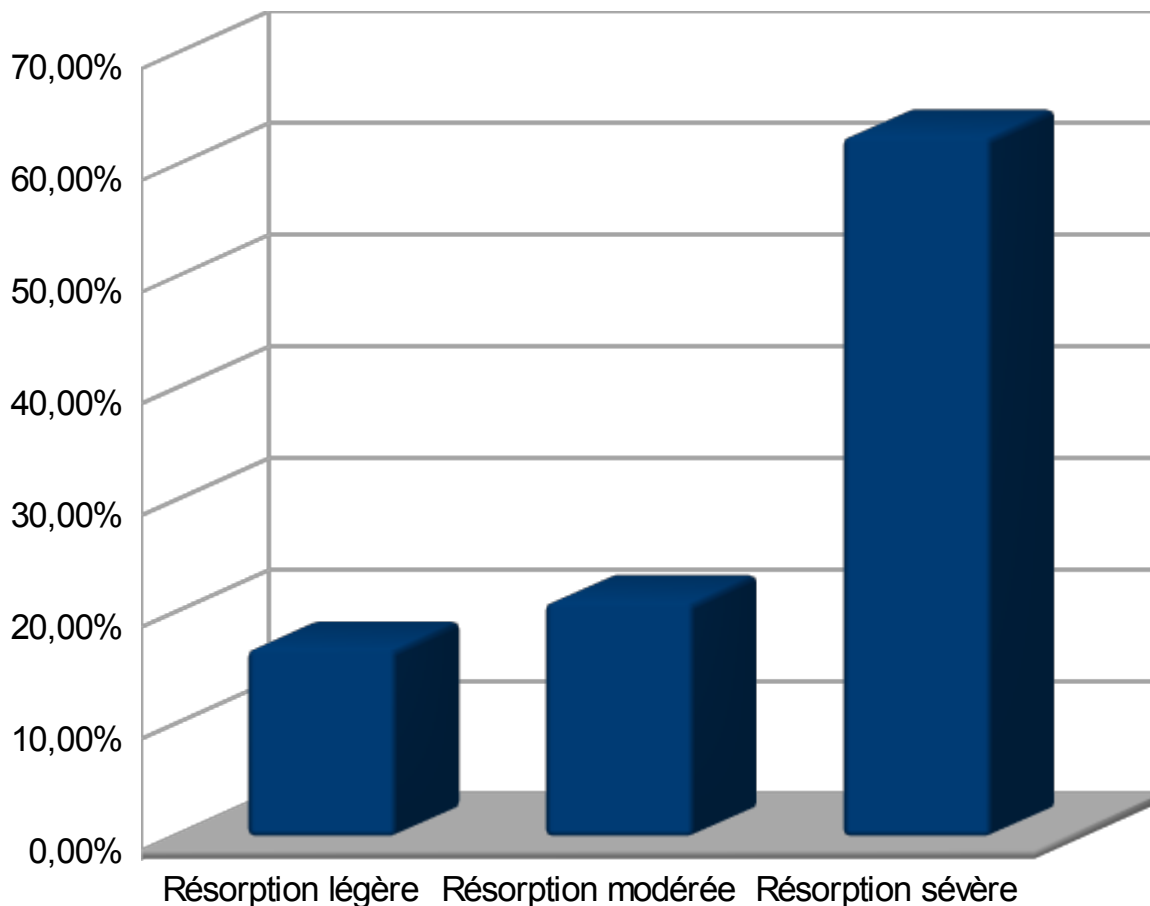


Schéma 5: Sévérité des résorptions

L'étude révèle que les patients âgés de moins de 18 ans présentent plus de résorptions des incisives latérales que les patients plus âgés. Cette différence n'est pas statistiquement significative ($p= 0,253$) (Tableau 4).

Les femmes sont presque deux fois plus touchées par les résorptions que les hommes. ($OR=1,82$), cette différence n'est pas statistiquement significative ($p= 0,245$).

Il n'y a pas de corrélation entre la présence de résorption et la présence de bagues. En effet chez les patients ayant moins de 18 ans, il y a autant de résorptions, que les patients soient en cours de traitement d'orthodontie ou pas (Schéma 6).

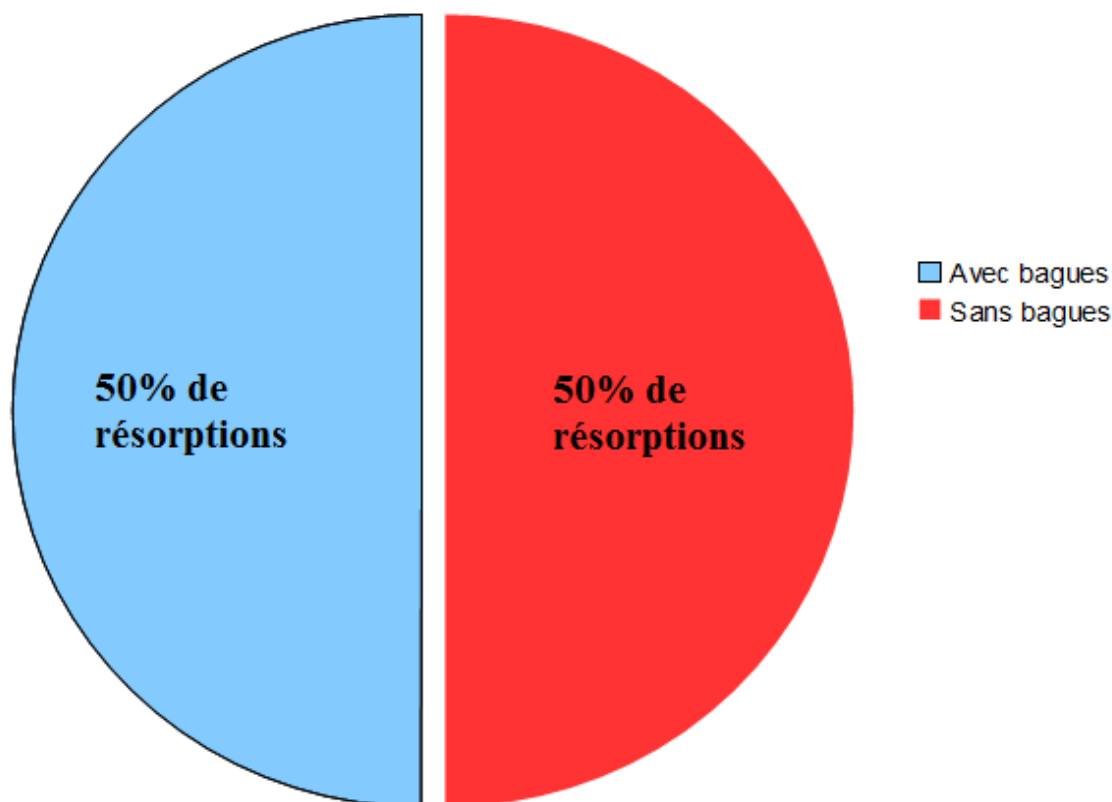


Schéma 6: Analyse de la présence des résorptions chez les patients âgés de moins de 18 ans qu'ils soient en cours de traitement d'orthodontie ou pas.

Pour 37,5% des incisives latérales résorbées (9 incisives), le sac folliculaire de la canine incluse est élargi (Tableau 3). Il y aurait une corrélation entre la présence d'un sac folliculaire élargi et la présence de résorption radiculaire, mais cette corrélation n'est pas statistiquement significative ($p= 0,224$). (Tableau 4 et schémas 7 et 8)

SAC FOLLICULAIRE > 3mm



Schéma 7: Proportion de canines incluses avec un sac folliculaire élargi associées ou non à des résorptions.

SAC FOLLICULAIRE < 3mm

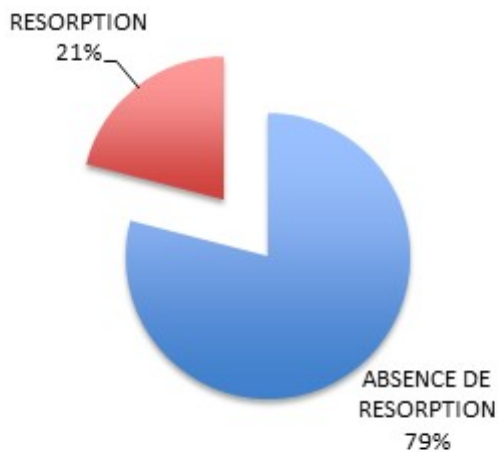


Schéma 8: Proportion de canines incluses, avec un sac folliculaire de taille normale associées ou non à des résorptions.

D'autre part, après analyse des 24 canines associées aux résorptions, il s'avère que des sacs folliculaires de taille normale induisent des résorptions sévères dans 60% des cas, et que des sacs folliculaires élargis sont associés à des résorptions sévères dans 67% des cas.

Il semblerait qu'il y ait une corrélation entre la taille du sac folliculaire et la sévérité des résorptions (Schéma 9).

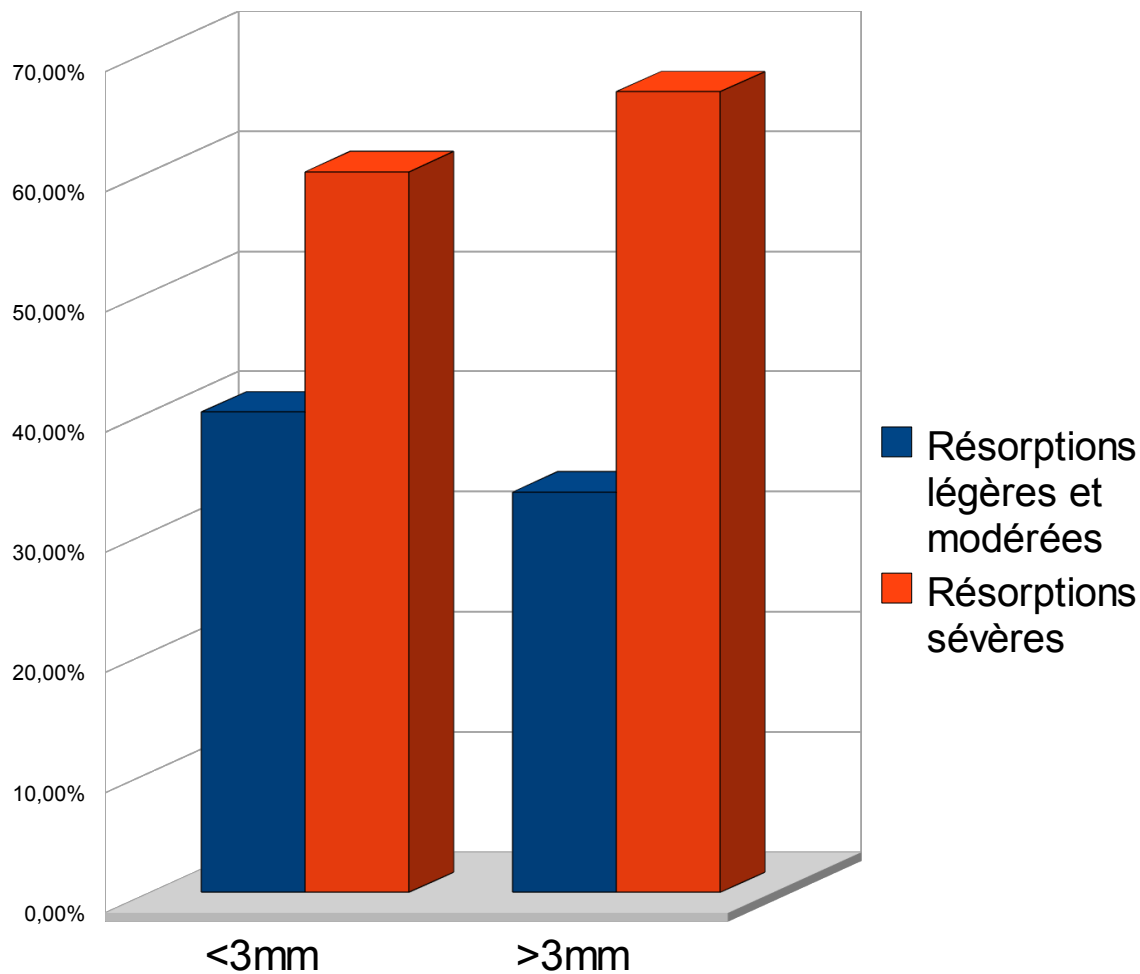


Schéma 9: Évaluation de la sévérité des résorptions en fonction de la taille du sac folliculaire

Concernant les incisives latérales résorbées, elles sont toutes de morphologie normale.

Enfin, les canines incluses, à l'origine des résorptions, ont dans la grande majorité des cas un apex fermé ($p=0,061$) (Tableaux 3 et 4). Elles sont dans la plupart des cas en relation avec les tiers apical (54, 2%) et moyen (33,3%) de l'incisive latérale adjacente ($p=0,206$).

Dans 46 % des cas, ces canines sont en position palatine, et dans 42 % des cas, elles sont en position vestibulaire. Il y aurait plus de risques de résorptions quand l'inclusion est vestibulaire ($p=0,48$). (tableau 3 et 4)

	Canines non associées à des résorptions des incisives latérales n = 72	Canines associées à des résorptions des incisives latérales n = 24
DEVELOPPEMENT RADICULAIRE		
APEX FERME	52 (72.22%)	21 (87.5%)
RACINE EDIFIEE APEX OUVERT	8 (11.11%)	2 (8.33%)
$\frac{3}{4}$ RACINE EDIFIEE APEX OUVERT	8 (11.11%)	1 (4.17%)
$\frac{1}{2}$ RACINE EDIFIEE APEX OUVERT	4 (5.56%)	0
DIAMETRE DU SAC FOLLICULAIRE		
<3MM	56 (77.78%)	15 (62.5%)
>3MM	16 (22.22%)	9 (37.5%)
CANINE DECIDUALE		
NON	45 (62.5%)	14 (58.33%)
OUI	27 (37.5%)	10 (41.67%)
INCISIVE LATERALE		
ABSENTE	6 (8.33%)	0 (0%)
NORMALE	64 (88.89%)	24 (100%)
GRAIN DE RIZ	2 (2.78%)	0 (0%)
LOCALISATION TRANSVERSALE		
INTERMEDIAIRE	8 (11.11%)	4 (16.67%)
DISTALE	1 (1.39%)	
MESIALE	63 (87.5%)	20 (83.33%)
LOCALISATION SAGITTALE		
INTERMEDIAIRE	10 (13.89%)	3 (12.5%)
PALATINE	37 (51.39%)	11 (45.83%)
VESTIBULAIRE	25 (34.72%)	10 (41.67%)
LOCALISATION VERTICALE		
TIERS APICAL	19 (26.39%)	13 (54.17%)
TIERS CERVICAL	13 (18.06%)	3 (12.5%)
TIERS MOYEN	36 (50%)	8 (33.33%)
TRANSPOSITION	1 (1.39)	
SUPRA APICALE	3 (4.16%)	
LOCALISATION DE LA RESORPTION		
TIERS APICAL		16 (66.67%)
TIERS MOYEN		8 (33.33%)
SEVERITE DE LA RESORPTION		
LEGERE		4 (16.67%)
MODEREE		5 (20.83%)
SEVERE		15 (62.5%)

Tableau 3: comparaison statistique des données de l'étude entre deux groupes: le groupe des canines induisant des résorptions et celui des canines non associées aux résorptions.

	Estimation brute			Estimation ajustée sur l'age et le genre		
	OR	95% CI	p value	OR	95% CI	p value
Genre (ref. "Homme")						
Femme	1,82	0.68 - 4.87	.245	-	-	-
Age (ref. ">=18 ans")						
< 18 ans	1,93	0.62 - 5.98	.253	-	-	-
Bagues (ref. "Non")						
Oui	1,01	0.37 - 2.71	.992	0,9	0.30 - 2.75	.855
Sac folliculaire (ref. "<3 mm")						
>= 3 mm	1,97	0.71 - 5.47	.196	1,98	0.66 - 6.00	.224
Canine deciduale (ref. "Non")						
Oui	1,26	0.49 - 3.21	.629	1,23	0.47 - 3.20	.671
Developpement radiculaire (ref. "APEX ouvert")						
APEX fermé	2,82	0.83 - 9.63	.097	3,4	0.94 - 12.28	.061
Localisation sagitale (ref. "VESTIBULAIRE")						
Intermediaire	0,59	0.12 - 2.98	.525	0,58	0.11 - 3.07	.52
Palatine	0,67	0.25 - 1.84	.440	0,66	0.21 - 2.11	.486
Localisation verticale (ref. "Cervicale/Supra Apicale/Transposition 25 et 26")						
Tiers moyen / Tiers apical	1,99	0.63 - 6.28	.239	2,18	0.65 - 7.27	.206
Localisation transversale (ref. "Distale"/"Intermediaire")						
Mesiale	0,77	0.18 - 3.23	.726	0,77	0.19 - 3.09	.707

Tableau 4: Analyse statistique avec mise en relation des résorptions radiculaires des incisives latérales avec différents paramètres cliniques et radiographiques.

III. Discussion

L'objectif principal de ce travail a été d'établir un lien entre la présence ou non de résorptions des incisives latérales et la position de la canine dans les trois dimensions de l'espace. D'autres paramètres secondaires ont été mis en évidence sur les coupes CBCT.

L'étude réalisée est en accord avec les données de la littérature concernant la prévalence augmentée de canines incluses chez les femmes. Walker et coll (2005) supposent que cette différence hommes/femmes résulte d'une différence de croissance cranio-faciale entre les sexes. D'autres auteurs partent du principe que les femmes consultent plus les orthodontistes et ont plus de doléances esthétiques que les hommes (Alqerban et coll, 2011). Alors que Zilberman et coll (1990) se basent sur le fait qu'un groupe expérimental n'est pas représentatif d'une vraie population épidémiologique pour expliquer cette différence.

La moyenne d'âge de 20,44 ans est liée à l'inclusion de 23 patients âgés de plus de 18 ans.

Le patient le plus âgé a 82 ans.

Les canines sont plus souvent incluses en position palatine (50%), en accord avec les résultats des études Européennes et Nord Américaines (Peda et Coll, 1997 ; Ericson et Kurol, 2000) et dans le plan transversal, elles ont majoritairement une orientation mésiale (86,5% des cas).

Les incisives latérales voisines des canines incluses ont une morphologie normale dans 92% des cas. Ces résultats diffèrent de ceux de Becker et coll (1981), qui montrent que 50% des incisives latérales voisines des canines incluses sont soit absentes soit dysmorphiques.

Cette différence de résultats pourrait s'expliquer par l'absence d'examen clinique réalisé dans notre étude. En effet, la morphologie des incisives latérales a été évaluée uniquement sur les coupes CBCT. D'autre part, contrairement à notre étude, Becker (1981) prenait également en compte les incisives latérales de racines courtes.

Dans 25% des cas, les incisives latérales sont résorbées. Ce résultat est similaire à celui trouvé par Lai et Bornstein (2013). D'autres études présentent des résultats très variables, Ericson et coll (2000) trouvent 38% de résorptions des incisives latérales alors que Santos et coll (2014) mettent en évidence 61% de résorptions d'incisives latérales sur une population de 79 canines incluses. Liu et coll (2008) trouvent des résorptions sur 27,2% des incisives latérales et 23,4% des incisives centrales. Les résorptions des prémolaires, quant à elles, sont extrêmement rares (Cooke et coll, 2005) et le retard de diagnostic peut parfois compliquer la prise en charge orthodontique. Il s'agit le plus souvent d'une découverte

fortuite au CBCT.

Les résultats de notre étude ne font apparaître qu'un seul cas de résorption de prémolaire.

Le CBCT permet une visualisation des racines en trois dimensions, ce qui facilite le diagnostic des résorptions. Quelque soit la qualité du cliché réalisé en deux dimensions, ce dernier montre les résorptions latérales et apicales, mais ne nous permet pas de dépister les résorptions vestibulaires et palatines (Kim et coll, 2012)

Le risque de résorptions, évalué dans notre étude, est plus élevé chez les femmes que chez les hommes en accord avec les données de la littérature (Alqerban, 2009).

L'étiologie de ces résorptions est incertaine et les avis divergent. Marks et coll (1997) suggèrent que la pression du sac folliculaire est à l'origine des résorptions. Plus tard, Ericson et coll (2002) excluent cette hypothèse et concluent que ces résorptions sont liés à un contact direct entre la canine incluse et l'incisive latérale.

Les résultats obtenus dans notre étude ne sont pas significatifs mais montrent une corrélation entre la présence d'un sac folliculaire élargi et le développement de résorptions radiculaires. Une étude sur un échantillon plus important semble indispensable pour confirmer ou infirmer cette hypothèse.

Quant à la sévérité des résorptions, un lien entre le développement de résorptions radiculaires sévères et la présence d'un sac folliculaire élargi (>3mm) a été trouvé, ce qui va dans le sens de l'étude menée par Chaushu et coll (2015).

Il persiste une énigme: pour deux canines occupant des positions identiques, on ne peut prévoir si la racine de l'incisive latérale sera résorbée ou non. Chaushu et coll (2015) montrent que dans la plupart des cas d'inclusions bilatérales, quand une incisive latérale est résorbée, l'incisive contro-latérale l'est aussi quasi systématiquement. Ce résultat confirme l'implication des facteurs systémiques dans le développement de résorptions radiculaires. L'étiologie des résorptions est multifactorielle et met en jeu des facteurs généraux (sexe) et locaux (taille du sac folliculaire, incisives latérales de taille et de forme normales), raison pour laquelle il est difficile d'anticiper ces résorptions.

Il serait tout de même intéressant de retrouver les clichés radiographiques antérieurs des patients présentant des résorptions et d'analyser la position des canines ainsi que la taille et la disposition du sac folliculaire sur ces clichés. La canine était elle en contact avec l'incisive latérale et le sac folliculaire se serait il développé dans un second temps ?

L'étude peut se poursuivre dans cette direction, tout est possible tant que l'énigme n'est pas résolue.

Par ailleurs, le risque de résorption est augmenté lorsque la canine incluse a terminé son édification radiculaire ($p=0,061$). En effet, avec le temps, la racine s'édifie, la dent poursuit son éruption et le risque de résorption augmente. Ces résultats rejoignent ceux de Lai et Bornstein (2013).

La position des canines peut être corrélée à la présence de résorptions radiculaires.

Selon nos résultats, le risque de résorptions augmente pour une canine incluse vestibulairement et dont la pointe est en regard du tiers moyen ou apical de l'incisive voisine. Lai et Bornstein (2013) ont trouvé les mêmes résultats.

Du fait de la taille réduite de l'échantillon, ces conclusions ne sont toujours pas significatives.

Dans la plupart des études publiées au sujet des canines incluses, les échantillons de population sont limités. Alqerban et coll (2011) ont un échantillon de 60 patients, Jung et coll (2012) de 63 patients, Botticelli et coll (2011) de 27 patients et Walker et coll (2005) de 19 patients. C'est pour cette raison que les conclusions ne sont souvent pas statistiquement significatives. Il serait judicieux de réaliser une méta analyse afin de confirmer ou d'infirmer ces résultats. Il est également possible de poursuivre l'étude réalisée au pôle de médecine bucco-dentaire des HUS sur plusieurs années de façon à augmenter la taille de l'échantillon. Par ailleurs, cette étude présente certainement un biais de sélection que l'on retrouve dans la majorité des publications.

Pour quel motif les cliniciens prescrivent-ils des CBCT ?

En cas de doute sur l'interprétation des clichés en deux dimensions, si le praticien suspecte une résorption ou en cas de superposition de la canine sur les dents voisines, le chirurgien dentiste ou l'orthodontiste prescrivent un CBCT (Garib et coll, 2014). Ils pourront ainsi établir un diagnostic précis et obtenir un meilleur résultat thérapeutique.

Jusque là, aucune recommandation n'autorise l'utilisation systématique du CBCT. Les études rétrospectives publiées dans la littérature, étudient le pourcentage de résorptions sur des clichés qui, à priori, ont été réalisés en cas de doute, et non pas de manière systématique et sur tous les patients qui présentent des canines incluses.

Il est donc légitime de remettre en question le pourcentage de résorptions trouvé, dans la majorité de ces études, au moyen du CBCT. Pour limiter ce biais, il faudrait envisager une étude prospective basée sur la réalisation d'un examen CBCT de manière systématique chez tous les patients qui présentent une canine incluse. Ce genre d'étude est, pour le moment, non envisageable pour des raisons éthiques.

Dans la population des patients âgés de moins de 18 ans, on dénombre autant de résorptions que le patient soit en cours de traitement d'orthodontie ou pas. Cela pourrait laisser suggérer que l'orthodontie n'est pas à l'origine des résorptions. Reste à savoir si le traitement orthodontique peut aggraver la résorption.

Après analyse statistique, il s'avère que 14,8% des patients de moins de 12 ans et 45,8% des patients qui ont entre 12 et 15 ans présentent des résorptions des incisives latérales voisines aux canines incluses.

La population touchée est donc très jeune. Le but est de dépister ces résorptions le plus tôt possible, afin de pouvoir prévenir les parents du risque encouru, de pouvoir interrompre la résorption et décider du plan de traitement le plus adapté.

En cas de suspicion quelconque, quelque soit l'âge du sujet, il est donc préférable de réaliser un CBCT, d'autant qu' Algerban et coll (2014) ont clairement montré l'intérêt de cet examen qui augmente les chances de succès thérapeutique surtout dans les cas complexes. La radiographie conventionnelle est, selon lui, une méthode inadaptée pour le diagnostic des résorptions radiculaires. Avec cette méthode, Ericson et Kurol (1988) ne mettent en évidence que 12% de résorptions radiculaires.

Cependant, il ne faut pas négliger les risques liés au CBCT. Plus le patient est jeune, plus le clinicien devra être prudent et prendre en compte les effets biologiques liés à l'irradiation (Garib et coll, 2014). Le coût élevé de cet examen et l'absence d'appareillages dans de nombreux cabinets dentaires sont à prendre en compte.

L'utilisation systématique en cas d'inclusion ne peut être recommandée pour des raisons éthiques, mais en cas de doutes ou de superposition de la canine sur les dents voisines, le bénéfice d'un CBCT a clairement été prouvé.

La question est aussi de savoir à quel moment le réaliser ?

Au vu des résultats de l'étude, il semblerait qu'il faille réaliser le CBCT le plus tôt possible, même avant 12 ans et dès suspicion d'une canine incluse qui pourrait causer une résorption.

Cet examen présente un intérêt majeur pour le chirurgien puisqu'il localise très précisément la canine et permet de planifier l'intervention en connaissant la voie d'abord chirurgicale la plus adaptée et en limitant l'étendue du lambeau. Selon Becker (2012), en cas de résorption, il faudra agir le plus tôt possible en éloignant la canine incluse de la dent résorbée par un dégagement chirurgico-orthodontique. Ceci interrompra l'évolution de la résorption et permettra ensuite, à l'orthodontiste de créer l'espace suffisant sur l'arcade pour aligner la canine.

IV. Conclusion

Cette étude vient s'ajouter aux données de la littérature concernant l'utilité du CBCT dans le diagnostic des canines incluses, le dépistage des résorptions radiculaires et la mise en place d'un traitement adapté par le chirurgien oral et l'orthodontiste.

Elle confirme de nombreuses données épidémiologiques et est, tout de même, unique car elle prend en compte un facteur supplémentaire: la présence ou non de bagues au moment du dépistage des résorptions. Elle se focalise également sur l'âge des patients et montre que les résorptions peuvent débuter très précocement chez les adolescent.

Les résultats de cette étude encouragent vivement les praticiens à prescrire un CBCT chez le jeune adolescent, en cas de suspicion d'une résorption, et ce avant même d'initier un traitement orthodontique.

CONCLUSION

Conclusion

En novembre 2010, une publication dans le «New York Times» reporte l'abus de l'utilisation du CBCT par les chirurgiens dentistes aux Etats Unis.

Cet article bouleverse alors, le monde dentaire et encourage l'association américaine des orthodontistes (American Association of Orthodontics) et l'association américaine de radiologie orale et maxillo-faciale (American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology) à publier des recommandations sur l'utilisation du CBCT en Orthodontie.

Ces recommandations sont publiées 3 ans après (Garib et coll, 2014).

En 2011, 83% des programmes d'Orthodontie, aux Etats Unis et au Canada, recommandent l'utilisation du CBCT dans des cas précis, incluant le traitement des canines incluses.

Seuls 18% des programmes remplacent la radiographie conventionnelle par le CBCT de manière systématique.

Ce débat lève tant de controverses que le Journal americain d'orthodontie et d'orthopédie dento-faciale (American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics) publie, en 2012, un argumentaire sur le sujet.

D'un coté, Dr Brent Larson (Larson, 2012) défend l'utilité du CBCT de manière routinière. Le CBCT a l'avantage de montrer les structures telles qu'elles sont dans le réel, sans distorsion, et de permettre de les mesurer précisément. La localisation précise d'une canine incluse, la mise en évidence d'une résorption radiculaire et la description de cette dernière de manière précise sont nécessaires à l'établissement d'un plan de traitement adapté au patient avec les meilleurs chances de succès (Larson, 2012).

La localisation tridimensionnelle de la canine modifie le plan de traitement dans 30% des cas (Haney et coll, 2010).

D'autre part, Dr Halazonetis insiste sur le risque d'irradiation lié à l'utilisation du CBCT. Selon lui, aux Etats-Unis, si chaque patient, qui commence un traitement d'orthodontie, réalise un CBCT, il y aurait 10 à 80 cas de cancers supplémentaires par an. Il insiste sur la nécessité d'une évaluation du rapport bénéfice/risque avant chaque examen radiographique. Il n'y a pas encore assez de preuves qui justifieraient l'utilisation systématique du CBCT dans les cabinets d'orthodontie.

Concernant la localisation des canines incluses et l'identification des résorptions radiculaires associées, l'intérêt du CBCT a clairement été défini. La qualité de l'image qu'il procure est nettement supérieure à celle des appareils de radiographie conventionnelle. En terme de diagnostic, la dent incluse peut être localisée très précisément et ses relations avec les structures adjacentes peuvent être observées dans les trois dimensions de l'espace.

Tant que la résorption n'affecte que la partie palatine ou vestibulaire de la dent, elle ne peut être suspectée au moyen de la radiologie conventionnelle (Becker, 2012): la radiologie en trois dimensions trouve ainsi toute son indication.

Dans ce contexte, le CBCT est plus adapté que le Scanner : avec une dose d'irradiation plus faible, il donne une image nettement plus précise.

Cependant, il convient de toujours évaluer le rapport bénéfice/risque et d'utiliser la dose de rayons la plus faible (principe ALARA).

Depuis plusieurs années, de nombreuses études vont dans ce sens. Nombreux auteurs réalisent des analyses statistiques visant à localiser précisément la dent incluse, à mettre en évidence les résorptions radiculaires, leur localisation, leur sévérité et à mettre en relation toutes ces données. Les résorptions toucheraient plus les femmes que les hommes.

Elles concernent, avant tout, les incisives latérales et touchent plus souvent les tiers moyen et apical de l'incisive latérale (Lai, Bornstein et coll, 2013).

La canine associée à ces résorptions a plus souvent un apex fermé et est inclinée mésialement (Ericson et Kurol, 1987). Enfin Lai et Bornstein (2013) montrent qu'une canine incluse vestibulairement présente plus de risque de provoquer une résorption.

Ces études sont nombreuses mais, étant donné la taille réduite des échantillons, les résultats ne sont souvent pas statistiquement significatifs et ne peuvent permettre de tirer des conclusions immuables.

Une étude a donc été réalisée au pôle de médecine bucco-dentaire des Hôpitaux Universitaires de Strasbourg. Les résultats trouvés sont, pour la plupart, en accord avec ceux décrits dans la littérature concernant l'analyse descriptive des canines et des résorptions qu'elles induisent.

Un intérêt particulier a été porté sur l'âge des patients atteints de résorptions, et il s'avère que des patients très jeunes, non traités orthodontiquement, présentent déjà des résorptions.

14,8% des patients de moins de 12 ans et 45,8% des patients entre 12 et 14 ans qui présentent des canines incluses sont concernés par les résorptions. Les praticiens doivent se méfier, et ce, en recherchant des résorptions radiculaires chez le jeune adolescent.

Le dépistage de ces résorptions permettra d'établir un plan de traitement adapté et anticiper d'éventuels problèmes, mais aura également un intérêt médico-légal: celui de prévenir les parents du patient.

Cette étude est très concluante, cependant il serait intéressant de la continuer sur plusieurs années, afin d'augmenter la taille de l'échantillon et par la même occasion l'indice de preuve. En cas de superposition de la canine sur l'incisive voisine, ou en cas de suspicion d'une quelconque résorption d'une dent adjacente, il est recommandé de prescrire un CBCT.

Cependant, l'utilisation du CBCT ne pourra se faire de manière systématique, en accord avec les nombreuses recommandations publiées à ce sujet (notamment HAS, 2009), pour des raisons éthiques.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

Agnini M. The panoramic X-ray as a detector for preventing maxillary impaction. Int. J Orthod.Milwaukee. 2007 Winter; 18(4):15-23.

Almuhtaseb E, Mao J, Mahony D, Bader R, Zhang ZX. Three dimensional localization impacted canines and root resorption assessment using cone beam computed tomography. J Huazhong Univ Sci Technolog Med Sci. 2014 Jun;34(3):425-30.

Alqerban A, Jacobs R, Souza PC, Willems G. In vitro comparison of 2 cone beam computed tomography systems and panoramic imaging for detecting simulated canine impaction induced external root resorption in maxillary lateral incisors. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2009;136:764-5.

Alqerban A, Jacobs R, Lambrechts P, Loozen G, Willems G: Review: Root resorption of the maxillary lateral incisor caused by impacted canine: a litterature review Clin Oral Invest. 2009 13 :247-255.

Alqerban A, Jacobs R, Fieuws S and Willems G. Comparison of two cone beam computed tomographic systems versus panoramic imaging for localization of impacted maxillary canines and detection of root resorption. European Journal of Orthodontics 33(2011) 93-102.

American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. Clinical recommendations regarding use of cone beam computed tomography in Orthodontics. Position statement by the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol. 2013; 116(2):238-57.

Baccetti . A clinical and statistical study of etiologic aspects related to associated tooth anomalies in number, size, and position. Minerva Stomatol 1998, 47(12): 655-663.

Bass T. V. observations on the missplaced upper canine tooth. Dent Pract 1967, 18: 25-33.

Becker A, Smith P, Behar R. The incidence of anomalous lateral incisors in relation to palatally displaced cuspids. *Angle Orthod* 1981;51:24-29.

Becker A. *The Orthodontic Treatment of Impacted Teeth*. Published by Martin Dunitz Ltd, 1998, pp. 234.

Becker A., Chaushu S., Success rate and duration of orthodontic treatment for adult patient with palatally impacted maxillary canines. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003; 124: 509-514.

Becker A, Chaushu S. Long-term follow-up of severely resorbed maxillary incisors following resolution of etiologically associated canine impaction. *American Journal of Orthodontics and dentofacial Orthopedics* 2005, 127: 650-654.

Becker A. *The Orthodontic Treatment of impacted Teeth* 2007.

Becker A, Chaushu S, Casap-Caspi N Cone Beam computed tomography and the orthosurgical management of impacted teeth. *Journal of the American Dental Association* 2010 141: 14S-18S.

Becker A, *Orthodontic treatment of Impacted Teeth*, Third édition. Edition Wiley Blackwell, 2012.

Bin Yan, Zongyang Sun, Henry Fields, and Lin Wang; Maxillary canine impaction increases root resorption risk of adjacent teeth: a problem of physical proximity. *American Journal of orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 2012; Vol 142, Issue 6.

Bjerklin K, Ericson S: how a computerized tomography examination changed the traitement plans of 80 children with retained and ectopically positioned maxillary canines. *Angle Orthodontist*, 2006, 76: 43-51.

Bordais P., Gineste P., Granat J. et Marchand J. Les dents incluses.

EMC Stomatol (22032G10.10) ET ED. Paris, 1980.

Botticelli S., Verna C. , Cattaneo P.M., Heidmann J., Melsen B. Two versus three-dimensional imaging in subjects with unerupted maxillary canines. *European Journal of Orthodontics* 33;2011;344-349.

Brin I, Becker A., Shalav M. Position of the maxillary permanent canine in relation to anomalous or missing lateral incisors: a population study. *Eur J Orthod* 1986; 8:12-16.

Cavézian Robert et Pasquet Gérard: Cone Beam. Imagerie diagnostique en odontostomatologie. Principes, résultats et perspectives. Elsevier Masson SAS 2011.

Cazévian Robert et Pasquet Gérard: L'imagerie médicale en odontologie. Editions CdP, Inclusions des canines maxillaires. 2005 P92-99.

Cernochova P, Krupa P, Izakovicova-Holla L; Root resorption associated with ectopically erupting maxillary permanent canines : a computed tomography study. *European journal of orthodontics*, 2011, 33: 483-491.

Chambas C. Désinclusion et mise en place des dents retenues. *Encyc. Méd Chir (Elsevier SAS, Paris), Odontologie*, 1997, 23-492- A-10 .

Chaushu S, Kaczor-Urbanowicz K, Zadurska M, Becker A. Predisposing factors for severe incisor root resorption associated with impacted maxillary canines. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. January 2015. Vol 147. Issue 1.

Cooke M E, Nute S J. Maxillary premolar resorption by canines: three case report. *International Journal of Paediatric Dentistry* 2005. 15: 210-212.

Coulter J, Richardson A, Normal Eruption of the maxillary canine quantified in three dimensions. *European Journal Of Orthodontics*, 1997, 19 : 171-183.

Cramer H. C. Dental survey of one thousand adult males: A statistical study correlated with physical and laboratory findings. *J Am Dent Assoc* 1929, 16 : 122-128.

Dachi S.F et Howell F V. A survey of 3874 routine full mouth radiographs. II: A study of impacted teeth. Oral Surg Med Oral Pathol 1961, 14: 1165-1169.

Dambrain R. Etude du remaniement alvéolaire dans le sens sagittal au cours de l'éruption dentaire. Rev Stomatol Chir Maxillofac 1974, 2: 402-406.

Delsol L., Orti V., Chouvin M., Canal P. Canines et incisives maxillaires incluses: diagnostique et thérapeutique. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Odontologie/orthopedie dentofaciale,23-492-A-11, 2006, Medecine buccale, 28-635-G-10,2008.

Ericson S. Kurol J. Longitudinal study and analysis of clinical supervision of maxillary canine eruption. Community Dent Oral Epidemiol 1986, 14: 112-116.

Ericson S, Kurol J. Radiographic examination of ectopically erupting maxillary canines. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1987 Jun;91(6):483-92.

Ericson S, Kurol J. Resorption of maxillary lateral incisors caused by ectopic eruption of the canines. A clinical and radiographic analysis of predisposing factors. Am. J. Orthod.Dentofac. Orthop, 1988; 94: 503-13.

Ericson S, Kurol J: Incisor Root Resorptions Due to Ectopic Maxillary Canines Imaged by Computerized Tomography: A Comparative Study in Extracted Teeth. Angle Orthodontist 2000, vol 70, N4.

Ericson S, Kurol J: Resorption of Incisors After Ectopic Eruption of Maxillary Canines: A CT Study. Angle Orthod 2000; 415-423.

Ericson S, Kurol J, Falahat B. Does the canine dental follicle cause resorption of permanent incisor roots ? A computed tomography study of erupting maxillary canines. Angle Orthodontist 2002 72: 95-104.

European Academy of Dental and Maxillofacial Radiology. Basic Principles for Use of Dental Cone Beam CT 2009.

Falahat B, Ericson S, Mak D'Amico R, Bjerklin K. Incisor root Resorption due to ectopic maxillary canines, a long term radiographic follow- up. Angle Orthodontist 2008; 78: 778-785.

Foucart J.M., La radioprotection en odontologie- Reglementation française et nouvelles normes européennes. Editions CdP; 2007.

Foucart JM. Felizardo M. Bourriau J. Bidange G. La tomographie volumique à faisceau conique (CBCT): Du mythe à la réalité. Clinique 2009.

Garib DG, Calil LR, Leal CR, Janson G. Is there a consensus for CBCT use in Orthodontics? Dental Press J Orthod. 2014 Sep-Oct; 19(5): 136-49.

Halazonetis DJ. Cone-beam computed tomography is not the imaging technique of choice for comprehensive orthodontic assessment. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2012; 141(4):403-7.

Haney E, Gansky SA, Lee JS, et al. Comparative analysis of traditional radiographs and cone beam computed tomography volumetric images in the diagnosis and treatment planning of maxillary impacted canines. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2010; 137:590-97.

Hatton M.E et Graiger R.M. Reliability of measurements from cephalograms at the Burlington Orthodontic Research Center. J Dent Res 1958, 37:853-859.

Haute Autorité de la Santé/ Service évaluation des actes professionnels : Tomographie volumique à faisceau conique de la face- Rapport d'évaluation /décembre 2009.

Hodez C. et Bravetti P.: Imagerie dento-maxillo-faciale par faisceau conique « Cone Beam », Sauramps médical, 2010.

Jacoby H. The etiology of maxillary canine impactions. Am J Orthod 1983; 84(2):125-132.

Jung HG, Liang H, Benson BW, Fkint DJ, Cho BH; The assesment of impacted maxillary canine position with panoramic radiography and cone beam CT. *Dentomaxillofacial Radiology* 2012 41, 356-360.

Kim Yoojun, Hyun Hong-Keun, Jang Ki-Taeg, The position of maxillary canine impactions and the influences factors to adjacent root resorption in the Korean population. *European Journal of Orthodontics* 34 (2012) 302-306.

Kolf J et Kolf J. Intérêt de la radiographie dans les inclusions dentaires. *Rev Orthop Dento Faciale* 1978, 12: 35-40.

Koné Mamadou; Canines incluses maxillaires: évolution des techniques d'imagerie dans le diagnostic pré-chirurgical. Radioprotection. Thèse Octobre 2010. Faculté de Nancy.

Kurol J. Ectopic eruption and tooth developpement disturbances, in the Biological Mechanisms of tooth eruption, Resorptions and replacements by implants. Davidovitch Z(ed) : Boston, MA, Harvard Society for the advancement of orthodontics, 1994, pp371-381.

Lai Caroline S, Bornstein M Michael, Mock Lothar, Heuberger Benjamin M, Dietrich Thomas and Katsaros Christos. Impacted maxillary canines and root resorptions of neighbouring teeth: a radiographic analysis using cone beam computed tomography. *European Journal of Orthodontics* 35 2013 529-538.

Langlade M. *Thérapeutique orthodontique*. Paris, Maloine 1986 (863p).

Lappin MM; Practical management of the impacted maxillary canine. *Am J Orthod* 1951 37 : 769-78.

Larson B. Cone Beam computed tomography is the imaging technique of choice for comprehensive orthodontic assessment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2012;141(4):402, 404, 406.

Liang X, Jacobs R, Bassam H, Li L, Pauwels R, Corpas L, et al. A comparative evaluation of cone beam computed tomography (CBCT) and multislice CT (MSCT). Part I. On subjective quality. *Eur J Radiol* 2009; doi : 10.1016/J ;erad.2009.03.042.

Litsas G. and Acar A. A review of early displaced maxillary canines: Etiology, Diagnosis and Interceptive Treatment. *Open Dent J* 2011; 5: 39-47.

Liu D G, Zhang W L, Zhang Z Y, Wu Y T, Ma X C ; Localisation of maxillary canines impacted and observations of adjacent incisors resorption with cone beam computed tomography, *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 2008 105: 91-98.

Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL, Howerton WB. Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercuray, Newtom 3G and I-CAT. *Dentomaxillofac Radiol* 2006; 35: 219-26.

Ludlow JB, Ivanovic M. Comparative dosimetry of dental CBCT devices and 64 slice CT for oral and maxillofacial radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008; 106:106- 14.

Marks S C, Schroeder H E, Andreasen J O. Theories and mechanism of tooth eruption. In: Andreasen JO, Kölsen-Pedersen J, Laskin D M (eds). *Textbook and color Atlas of tooth impactions*. Mosby, St Louis. 1997; pp. 20-65.

Mason C, Papadakou P, Robert GJ. The radiographic localization of impacted maxillary canines: a comparison of methods. *Eur. J. Orthod.* 2001; 23(1):25-34.

Mead S.V Incidence of impacted teeth. *Ortho Oral Surg and Rat Int J* 1930, 16: 885-890.

Milberg D J; Labially impacted maxillary canines causing severe root resorption of maxillary central incisors. *Angle Orthodontist*, 2006 76: 173-176.

Miller BH. The influence of congenitally missing teeth on the eruption of the upper canine. *Dent Pract Dent Rec* 1963; 13:497-504.

Mischkowski RA, Scherer P, Ritter L, Neugebauer J, Keeve E, Zoller JE. Diagnostic quality of multiplanar reformations obtained with a newly developed cone beam device for maxillofacial imaging. *Dentomaxillofac* 2008; 37: 1-9.

Montelius GA. Impacted Teeth. A comparative study of Chinese and Caucasian dentitions. *J Dent Res* 1932; 12: 931-938.

Mossey P.A., Campbell H.M. Luffingham J.K. The palatal canine and the adjacent lateral incisor: a study of a west of scotland population. *Br J Orthod* 1994, 21: 169-174.

Oberoi S., Knueppel S. Three dimensional assessment of impacted canines and root resorption using cone beam computed tomography. *Oral and maxillofacial radiology* 2012; vol 113 No 2 February.

Peene P, Lamoral Y, Plas H et al; Resorption of the lateral maxillary incisor: assessment by CT. *J Comput Assist Tomogr* 1990; 14:427-429.

Oliver RG, Mannion JE, Robinson JM. Morphologie of the maxillary lateral incisor in cases of unilateral impaction of the maxillary canine. *Br J Orthod* 1989; 16: 9-16.

Preda L, La Fianza A, Di Maggio E M, Dore R, Schifino M R, Campani R et Coll. The use of spiral computed tomography in the localization of impacted maxillary canines. *Dentomaxillofacial radiology* 1997 26 : 236-241.

Peene P., Lamoral Y., Plas H. Resorption of the lateral maxillary incisor: assessment by CT. *J Comput Assist Tomogr* 1990; 14:427-429.

Rimes RJ, Mitchell CN, Willmot DR; Maxillary incisor resorption in relation to the ectopic canine: a review of 26 patients. *Eur J of Orthod* 1997; 19:79-84.

Rossini G, Cavallini C, Cassetta M, Gallucio G, Barbato E. Localisation of impacted maxillary canines using cone beam computed tomography. Review of the literature *Annali di stomatologia* 2012 .3(1):14-18.

Sacerdoti R, Baccetti T. Dentoskeletal features associated with unilateral or bilateral palatal displacement of maxillary canines. *Angle Orthod* 2004; 74: 725-732.

Santos L, Bastos L, Oliveira-Santos C, Albergaria da Silva SJ, Neves F, Campos PSF. Cone-beam computed tomography findings of impacted upper canines. *Imaging Science in Dentistry* 2014; 44: 287-92.

Samir E. Bishara. Clinical management of impacted Maxillary Canines. *Seminars in Orthodontics*, Vol 4, No 2 (June), 1998: pp 87-98.

Scarf WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of Cone Beam Computed Tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc* 2006; 72 (1) : 75-80.

Schmitt Régine. Mémoire pour le certificat d'études cliniques spéciales mention orthodontie. Les canines maxillaires incluses et les signes d'instabilité du développement. Université Louis Pasteur Strasbourg, Faculté de chirurgie dentaire 2000.

Schulze D, Heiland M, Thurmann H, Adam G. Radiation exposure during midfacial imaging using 4- and 16 slice computed tomography, cone beam computed tomography systems and conventional radiography. *Dentomaxillofacial Radiol* 2004; 33: 83-6.

Shah R.M., Boyd M.A., Vakil T.K. Studies of permanent tooth anomalies in 7886 Canadians individuals. I: Impacted teeth. *Dent J* 1978, 44: 262-264.

Southall PJ, Gravely JF. Vertical parallax radiology to localize an object in the anterior part of the maxilla. *Br J Orthod*. 1989 May; 16(2):79-83.

Stivaros N, Mandall NA Radiographic factors affecting the management of impacted upper permanent canines. 2000; *J Orthod* 27:169-173.

Szarmach IJ, Szarmach J, Waszkiel D; Complications in the course of surgical-orthodontic treatment of impacted maxillary canines. *Adv Med Sci* 51 (Suppl 1) 2006; 217-220.

Takahama Y. , Aiyama Y. Maxillary canine impaction as a possible microform of cleft lip and palate. *Eur J Orthod* 1982; 4: 275-7.

Thilander B. et Jakobsson S.O Local factors in impaction of maxillary canines. *Acta Odontol Scand* 1968, 26: 145-168.

Thilander B. et Myberg N. The prevalence of malocclusion in swedish schoolchildren. *Scand J Dent Res* 1973, 81: 12-20.

Trope M. Root Resorption of dental and traumatic origin: classification based on etiology. *Pract Periodontics Aesthet Dent*; 1998 May;10(4):515-22.

Tronstad L. Root resorption – Etiology, terminology and clinical manifestatiions. *Endod Dent Traumatol* 1988: 4: 241-252.

Walker L., Enrico R., Mah J. : Three dimensional localisation of maxillary canines with cone beam computed tomography. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* (2005) 128: 418-423.

Wriedt S, Jaklin J, Al-Nawas B, Wehrbein H: Impacted upper canines: examination and treatment proposal based on 3D versus 2D diagnosis. *Journal of Orofacial Orthopedics* 2012 73: 28-40.

ZilbermanY, Cohen B, Becker A Familial trends in palatal canines, anomalous lateral incisors, and related phenomena. *European Journal of Orthodontics*. 1990 12:135-139.