

**UNIVERSITE DE LILLE**

**FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE**

Année de soutenance : 2021

N°:

THESE POUR LE

**DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE**

Présentée et soutenue publiquement le 8 décembre 2021

Par Vianney Quandalle

Né le 26 octobre 1995 à Lille - France

Exploration des fentes alvéolaires et palatines par CBCT

**JURY**

Président :	Professeur Thomas Colard
Assesseurs :	Docteur Emmanuël Bocquet
	Docteur Nathalie Fomou-Moretti
	<u>Docteur Amélie de Broucker</u>

Président de l'Université	:	Pr. J-C. CAMART
Directrice Générale des Services de l'Université	:	M-D. SAVINA
Doyen UFR3S	:	Pr. D. LACROIX
Directrice des Services d'Appui UFR3S	:	G. PIERSON
Directeur du Département facultaire d'Odontologie	:	Pr. E. DEVEAUX
Responsable des Services	:	M. DROPSIT
Responsable de la Scolarité	:	-

## **PERSONNEL ENSEIGNANT DE L'U.F.R.**

### **PROFESSEURS DES UNIVERSITES :**

P. BEHIN	Prothèses
T. COLARD	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
<b>C. DELFOSSE</b>	<b>Responsable du Département d'Odontologie Pédiatrique</b>
E. DEVEAUX	Dentisterie Restauratrice Endodontie <b>Directeur du Département Facultaire d'Odontologie</b>

## MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

K. AGOSSA	Parodontologie
T. BECAVIN	Dentisterie Restauratrice Endodontie
A. BLAIZOT	Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.
P. BOITELLE	Prothèses
<b>F. BOSCHIN</b>	Responsable du Département de <b>Parodontologie</b>
<b>E. BOCQUET</b>	Responsable du Département d' <b>Orthopédie Dento-Faciale</b>
<b>C. CATTEAU</b>	Responsable du Département de <b>Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.</b>
X. COUDEL	Biologie Orale
A. de BROUCKER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
M. DEHURTEVENT	Prothèses
T. DELCAMBRE	Prothèses
F. DESCAMP	Prothèses
M. DUBAR	Parodontologie
A. GAMBIEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
F. GRAUX	Prothèses
<b>P. HILDEBERT</b>	Responsable du Département de <b>Dentisterie Restauratrice Endodontie</b>
C. LEFEVRE	Prothèses
J.L. LEGER	Orthopédie Dento-Faciale
M. LINEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
T. MARQUILLIER	Odontologie Pédiatrique
G. MAYER	Prothèses
<b>L. NAWROCKI</b>	Responsable du Département de <b>Chirurgie Orale</b> Chef du Service d'Odontologie A. Caumartin - CHRU Lille
<b>C. OLEJNIK</b>	Responsable du Département de <b>Biologie Orale</b>
W. PACQUET	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
P. ROCHER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
L. ROBBERECHT	Dentisterie Restauratrice Endodontie
<b>M. SAVIGNAT</b>	Responsable du Département des <b>Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux</b>
T. TRENTESAUX	Odontologie Pédiatrique
<b>J. VANDOMME</b>	Responsable du Département de <b>Prothèses</b>

### ***Réglementation de présentation du mémoire de Thèse***

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

**Professeur Thomas COLARD**

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

*Orale*

*Département Sciences Anatomiques*

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur au Muséum National d'Histoire Naturelle en Anthropologie Biologique

Habilitation à Diriger des Recherches

Assesseur à la Recherche

*Je vous remercie d'avoir accepté sans aucune hésitation la présidence de ce jury.  
Aussi je vous en suis reconnaissant et vous remercie de votre disponibilité. Veuillez  
trouver ici l'expression de ma profonde reconnaissance et de ma profonde estime.*

## **Docteur Emmanuël BOCQUET**

**Maître de Conférences des Universités – Praticien hospitalier des CSERD Section**

*Développement, Croissance et Prévention*

*Département Orthopédie Dento-Faciale*

Docteur en Chirurgie Dentaire

Certificat d'Etudes Cliniques Spéciales Mention Orthodontie

Master 2 Recherche Biologie Santé

Maîtrise des Sciences Biologiques et Médicales

Certificat d'Etudes Supérieures de Biologie de la Bouche

Certificat d'Etudes Supérieures d'Orthopédie Dento-Faciale

Responsable du Département d'Orthopédie Dento-Faciale

Coordonnateur inter-régional du Diplôme d'Etudes Spécialisées d'Orthopédie Dento-Faciale

*Vous avez accepté spontanément de siéger dans ce jury et je vous en remercie. Je vous suis profondément reconnaissant pour vos enseignements prodigués tout au long de mon cursus ce qui m'a permis de me tourner vers l'orthodontie. Veuillez trouver ici l'expression de mon plus profond respect et de ma gratitude.*

## **Docteur Amélie de BROUCKER**

**Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD Section  
Réhabilitation Orale  
Département Sciences Anatomiques**

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université de Lille 2

Vice-Doyen de la Faculté de Chirurgie dentaire de Lille

*Je vous remercie infiniment d'avoir accepté de diriger ma thèse et de m'avoir guidé vers ce sujet. Votre réactivité, votre disponibilité et votre confiance ont été de véritables moteurs dans la réalisation de ce travail. Merci de nous avoir guidé, tout au long de notre cursus universitaire et clinique pour devenir les chirurgiens-dentistes que nous sommes. Je suis fier d'avoir réalisé ce travail à vos côtés et espère qu'il sera à la hauteur de vos attentes. Veuillez trouver dans cette thèse, l'expression de mon plus grand respect.*

**Docteur Nathalie FOUMOU-MORETTI**

**Praticien hospitalier CHU Lille**

Section Développement, Croissance et Prévention

Département Orthopédie Dento-Faciale

Docteur en Chirurgie Dentaire

Certificat d'Etudes Cliniques Spéciales Mention Orthodontie

Ancienne Assistante Hospitalo-Universitaire des CSERD

Ancienne interne en Odontologie

Attestation d'Etude Approfondie

Maitrise des Sciences Biologiques et Médicales

Lauréate de l'Académie Nationale de Chirurgie-Dentaire

D.U d'Expertise en Médecine Bucco-dentaire

DIU du Traitement Odonto-Stomatologique du Syndrome d'Apnées Obstructives du

Sommeil (TOSSAOS)

*Je vous remercie d'avoir accepté avec entrain de participer à ce jury. Pour votre disponibilité et votre bienveillance, veuillez trouver ici l'expression de ma gratitude et de mon profond respect.*

*A mes proches...*

# Table des matières

<b>1. Introduction.....</b>	<b>11</b>
<b>2. Généralités .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1. Les fentes .....</b>	<b>12</b>
2.1.1. Embryologie .....	12
2.1.2. Étiologie.....	14
2.1.3. Les différentes formes .....	15
2.1.4. Les anomalies anatomiques .....	18
2.1.5. Prise en charge chirurgicale primaire des fentes vélopalatines .....	19
2.1.6. Prise en charge chirurgicale primaire de la fente alvéolaire .....	20
<b>2.2. Le Cone Beam.....</b>	<b>21</b>
2.2.1. Principe.....	21
2.2.2. Avantages du Cone Beam .....	22
2.2.3. Intérêt dans l'étude des fentes.....	23
<b>3. L'observation initiale de la fente .....</b>	<b>24</b>
<b>3.1. Le défaut osseux initial.....</b>	<b>24</b>
3.1.1. Introduction .....	24
3.1.2. Mesurer le défaut « à main levée ».....	25
3.1.3. Comment mesurer de manière prédictible la fente ?.....	26
3.1.4. Un protocole algorithmique .....	30
3.1.5. GAND classification .....	33
3.1.6. La précision du calcul face à la réalité clinique .....	36
<b>3.2. L'analyse du matériel dentaire environnant .....</b>	<b>38</b>
3.2.1. Le sinus .....	38
3.2.2. La cavité nasale .....	41
3.2.3. La qualité de l'os alvéolaire adjacent .....	43
3.2.4. La précision du CBCT pour les fenestrations et les déhiscences.....	46
3.2.5. Les découvertes fortuites lors de l'examen .....	48
<b>3.3. Application dans la préparation de la chirurgie.....</b>	<b>50</b>
3.3.1. Modèles 3D imprimés .....	50
3.3.2. Précision des modèles 3D .....	52
<b>3.4. Création de modèle 3D en préopératoire .....</b>	<b>52</b>
<b>4. L'analyse et le suivi de la greffe .....</b>	<b>57</b>
<b>4.1. L'évaluation de la greffe osseuse alvéolaire.....</b>	<b>57</b>
4.1.1. Évaluation par mesures linéaires.....	58
4.1.2. Évaluation par mesures volumétriques.....	60
4.1.3. Évaluation à l'aide d'une échelle .....	61
<b>4.2. La comparaison du modèle 3D pré-chirurgical et post-chirurgical .....</b>	<b>64</b>
<b>4.3. Analyse de la résorption.....</b>	<b>67</b>
<b>4.4. Améliorer la qualité de l'évaluation des greffes osseuses .....</b>	<b>70</b>
4.4.1. L'ajustement des paramètres d'acquisition .....	71
4.4.2. Ajustement des paramètres de lecture .....	72
<b>5. Conclusion .....</b>	<b>74</b>
<b>6. Bibliographie .....</b>	<b>75</b>

# 1. Introduction

Lors du développement de l'embryon humain puis du fœtus, de nombreuses malformations peuvent survenir, en particulier durant les premiers mois de gestation intra-utérine. Les malformations les plus fréquentes sont cardiaques (incidence voisine de 1%) (1) puis crânio-faciales avec les fentes labiales, alvéolaires et palatines. Ces dernières ont une incidence entre 0,8% et 1%, soit environ 800 nouveaux cas de fente par an en France (2).

La présence d'une fente chez le nouveau-né résulte d'une anomalie de fusion de bourgeons embryonnaires impactant la vie quotidienne du nourrisson puis de l'enfant. Les thérapeutiques de prise en charge essaieront ainsi de limiter les répercussions physiques et fonctionnelles dans le but d'améliorer la croissance, le confort et l'esthétique du patient.

La thérapeutique est multidisciplinaire et commence dès la naissance jusqu'au début de l'âge adulte, combinant à la fois des étapes chirurgicales comme par exemple la greffe alvéolaire et des étapes de traitement d'orthopédie dento-faciale pour corriger par exemple les malocclusions, les malpositions dentaires, les anomalies de la croissance de la face associées...

Le chirurgien maxillo-facial et l'orthodontiste auront pour intérêt de connaître toutes les subtilités de la fente de chacun de leurs patients avec notamment l'utilisation de la tomodensimétrie à faisceau conique (CBCT), examen radiographique en 3 dimensions permettant la caractérisation fine de la fente et son environnement.

L'objectif de ce travail est de lister de manière non exhaustive les outils mis à la disposition des praticiens pour explorer les fentes alvéolaires et palatines à l'aide du CBCT. Nous aborderons dans un premier temps quelques généralités sur les fentes et le Cone Beam, puis nous nous intéresserons à l'observation initiale de la fente et pour finir à l'analyse et le suivi des greffes.

## 2. Généralités

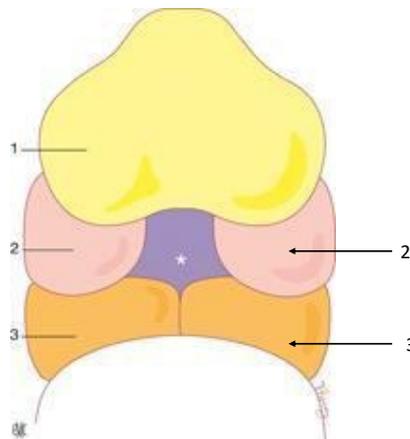
### 2.1. Les fentes

Les fentes alvéolaires et palatines sont la conséquence d'une anomalie de fusion entre les bourgeons naso-frontaux et maxillaires, durant la grossesse, aux 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> mois *in utéro* (2).

#### 2.1.1. Embryologie

La formation du palais primaire a lieu au cours de la 6<sup>ème</sup> semaine. Les bourgeons maxillaires se développent sous les ébauches optiques pour venir au contact des bourgeons nasaux internes et externes (figure 1).

La fusion entre les bourgeons maxillaires droit et gauche et le bourgeon nasal interne forme un massif cellulaire qui constitue le palais primaire (2).



*Figure 1 : formation de la face et des différents bourgeons.*

*1 : bourgeon nasofrontal*

*2 : les 2 bourgeons maxillaires*

*3 : les 2 bourgeons mandibulaires (3).*

Au moment de la 8<sup>ème</sup> semaine, en arrière du palais primaire, on retrouve les processus palatins qui vont s'accroître horizontalement de part et d'autre de la langue,

qui va passer en position buccale facilitant la fermeture et la fusion des processus pour obtenir le palais secondaire qui sera totalement fermé à la 12<sup>ème</sup> semaine (figure 2)(4).

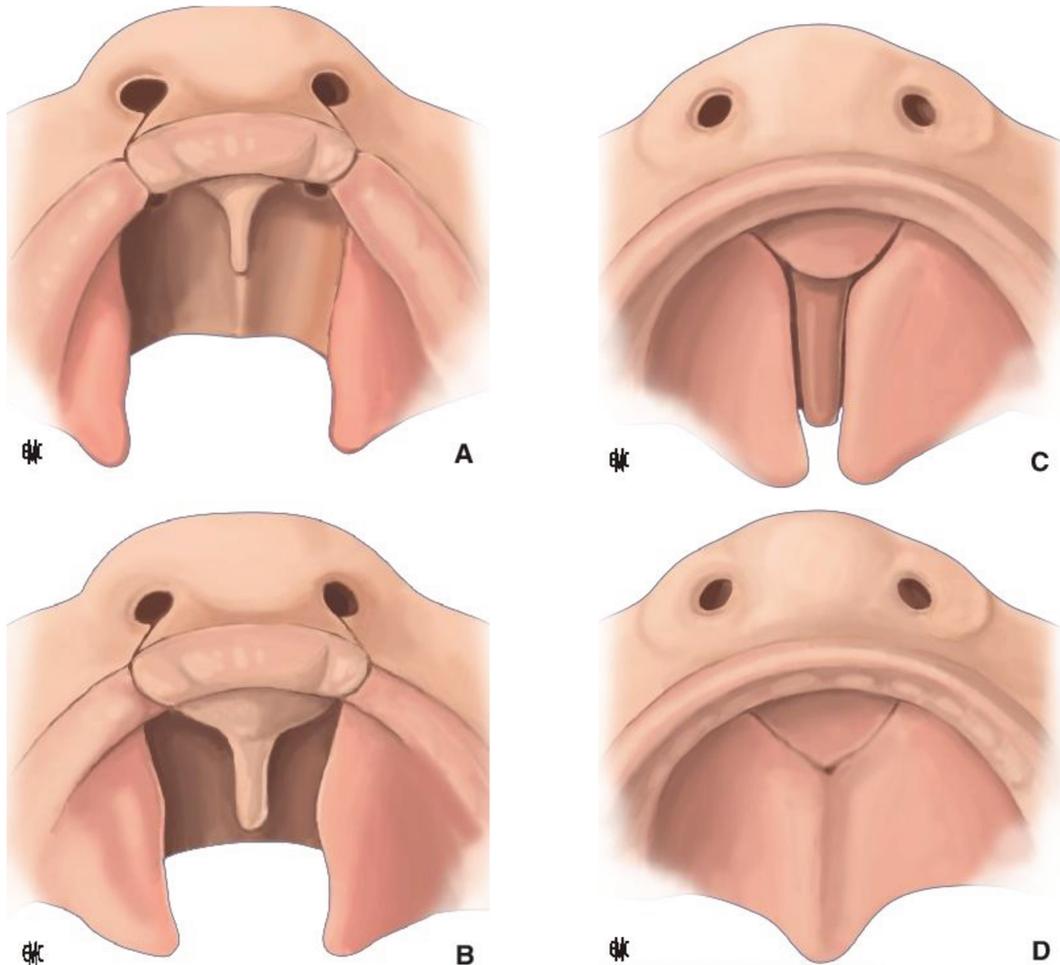


Figure 2 : formation du palais secondaire

A : aspect à la 8<sup>ème</sup> semaine

B : aspect à la 10<sup>ème</sup> semaine

C : aspect à la 11<sup>ème</sup> semaine

D : aspect à la 12<sup>ème</sup> semaine (2).

L'anomalie de fusion par mésodermisation a lieu entre la 5<sup>ème</sup> et la 12<sup>ème</sup> semaine *in utero*. Ainsi, il est possible de la détecter en anténatal, généralement entre la 20<sup>ème</sup> et la 24<sup>ème</sup> semaine *in utero* lors de l'échographie morphologique, deuxième échographie du suivi de grossesse.

Le diagnostic varie selon le type de fente et l'hôpital. Les fentes les plus simples à détecter sont celles touchant la lèvre à l'inverse de celles intéressant exclusivement le voile du palais. Le suivi sera plus précis en cas d'antécédent familial car la pathologie présente un caractère génétique (1).

En échographie 2D, la face s'étudie selon le plan frontal ou transversal. Il est simple de détecter une fente labiale qui se manifestera par la mise en évidence d'une discontinuité de la lèvre supérieure sur une coupe frontale de la face.

L'échographie 3D, en mode surfaçage (figure 3), complémentaire à celle 2D a permis d'améliorer le taux de diagnostic des fentes labiales qui peut aller jusqu'à 90% dans certains centres de référence (1).



*Figure 3 : échographie en 3D (mode surfaçage) d'un fœtus de 21 semaines porteur d'une fente labiale bilatérale (2).*

### 2.1.2. Étiologie

On peut distinguer des facteurs génétiques et des facteurs liés à l'environnement.

Très peu de fentes ont une hérédité liée à une anomalie génétique seule mais on peut citer des syndromes comme la microdélétion 22q11 ou le syndrome vélo-cardio-facial (4).

Les fentes isolées sont souvent des anomalies multifactorielles qui font intervenir à la fois des facteurs héréditaires et des facteurs environnementaux (4).

Enfin, les facteurs environnementaux seuls peuvent entraîner une fente tels que la consommation d'alcool durant la grossesse, un déficit en acide folique, une prise de médicaments à effets tératogènes, un diabète insulino-dépendant...

### 2.1.3. Les différentes formes

La classification de Kernahan et Stark établie en 1958 fait référence et distingue 2 types :

- Fente du palais primaire en avant du foramen incisif,
- Fente du palais secondaire en arrière du foramen incisif (5).

#### **Les fentes du palais primaire :**

Les fentes du palais primaire ou labio-alvéolaires résultent d'une anomalie entre la 5<sup>ème</sup> et la 8<sup>ème</sup> semaine *in utero*.

Elles se situent en latéral, sur le plan des parties molles, au sommet de l'arc de Cupidon et de la crête philtrale, ainsi qu'au niveau osseux en regard du germe de l'incisive latérale.

On constate une mésodermisation qui se fait de l'arrière vers l'avant. Par conséquent, les formes de fentes les plus incomplètes sont uniquement labiales et une fente alvéolaire est toujours labiale (2).

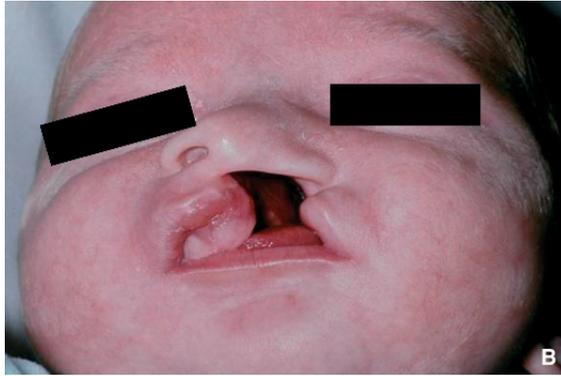
#### **Les fentes du palais secondaire :**

En ce qui concerne les fentes du palais secondaire ou palato-vélaires, le problème de fusion s'observe entre la 8<sup>ème</sup> et 12<sup>ème</sup> semaine *in utero*.

Ici on constate un défaut médian, postérieur, symétrique qui dans la forme la plus complète peut aller en avant du foramen incisif et en arrière jusqu'à la luette.

La déhiscence empêche le voile du palais de jouer son rôle physiologique de cloison mobile entre le *cavum* et l'oropharynx et provoque par conséquent des désordres fonctionnels d'ordre phonétique (2)(4).

Les fentes du palais primaire et secondaire (labio-alvéolo-palato-vélares) ou fentes totales associent de façon plus ou moins complètes les deux types. Elles sont uniques ou bilatérales, symétriques ou non (figures 4 et 5).



*Figure 4 : Fente unilatérale totale (2).*

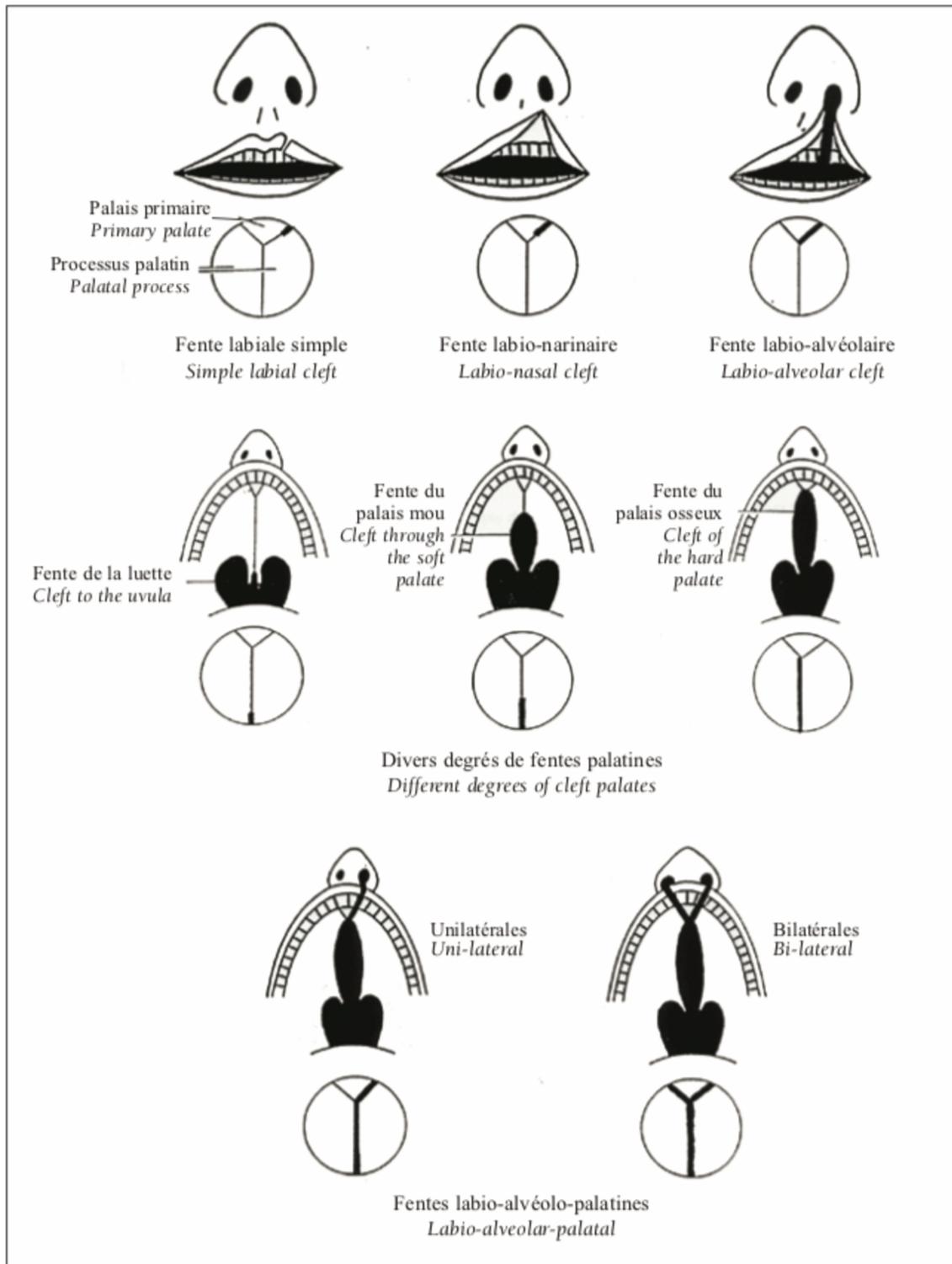


Figure 5 : Les différentes formes de fentes (4).

Au niveau clinique on constate :

- Des fentes labiales simples,
- Des fentes labio-narinaires,
- Des fentes labio-alvéolaires (partielles, totales, uni ou bilatérales, associées ou non),
- Des fentes palatines.

## 2.1.4. Les anomalies anatomiques

Le nouveau-né va présenter des anomalies :

- Cutanéomuqueuses,
- Cartilagineuses,
- Vasculaires,
- De l'arcade alvéolodentaire,
- Du palais dur,
- Du voile du palais,
- Dentaires,
- Mandibulaires comme par exemple la micro-rétromandibulie,
- De la région orbito-palpébrale (2).

Au niveau des tissus mous, le profil cutané est le reflet du profil squelettique. Ainsi, les enfants présenteront une dysharmonie faciale due aux déformations squelettiques initiales, aux déficits tissulaires et aux séquelles des interventions chirurgicales (4).

La fente alvéolaire passe généralement juste en dehors, ou au niveau du site de l'incisive latérale, qui va délimiter dans les fentes unilatérales un grand fragment (partie distale du segment antérieur incisif) et un petit fragment (partie mésiale du segment postérieur canin) qui auront une forme triangulaire (figure 6) (2).

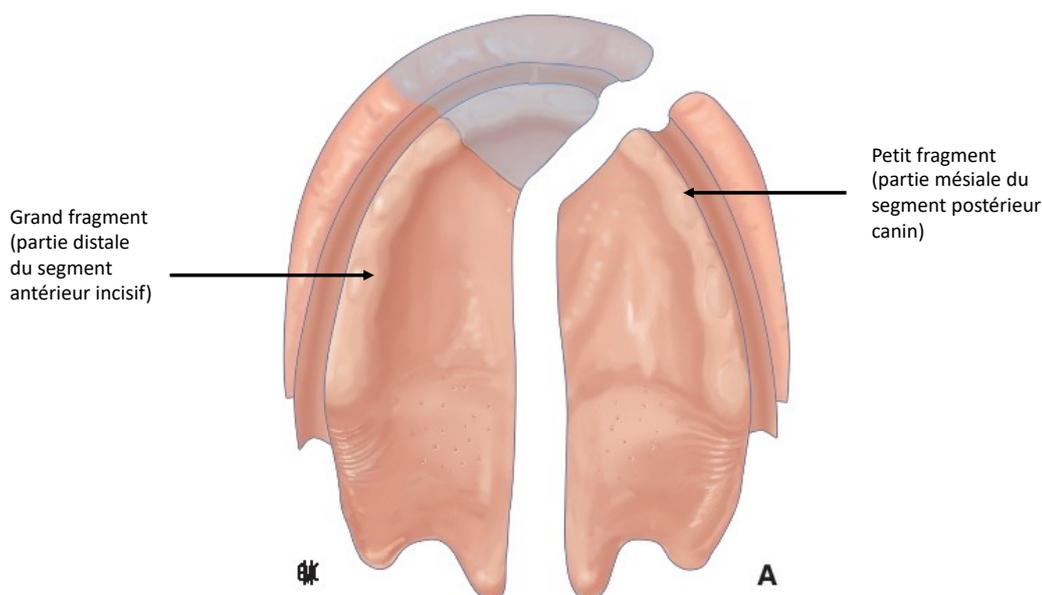
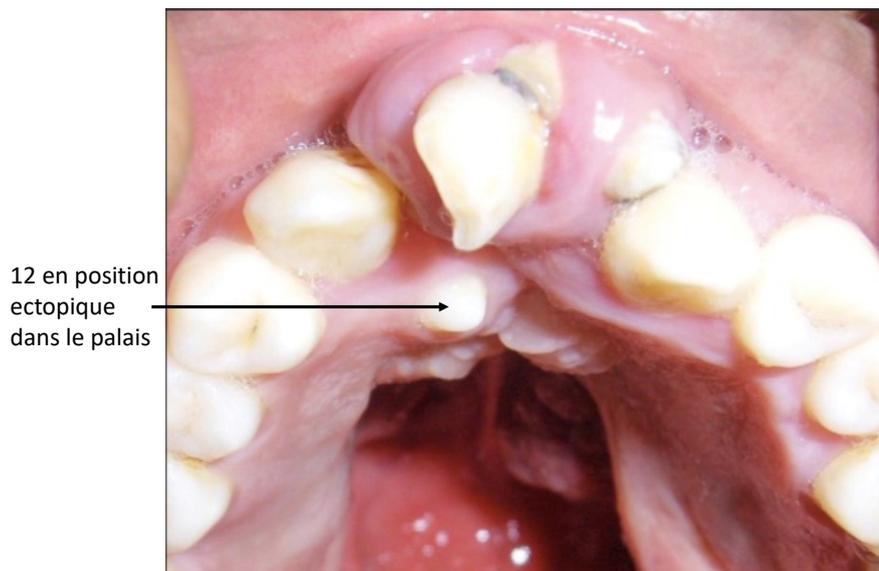


Figure 6 : fente unilatérale totale (2).

Au niveau dentaire on retrouve surtout des anomalies de nombre comme les agénésies et dents surnuméraires, avec une fréquence qui augmente avec l'importance de la fente. La dent la plus concernée est l'incisive latérale suivie de la 2<sup>ème</sup> prémolaire maxillaire (2,4).

Des anomalies de position sont également observées ; les germes seront mal agencés (figure 7) car la base osseuse est elle-même désagencée. Enfin, des anomalies de forme sont rencontrées comme le plus souvent un aspect riziforme de l'incisive latérale (4).



*Figure 7: ectopie de 12 dans le palais dans une fente labio-palatine bilatérale complète (6).*

#### 2.1.5. Prise en charge chirurgicale primaire des fentes vélopalatines

L'objectif est de fermer la fente avec le minimum de séquelles possibles mais surtout de favoriser la phonation et la croissance du maxillaire.

Delaire conseille de fermer en deux temps opératoires le voile à 6 mois par véloplastie intravélaire et la fente palatine résiduelle en deux plans vers 16 à 18 mois.

Néanmoins, il est possible d'exécuter la fermeture en un seul temps (7).

La véloplastie consiste à faire une dissection des muscles du voile dans le but de reconstruire le sphincter vélaire.

### 2.1.6. Prise en charge chirurgicale primaire de la fente alvéolaire

La fermeture se fait par gingivopériostéoplastie (GPP), associée plus ou moins à une greffe osseuse selon les cas. Elle s'effectue entre 4 et 10 ans.

Certains auteurs préconisent une prise en charge avant 6 ans pour normaliser la forme de l'arcade avant l'éruption des dents définitives et de prendre en charge les décalages maxillo-mandibulaire plus facilement (7).

On observe lors des fentes alvéolo-palatines une endomaxillie du petit fragment du fait de l'absence de continuité osseuse entre les deux arcades maxillaires qui devra être traitée orthodontiquement avant la chirurgie (7).

Une greffe osseuse peut être associée, le site donneur le plus classique étant la crête iliaque.

Les intérêts sont :

- Stabilisation du maxillaire et maintien du résultat orthodontique,
- Descente facilitée de l'incisive latérale (si pas d'agénésie),
- Diminution de la résorption des dents adjacentes (engendrée par les malpositions dentaires et les contacts qui en résultent),
- Reconstruction de l'orifice piriforme qui joue un rôle fonctionnel dans la ventilation nasale (7).

Un traitement chirurgical secondaire peut avoir lieu en cas de séquelles. Il intéresse surtout les déformations de la lèvre et du nez, les défauts osseux résiduels ainsi que l'insuffisance vélopharyngée qui provoque des désordres fonctionnels au niveau de la déglutition, la phonation, la respiration et au niveau de la trompe d'Eustache (8).

Ainsi, il est nécessaire pour effectuer une prise en charge adéquate d'avoir une information précise concernant l'anatomie des fentes. L'utilisation de l'imagerie médicale et plus particulièrement l'imagerie 3D comme le CBCT nous permettront d'atteindre cet objectif.

## 2.2. Le Cone Beam

Le Cone Beam connaît une grande expansion dans le domaine dentaire. Cette technique radiographique permet d'obtenir des images des structures osseuses et dentaires de résolution de plus en plus élevées tout en limitant l'exposition aux rayonnements X des patients par rapport aux autres techniques telles que le scanner (9).

### 2.2.1. Principe

Le CBCT consiste en un mouvement tomographique associant la rotation synchrone d'un tube radiogène et d'un capteur plan autour du patient (figure 8). La géométrie du faisceau est un cône dont le diamètre varie en fonction de la taille du champ utilisé tandis que celle du scanner est le résultat d'une multitude de balayages de faisceaux de faible épaisseur (9).

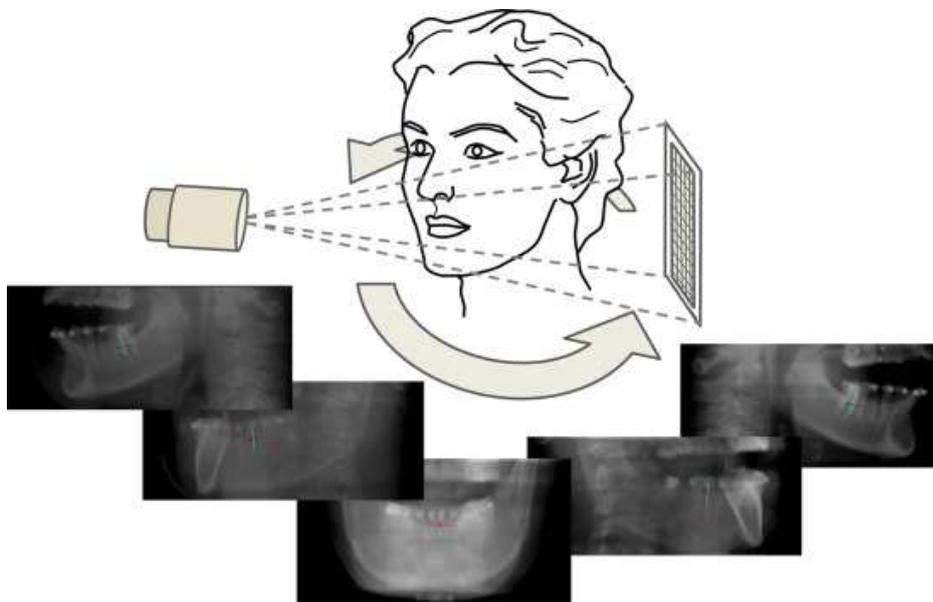


Figure 8 : Principe d'acquisition du cone beam (9).

Comme le décrit la HAS dans son rapport, « la technique de la tomographie volumique à faisceau conique de la face (cone beam computed tomography ou cone beam) consiste en un générateur de rayons X qui émet un faisceau ouvert de forme conique pulsé ou continu et traversant l'objet à explorer avant d'être analysé après atténuation par un système de détection ».

Concernant les dimensions, la plupart des appareils offrent une taille de 8x8 cm, certains peuvent aller jusqu'à la tête complète (21x19 cm) alors que d'autres proposent des champs 4x4 cm permettant d'obtenir une très haute résolution.

La résolution standard est de 200 microns mais peut aller jusque 50 microns. L'acquisition se déroule en 2 étapes, le recueil des projections puis la reconstruction par rétroprojection filtrée.

La qualité est supérieure à celle du scanner grâce à ses pixels isotropiques de petite taille. Les logiciels de traitement de plus en plus performants permettent d'augmenter le rendu notamment avec les algorithmes de suppression limitant les artéfacts métalliques (9).

### 2.2.2. Avantages du Cone Beam

L'avantage du Cone Beam est sa faible dose de rayons X délivrée par rapport au scanner médical. La dose d'irradiation peut être réduite jusqu'à 12 fois (dépendant de la qualité de l'appareil), notamment grâce à l'utilisation de petit champ et d'un faisceau de rayons X de faible niveau d'énergie.

On peut lister les avantages du CBCT par rapport au scanner traditionnel :

- Moins cher et système plus petit,
- Faisceau de rayons X plus petit,
- Image plus précise,
- Temps d'acquisition plus rapide,
- Irradiation plus faible,
- Mode d'affichage exclusif à l'imagerie dento-faciale,
- Diminution des artéfacts métalliques et cinétiques (10).

### 2.2.3. Intérêt dans l'étude des fentes

L'utilisation du Cone Beam pour les patients présentant une fente palatine ou alvéolaire est utile pour les étapes pré-opératoires et les étapes d'évaluation thérapeutique.

La création en temps réel d'images dans différents plans de l'espace à travers le volume étudié a de nombreuses utilités dans l'étude des fentes.

En effet, la reconstruction 3D associée à la navigation 3D permet une observation pré-opératoire de la fente (figure 9) :

- Volume du défaut osseux,
- Localisation précise,
- Présence ou non de dent surnuméraire,
- Agénésie,
- Morphologie osseuse (10).

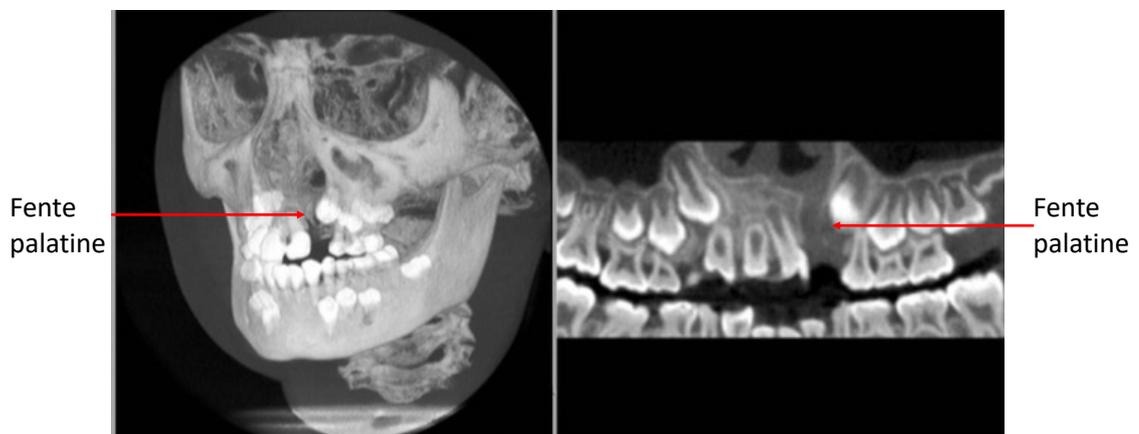


Figure 9: Image d'un patient porteur d'une fente palatine unilatérale (à gauche)(10).

## 3. L'observation initiale de la fente

### 3.1. Le défaut osseux initial

#### 3.1.1. Introduction

Avant l'apparition de l'imagerie 3D et sa démocratisation, les fentes étaient observées par orthopantomogramme ou radiographie à incidence occlusale.

Le principal problème est que ces méthodes nous donnent une image 2D d'un volume en 3D, notre perception est donc faussée : observation de distorsions, de différences de grossissement et de superpositions de structures.

On remarque aussi un manque d'informations sur la morphologie transversale et bien sûr le volume (11).

Pour caractériser correctement une fente, il est nécessaire de trouver des repères anatomiques fiables qui pourront être normalisés pour permettre de mesurer et comparer les fentes mais aussi d'obtenir une reproductibilité de la technique permettant d'apprécier l'évolution dans le temps de la fente (avant et après chirurgie par exemple) (11).

Le fait de pouvoir observer en 3D la fente (figure 10) permet à l'équipe chirurgicale de mieux planifier l'intervention et de minimiser tout excès de prélèvement de greffe osseuse mais aussi de diminuer le temps opératoire, les coûts et les risques de morbidité tout en améliorant les résultats du traitement (11).



Figure 10: image CBCT d'une fente alvéolaire chez un patient de 11 ans (12).

### 3.1.2. Mesurer le défaut « à main levée »

Il est intéressant de connaître le volume osseux précis manquant, notamment dans le cas de greffe pour déterminer quel site donneur sera prélevé.

Généralement, l'os autogène nous vient de la crête iliaque mais aussi du tibia, de la mandibule, des côtes ou du crâne.

Le calcul se fait dans la zone de la fente à l'aide d'une image panoramique de l'arcade liée à l'image axiale et d'une image en coupe perpendiculaire à l'arcade avec un intervalle de coupe de 1mm (13).

Les limites de la zone sont :

- Largeur : largeur de l'os alvéolaire manquant entre les dents adjacentes de la fente,
- Bord supérieur : marge inférieure de l'ouverture nasale antérieure,
- Bord inférieur : bord alvéolaire adjacent à la fente (13).

Le traçage de la zone se fait à main levée sur l'image en coupe axiale avec des ajustements fait de manière arbitraire pour ajuster la limite entre l'os et la fente. Quand la limite est peu visible, le trait est déterminé selon la morphologie du côté non affecté et de la symétrie droite - gauche.

Pour finir le calcul final est fait par un radiologue spécialisé dans cette zone (figure 11) (13).

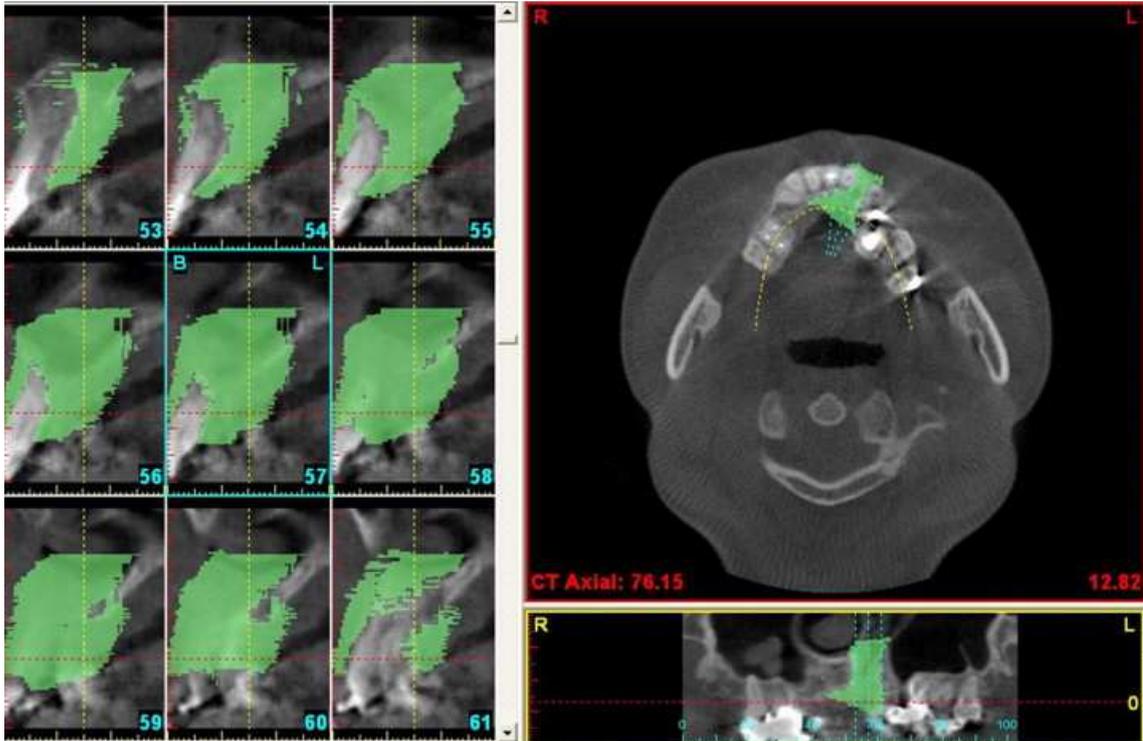


Figure 11: Données TDM préopératoires montrant la fente alvéolaire. La zone de greffe est indiquée en vert (13).

### 3.1.3. Comment mesurer de manière prédictible la fente ?

La plupart des méthodes de calcul du volume ne sont pas standardisées et présentent donc des biais possibles entre les différents opérateurs, il serait donc intéressant de normaliser les limites anatomiques (11).

Ainsi, en 2015, Linderup et *al.* proposent de :

- Déterminer les limites anatomiques tridimensionnelles du défaut osseux,
- Traduire précisément ces limites anatomiques en repères et plans céphalométriques fiables qui peuvent être utilisés pour l'analyse par CBCT,
- Normaliser les paramètres d'acquisition et de reconstruction d'images,
- Tester la reproductibilité du protocole (11).

Ils ont déterminé cinq repères céphalométriques coordonnés (figures 12 et 13) dans au moins deux plans de l'espace.

Repères	Définition
ANS	Épine nasale antérieure
ANS-10bl	Point de construction situé 10 coupes en dessous de l'épine nasale antérieure
CEJ-cs	Jonction amélo-cémentaire au niveau de la face vestibulaire de l'incisive centrale du côté de la fente
GPF-l	Foramen grand palatin gauche
GPF-r	Foramen grand palatin droit

*Figure 12: Tableau des repères anatomiques (11).*

Le plan de référence est défini comme le plan passant par un point situé au niveau de la jonction amélo-cémentaire de la face vestibulaire de l'incisive centrale du côté de la fente (CEJ-cs sur la figure 13) et par le foramen grand palatin gauche (GPF-l) et droit (GPF-r).

Ensuite deux plans horizontaux ont été définis par rapport au plan de référence pour définir les bords supérieur et inférieur :

- Le plan y-inférieur (Y-inf) est similaire au plan de référence,
- Le plan y-supérieur (Y-sup) est le plan situé 10 tranches (0,3mm x 10= 3mm) en dessous de l'épine nasale antérieure (ANS-10bl) et parallèle au plan de référence (11).

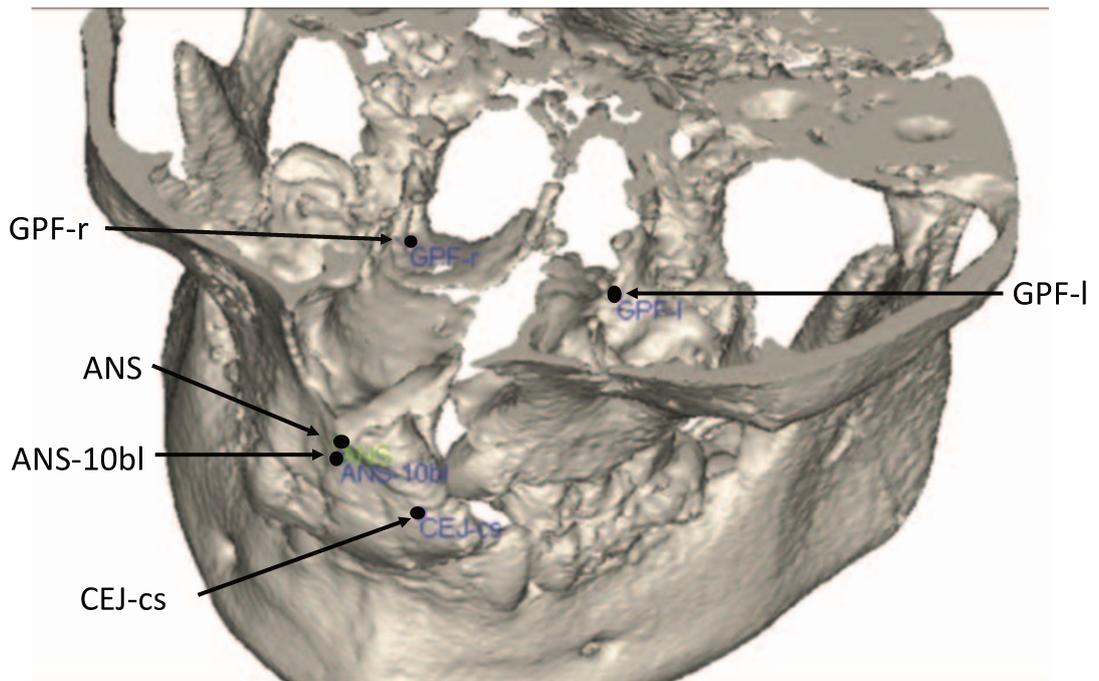


Figure 13 : repères anatomiques sur une reconstruction 3D CBCT (11).

Dès que tous ces repères sont déterminés, il est nécessaire de traiter l'image 3D. Tout d'abord en déterminant le niveau de seuil en se basant sur l'os alvéolaire adjacent à la fente (figure 14).

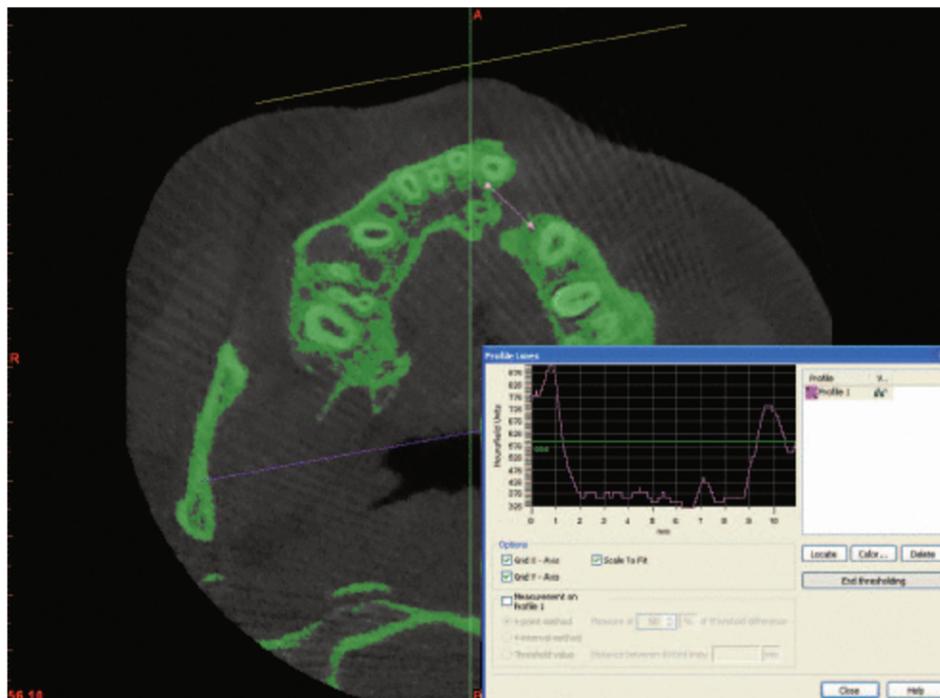


Figure 14: capture d'écran du réglage du seuil de l'os, la flèche violette indique la ligne de profil utilisée (11).

Grâce au seuil et aux valeurs minimales et maximales il est possible de définir une couche de structures qu'on appelle masque. Ce dernier sera ensuite transformé en objet 3D.

A partir de la coupe axiale et en naviguant, le défaut osseux est segmenté dans trois plans de l'espace selon ces règles (figure 15) :

- Vestibulaire/palatin : les contours de l'os controlatéral sont utilisés comme gabarit pour tracer ceux du côté de la fente,
- Mésial/distal : le seuil entre l'os et le défaut définit automatiquement les limites,
- Supérieur/inférieur : le masque d'une coupe en dessous de (Y-inf) et d'une coupe au-dessus de (Y-sup) est éliminé, définissant les marges (11).

Suite à la segmentation, un objet 3D du défaut est généré à partir de tous les masques 2D et un calcul du volume est possible grâce à un outil du logiciel d'analyse 3D (ici Mimics).

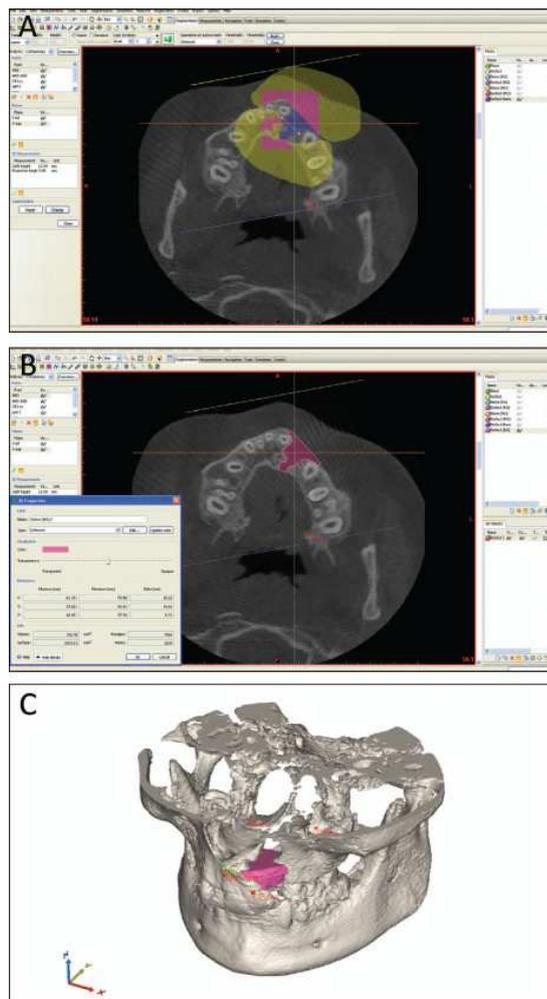


Figure 15 : capture d'écran de la segmentation. A : illustration en plan axial de la segmentation du défaut alvéolaire sur une seule coupe. B : plan axial après segmentation totale. C : modèle tridimensionnel illustrant le défaut segmenté (11).

Afin de calculer la prédictibilité, la reproductibilité inter et intra-observateur a été calculée et aucune différence significative ne fut trouvée. La méthode et la définition des repères et limites anatomiques est donc fiable (11).

Quelques difficultés sont apparues néanmoins, la limite anatomique supérieure était la plus difficile à évaluer.

Le choix de la valeur seuil est compliqué aussi, il n'est pas possible de déterminer une valeur standard car le niveau dépend du balayage du CBCT ou encore du bruit. C'est pour cela qu'ils ont déterminé le seuil manuellement dans l'étude (11).

### 3.1.4. Un protocole algorithmique

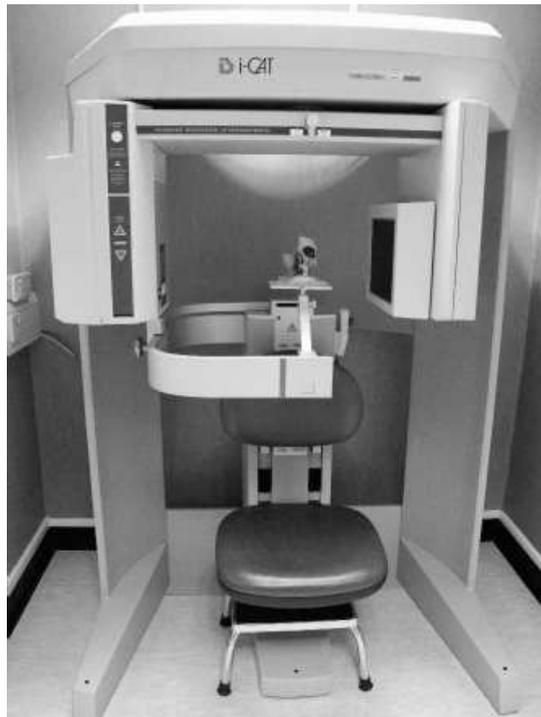
Pour créer cette technique, Kasaven et *al.* se sont intéressés à des crânes séchés hémisectés avec un défaut alvéolaire maxillaire simulé grâce à une pièce à main et une fraise (figure 16).

Pour pouvoir observer le défaut, il a été recouvert de ciment verre ionomère (14).



Figure 16: modèle de crâne avec le défaut osseux alvéolaire maxillaire simulé (14).

Le crâne est ensuite scanné à l'aide d'un i-CAT CBCT (figure 17).



*Figure 17: modèle de crâne scanné (14)*

### **L'algorithme MATLAB**

Pour chaque tranche axiale du CBCT, l'algorithme généré spécialement à partir du logiciel MATLAB va créer un cercle positionné au centre du vide avec des lignes rayonnantes à partir du centre.

Les lignes rayonnantes sont positionnées tous les 10 degrés pour obtenir un échantillon dense de la limite de la fente.

Le long de chaque ligne, en passant de l'air à l'os, en raison du contraste, le niveau de gris va augmenter. L'algorithme va marquer sur chaque ligne un point quand le niveau de gris passe un certain seuil qui a été fixé à 50 (figure 18).

Une fonction supplémentaire permet de repositionner les points lorsque la limite était clairement identifiée de manière aberrante (14).

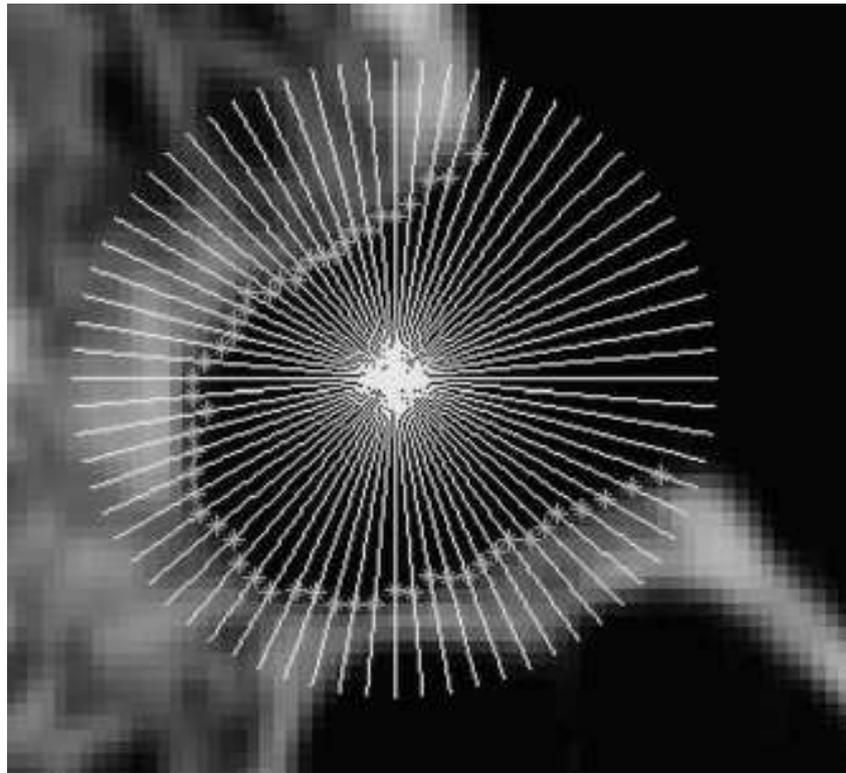


Figure 18: application de l'algorithme sur une tranche 2D, sur chaque ligne (espacées de  $10^\circ$ , les points marquent où le seuil en niveau de gris a été atteint, représentant la limite du défaut (14).

Le volume de chaque tétraèdre est ensuite calculé et tous les volumes sont additionnés pour fournir le volume définitif de la fente (figure 19).

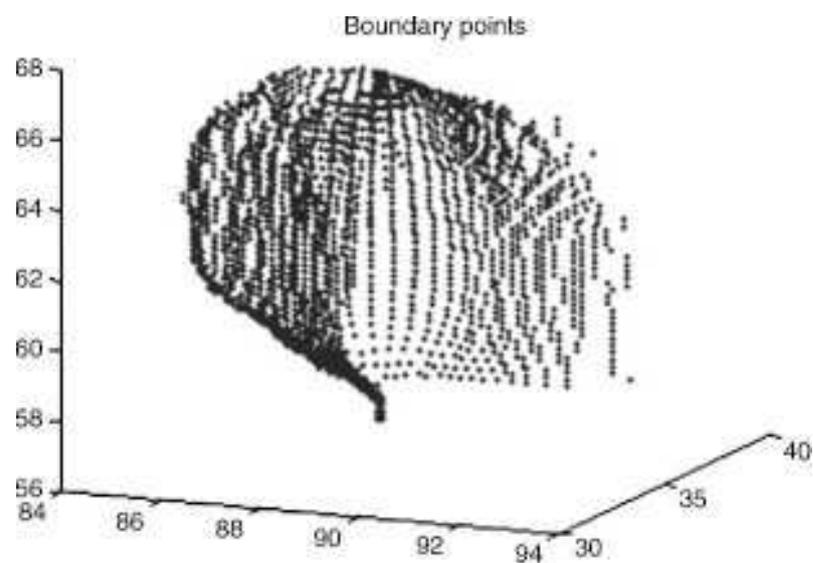


Figure 19: tous les points limites de chaque tranche 2D (14).

Afin de regarder si cette méthode est fiable, les crânes ont été scannés ensuite à l'aide d'un micro-CT et le volume a été calculé à l'aide du programme Volume Graphics.

Le micro-CT présente une résolution plus élevée, de l'ordre du micromètre, mais la dose de rayonnement est plus importante, allant de 17 mGy à 300 mGY. Grâce à sa haute résolution et son logiciel très performant il peut être considéré comme le Gold Standard pour permettre les comparaisons (14).

Après analyse statistique, aucune différence significative entre les 2 volumes n'a été observée. L'algorithme est donc fiable et permet de valider l'utilisation du CBCT pour le calcul du volume du défaut alvéolaire.

Il a été observé que les analyses par CBCT ont tendance à sous-estimer le volume, ici d'environ 4%, ce qui est en adéquation avec l'étude de Liu et *al.* (15) qui retrouve une sous-estimation du même ordre. C'est donc un facteur à prendre en compte pour la chirurgie (14).

### 3.1.5. GAND classification

Une étude dirigée par Barbosa et *al.* (16) a tenté d'établir une nouvelle classification des fentes. Le constat était que la plupart des classifications disponibles à ce jour identifiaient les types de fente selon l'examen clinique, des photographies ou des images bidimensionnelles.

Cette classification étudie 4 paramètres (figure 20) :

- La largeur de la fente (Gap),
- La forme de l'arcade (Arch form),
- Le plancher nasal (Nasal floor),
- Les caractéristiques dentaires (Dental features) (16).

Un score sera défini en additionnant le chiffre de chaque paramètre et permettra aux praticiens d'estimer rapidement l'étendue de la fente. Plus le score est élevé, plus la fente est complexe. Il permettra de communiquer facilement et rapidement entre praticiens sur l'importance de la fente.

#### 3.1.5.1. La largeur de la fente

Elle est évaluée qualitativement et on la classe en 3 parties :

- G1 : encoche du processus alvéolaire,
- G2 : petit défaut,
- G3 : grand défaut.

#### 3.1.5.2. La forme de l'arcade

L'évaluation est basée sur la position du petit segment. La forme de l'arcade peut être mieux visualisée dans le plan axial en coupant la mandibule et en observant le maxillaire sur le modèle 3D en vue axiale :

- A1 : arcade maxillaire alignée,
- A2 : petit segment rétréci antérieurement,
- A3 : petit segment rétréci antérieurement et postérieurement.

#### 3.1.5.3. Le plancher nasal

L'ampleur des défauts est visible sur les reconstructions en projection d'intensité maximale.

- N1 : encoche du plancher nasal,
- N2 : petit défaut du plancher nasal,
- N3 : grand défaut du plancher nasal.

#### 3.1.5.4. Les caractéristiques dentaires

Une première évaluation est faisable avec la reconstruction panoramique obtenue avec les images CBCT. Les coupes dans les 3 plans doivent ensuite confirmer le diagnostic.

L'évaluation est la suivante :

- D1 : aucune dent manquante et aucune malformation,
- D2 : présence de dents malformées ou surnuméraires dans les régions adjacentes à la fente,
- D3 : dents permanentes manquantes dans les régions adjacentes à la fente.

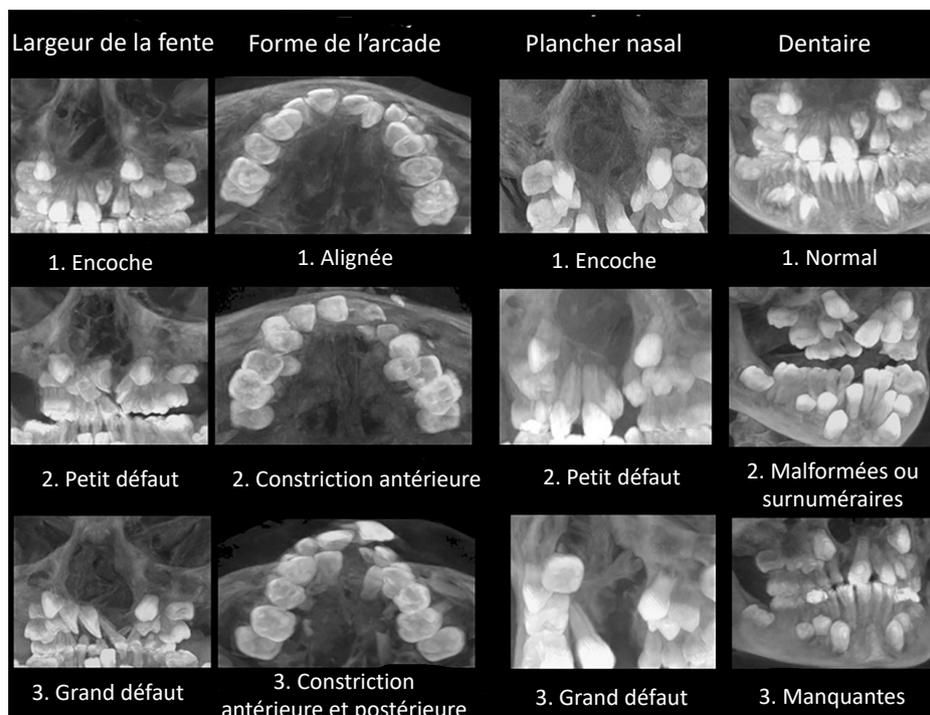


Figure 20: résumé des différents critères de la classification (16).

Lorsqu'une nouvelle classification est proposée, il est nécessaire d'évaluer sa reproductibilité entre différents observateurs, notamment avec le kappa. Il était satisfaisant à excellent pour le paramètre de la largeur de la fente, du plancher nasal et des dents mais beaucoup plus faible sur l'évaluation de l'arcade. Ainsi, il existe une limite de cette classification.

Les auteurs justifient cela par une difficulté possible de lecture compte tenu de l'encombrement dentaire ou l'existence d'une déficience maxillaire. L'examen clinique permettrait de réduire ces erreurs d'interprétation (16).

Cette classification permet donc une estimation rapide de l'étendue et de la complexité de la fente. Cependant, elle ne permet pas de corrélérer le score avec l'évaluation volumétrique. En effet, il n'a pas été mis en évidence d'association positive mais seulement une tendance croissante : lorsque le score augmente, le volume augmente (17).

### 3.1.6. La précision du calcul face à la réalité clinique

Le CBCT est souvent rapporté comme le meilleur moyen d'observer de manière la plus précise les fentes mais il est nécessaire de déterminer si ce calcul de volume se rapproche réellement de la réalité clinique.

Un écart d'évaluation pourrait être problématique pour la préparation de la chirurgie ou le choix du site donneur (17).

Des études antérieures avaient essayé d'observer la précision grâce à des crânes secs et d'autres plus récentes de manière clinique.

Dans l'étude d'Etemadi et *al.* (17), l'objectif était de comparer la taille réelle de la fente en la mesurant de manière clinique durant l'étape chirurgicale et la taille déterminée par exploitation des données CBCT.

En pré-opératoire, un CBCT était effectué sur chaque patient et le défaut était mesuré grâce à la formule suivante (figure 21) :

$V = \text{somme de la surface du défaut en coupe axiale} \times \text{hauteur du défaut en vue frontale}$   
/ nombre de coupes impliquées



Figure 21: estimation du volume du défaut grâce au CBCT (17).

La comparaison a donc été réalisée pendant la chirurgie à l'aide d'un matériau d'empreinte en silicone à condensation stérile sans son activateur (figure 22) pour enregistrer le défaut (17).



*Figure 22: comblement du défaut avec un matériau d'empreinte en silicone à condensation stérile sans son activateur (17).*

Ce dernier a ensuite été retiré et mis dans une seringue de 1cc indiquant ainsi le volume clinique de la fente alvéolaire (figure 23).



*Figure 23: volume du matériau d'empreinte dans une seringue représentatif du volume clinique du défaut (17).*

Dans leurs résultats, ils ont pu observer des différences significatives entre les volumes estimés cliniquement et le volume estimé par CBCT.

En effet, l'imagerie CBCT a tendance à surestimer le volume du défaut osseux ; le chirurgien devra en tenir compte pour la procédure de greffe. Ce résultat n'est pas en adéquation avec l'étude de Kasaven et *al.* (14) qui se basait sur le calcul algorithmique du volume comparé à une analyse micro-CT. On peut expliquer la différence entre les 2 études par le fait que celle de Kasaven présente des conditions d'étude plus stables et simples : sur crâne sec, l'absence de tissus mous permettrait de déterminer les limites plus facilement. Les 2 études n'ont pas la même méthode d'évaluation, mais on peut dire que le volume estimé n'est pas égal au volume réel et qu'il faut tenir compte d'une marge d'erreur.

On peut expliquer les différences significatives entre les volumes estimés cliniquement et le volume estimé par la différence entre les limites cliniques et les limites observées en radiographie. En effet, la plupart des limites déterminées par imagerie se basent sur une comparaison entre le côté atteint par la fente et le côté intact dans le cas d'une fente unilatérale tandis que lors de l'intervention cela n'est pas possible. De plus, le matériau à empreinte ne peut pas combler toutes les contre-dépouilles et angles du défaut osseux (17).

## 3.2. L'analyse du matériel dentaire environnant

### 3.2.1. Le sinus

Le sinus maxillaire se situe juste au-dessus de l'arcade dentaire maxillaire. Il entretient donc un rapport étroit avec les dents maxillaires. De plus, sa formation commençant à la 3<sup>ème</sup> semaine *in utero*, il est fort probable que sa morphologie sera affectée chez les porteurs de fente (18).

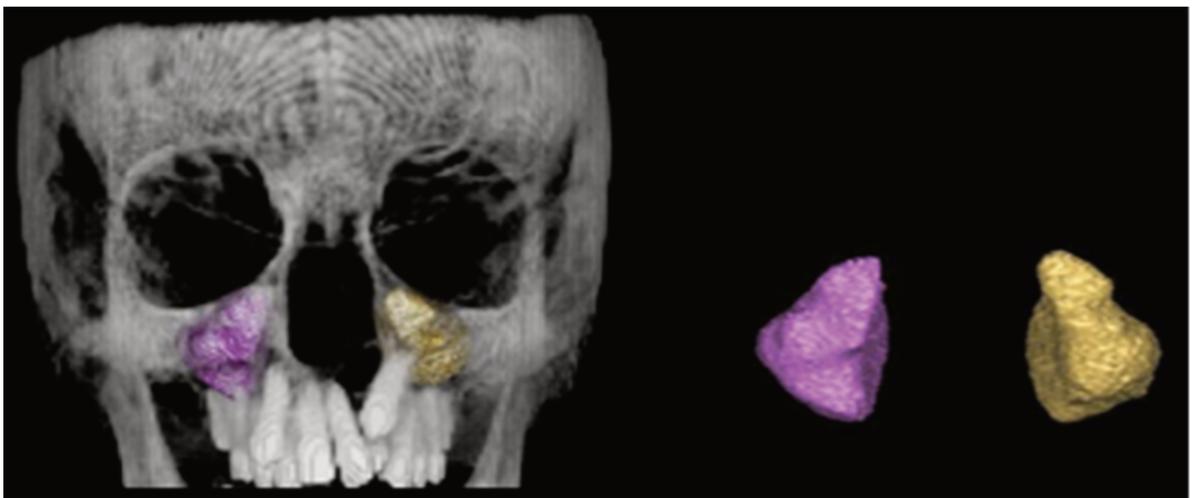
Connaitre sa hauteur, sa taille, ses rapports ou non avec les racines des dents maxillaires permet une meilleure planification de la thérapeutique.

D'anciennes études s'étaient intéressées à son volume en utilisant la radiographie 2D (19) et n'avaient pas mis en évidence de différence significative entre

un sinus d'un patient sain et un sinus d'un patient porteur de fente. D'autres études plus récentes ont analysé le volume sinusal à l'aide de la radiographie 3D.

L'apport de la 3D permet d'observer précisément ce volume. Les porteurs de fente présentent très régulièrement des problèmes de sinusites maxillaires et l'étude d'Erdur et *al.* suppose qu'une différence de taille pourrait prédisposer aux sinusites (18).

Sur le logiciel SimPlant Pro, la segmentation du sinus gauche et droit a été réalisée manuellement (figure 24). Les liaisons du sinus maxillaire avec les fosses nasales et les autres sinus dans les 3 plans (axial, frontal, sagittal) ont été supprimées. La valeur du volume est calculée par le logiciel (18).



*Figure 24: reconstruction 3D des sinus maxillaires (18)*

En comparant les résultats à un groupe de patients sains, du même âge, il a été observé que le volume moyen du sinus chez le patient porteur de fente est significativement plus petit. A l'inverse, il n'existe pas de différence entre le côté fendu et le côté non-fendu (18).

La récurrence de sinusite pourrait s'expliquer par cette taille inférieure, en rapport avec l'hypoplasie du maxillaire, provoquant ainsi un drainage moins efficace du sinus maxillaire.

Il est possible de mesurer un nombre important de valeurs :

- Hauteur,
- Largeur,
- Profondeur,
- Hauteur de l'infundibulum,
- Dimension de l'ostium,
- Déviation de la cloison nasale,
- Épaisseur de la muqueuse sinusienne (figure 26) (20).

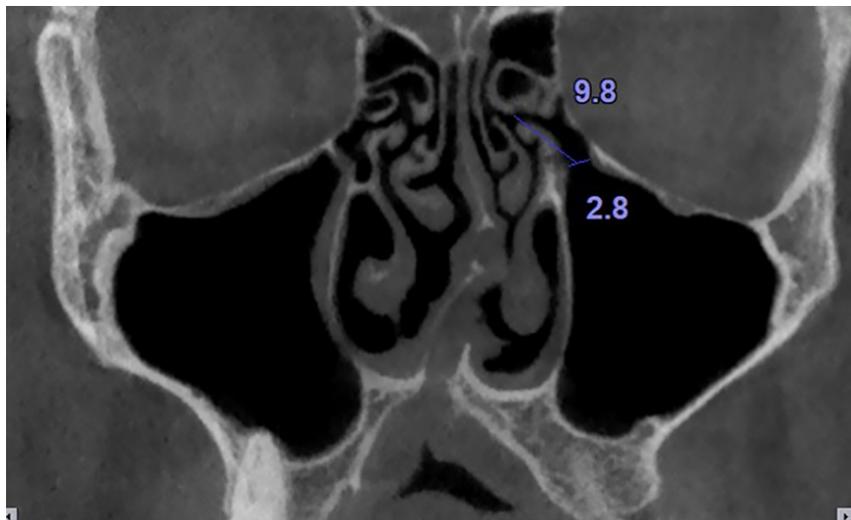


Figure 25: mesure de la hauteur de l'infundibulum et du diamètre de l'ostium du sinus maxillaire (20)

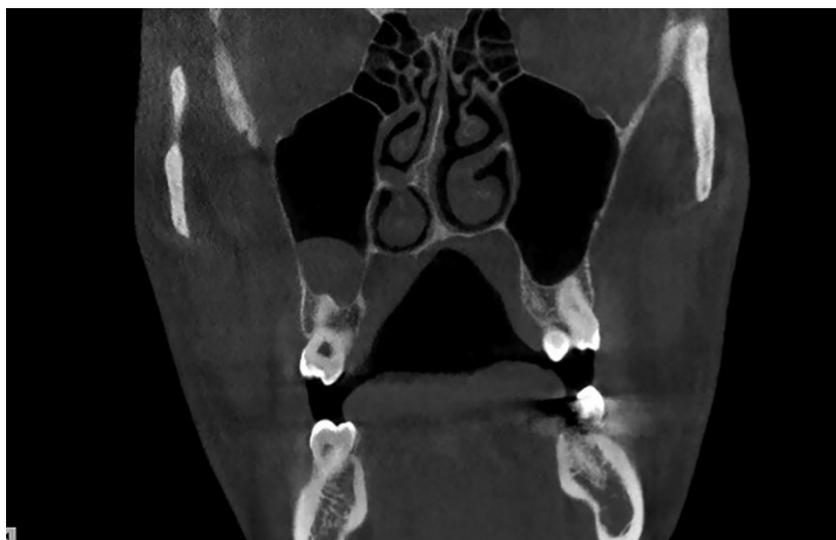


Figure 26: épaissement de la muqueuse (20)

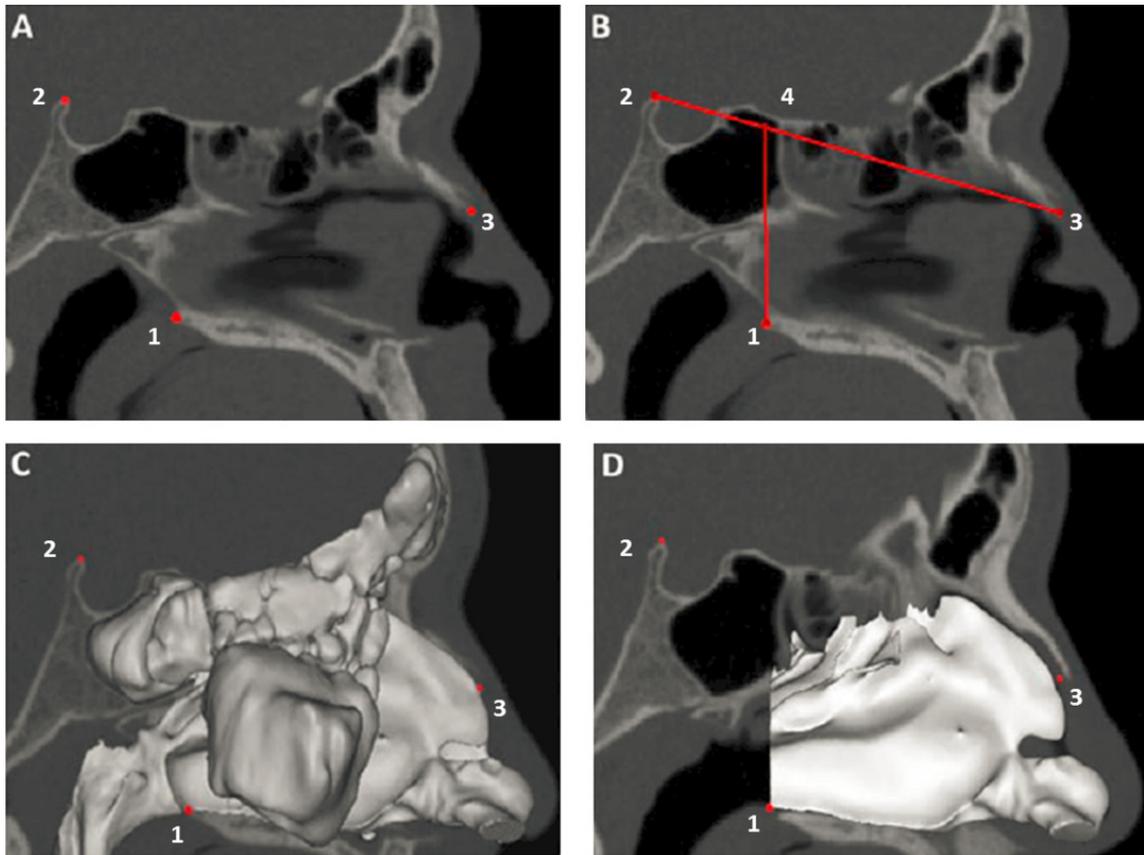
Après comparaison, la hauteur et la profondeur du sinus maxillaire des patients atteints de fentes sont significativement inférieurs aux patients sains (figure 25). De plus, les patients porteurs de fente ont une incidence plus élevée de déviation de la cloison nasale et d'épaississement de la muqueuse sinusienne (figure 26). Ces différences sont liées en partie aux problèmes respiratoires que présentent très régulièrement les patients (20).

A l'inverse, aucune différence n'a été notée au niveau des mesures du système de drainage. D'autres études seraient donc nécessaires pour confirmer ou approfondir ces données (20).

### 3.2.2. La cavité nasale

Les patients présentent souvent une obstruction des voies respiratoires nasales, causée par un épaississement de la muqueuse nasale, une déviation septale, une hypertrophie des cornets ou un retard de croissance maxillaire. L'apport de la radiographie 3D permet un calcul plus précis de la taille et de la perméabilité des voies respiratoires nasales (21).

A partir du logiciel Mimics, il est possible de calculer le volume de la cavité nasale. Tout d'abord, il faut sélectionner la région d'intérêt (figure 27) qui inclut l'espace aérien total et les sinus. Il faut alors choisir les valeurs de gris qui englobent l'espace aérien et excluent les tissus mous adjacents (les valeurs varient de -625 à -184 UH). L'oropharynx et le nasopharynx ont été exclus à l'aide des points de repères suivants : l'épine nasal postérieure et la partie postérieure de la selle turcique. Le sinus maxillaire et le canal lacrymo-nasal sont également supprimés. Enfin, le logiciel Mimics peut calculer le volume nasal (21).



*Figure 27 : Segmentation de la cavité nasale.*

*A : points initiaux de repères. 1 : épine nasale postérieure ; 2 : point postérieur de la selle turcique ; 3 : rhinion.*

*B : définition des lignes. 4 : point d'intersection de la ligne verticale passant par l'épine nasale postérieure et la ligne reliant le point 2 et 3, cette ligne verticale définit la coupe postérieure.*

*C : modèle initial avant la coupe postérieure et l'exclusion des sinus.*

*D : modèle final après coupe postérieure et exclusion des sinus (21).*

L'étude de Farzal et *al.* a permis d'observer la comparaison du volume des cavités nasales entre des patients porteurs de fente et un groupe témoin qui met en évidence une différence significative concernant le volume global, avec une diminution de volume de 29% chez les patients porteurs d'une fente palatine unilatérale et de 32% chez les patients porteurs d'une fente bilatérale. Une tendance de diminution de volume nasal côté fendu par rapport au côté non fendu est également observée mais la différence n'est pas significative (21).

On avait tendance à penser que le volume du côté fendu serait logiquement plus petit que le côté non fendu mais le résultat laisse penser que la relation est plus complexe. En effet, dans l'étude, au niveau du groupe témoin sans fente, la différence du volume latéral allait jusqu'à 23,5% et 29,9% chez les patients porteurs de fente, si

l'on compare la différence du volume latéral chez les patients témoins et chez les patients porteurs de fente, il n'y a pas de différence significative. Une des explications à approfondir serait le cycle nasal, où la respiration se concentrerait sur une narine active et alternerait au bout de quelques heures sur l'autre narine (21).

### 3.2.3. La qualité de l'os alvéolaire adjacent

L'état parodontal des dents adjacentes à la fente est une préoccupation majeure pour les orthodontistes. Pour effectuer des mouvements sans risque, il est nécessaire d'évaluer la morphologie de l'os alvéolaire pour éviter les complications parodontales, les récessions ou les déhiscences (22).

Ainsi, il est possible de calculer un bon nombre de mesures pour chaque dent individuelle :

- L'épaisseur de l'os alvéolaire en vestibulaire, palatin ou encore en proximal des dents concernées,
- La distance entre la jonction amélo-cémentaire et la crête alvéolaire (vestibulaire, palatin, proximal),
- La quantité de racine supportée par l'os,
- La présence de fenestration (22).

#### 3.2.3.1. Épaisseur de l'os

L'étude de Movahhedian et *al.*(22) a permis de mesurer l'épaisseur en coupes axiales à 3 et 6mm au-dessus de la jonction amélo-cémentaire sur les 4 faces de la dent.

On constate que l'épaisseur de l'os alvéolaire (figure 28), en antérieur de la fente, en vestibulaire et palatin est significativement plus mince que les homologues sans fente, voire même très mince allant jusqu'à 0,6mm à 3mm au-dessus de la jonction amélo-cémentaire.

En revanche, il n'existe pas de différence d'épaisseur sur le versant distal.

Sur la base de ces résultats, lors du traitement orthodontique, il faudra prêter attention aux mouvements dentaires excessifs qui doivent être évités, en particulier ceux en direction du vestibule (22).



Figure 28: épaisseur de l'os alvéolaire d'une dent postérieure à la fente mesurée par les lignes perpendiculaires au centre des surfaces vestibulaire, palatine et mésiale (22).

### 3.2.3.2. Hauteur de l'os alvéolaire

La distance entre la crête alvéolaire et la jonction amélo-cémentaire est plus importante au niveau des dents adjacentes à la fente, en particulier pour le côté vestibulaire et distal (22).

### 3.2.3.3. Quantité de racine supporté par l'os

Elle est définie comme le rapport entre la longueur radiculaire couverte par l'os et la longueur totale de la racine de l'apex jusqu'à la jonction amélo-cémentaire (figure 29).

Comme les autres valeurs mesurées, ce rapport est significativement plus faible pour les dents antérieures à la fente, soit celles du grand fragment (22).

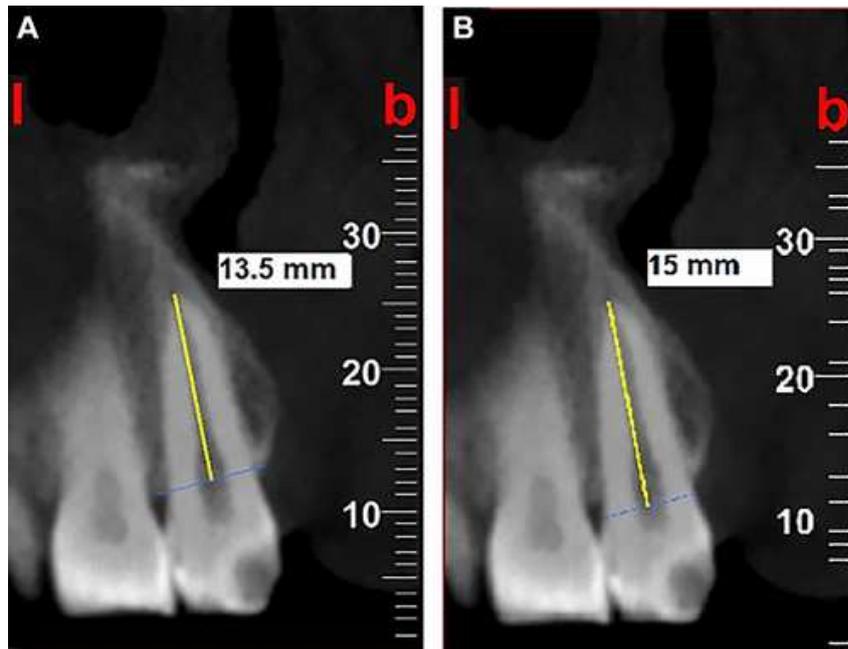


Figure 29: Calcul de la racine supportée par l'os d'une dent antérieure à la fente comme le rapport entre (A) la longueur de la racine supportée par l'os et (B) la longueur totale de la racine à partir de la jonction amélo-cémentaire :  $13,5/15=0,90$  (22).

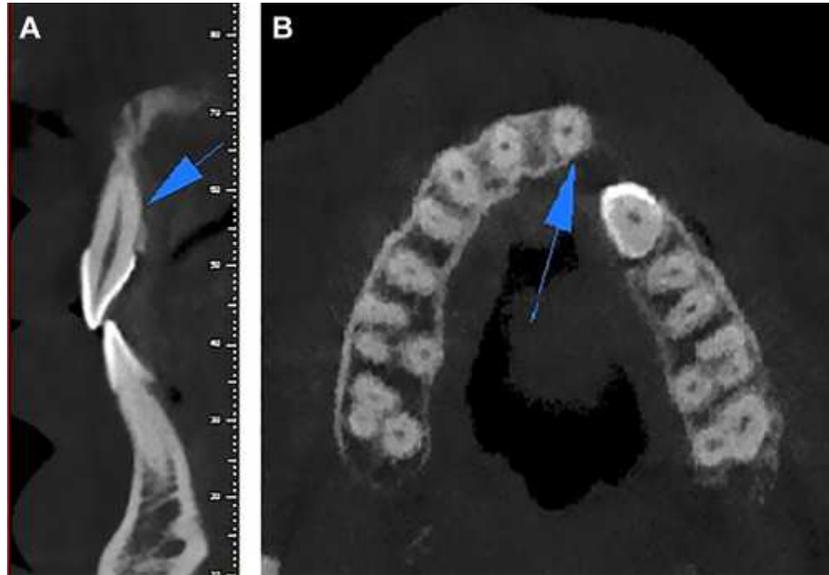
#### 3.2.3.4. La fenestration

Selon la définition de Carranza (23), une fenestration est une zone isolée où la racine est dénudée d'os, elle expose une partie de la racine mais n'implique pas le bord alvéolaire.

Une déhiscence, à l'inverse, est un défaut osseux qui va impliquer la marge osseuse alvéolaire.

Elle est étudiée sur des coupes vestibulo-linguales, mésio-distales et vérifiée sur les coupes axiales (figure 30).

La fréquence de fenestration est plus élevée au niveau des dents adjacentes à la fente surtout au niveau des incisives centrales (22).



*Figure 30: fenestration de la face palatine d'une dent antérieure à la fente (A) retrouvée sur la coupe vestibulo-linguale et (B) approuvée sur les coupes axiales (22).*

Ainsi, l'analyse de l'environnement osseux des dents adjacentes à la fente permet de mettre en évidence d'éventuelles difficultés quant à la prise en charge thérapeutique. Par exemple dans le cas du traitement orthodontique, il faudra veiller si tel est le cas à ne pas compromettre le support parodontal lors des mouvements dentaires.

### 3.2.4. La précision du CBCT pour les fenestrations et les déhiscences

Afin de valider les résultats obtenus sur CBCT, il est nécessaire de comparer la réalité clinique aux données tomodensimétriques.

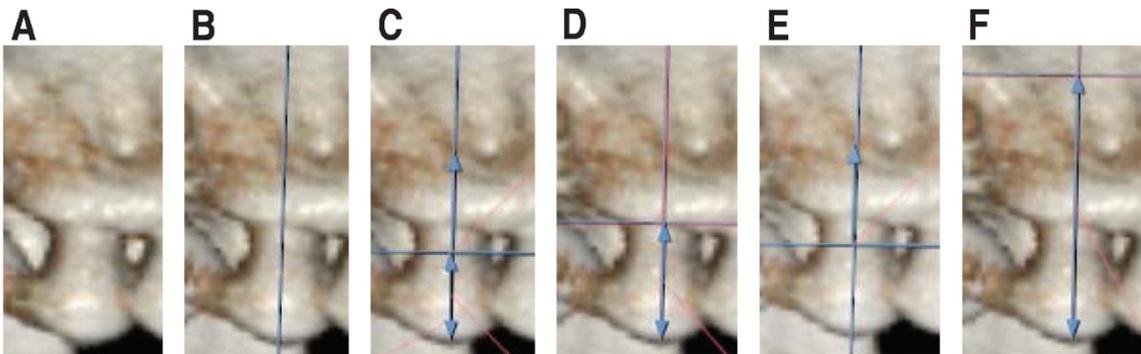
Dans l'étude de Leung et al. (24), une comparaison a été effectuée entre l'analyse CBCT de crânes secs présentant des déhiscences et des fenestrations et la mesure au laboratoire, directement sur le crâne sec avec un pied à coulisse numérique calibré à 0,01mm près (24).

La hauteur de la déhiscence est la différence entre :

- La distance entre la pointe de la cuspide et le bord le plus coronaire de la marge osseuse le long d'une ligne parallèle au plus grand axe de la dent (T-BM),
- La distance entre la pointe de la cuspide et la jonction amélo-cémentaire parallèlement au grand axe de la dent (T-CEJ) (24).

La hauteur de la fenestration est la différence entre :

- La distance entre la pointe cuspidienne et le bord le plus coronaire de la fenestration le long d'une ligne parallèle au grand axe de la dent (T-Fen1),
- La distance entre la pointe cuspidienne et le bord le plus apical de la fenestration le long d'une ligne parallèle au grand axe de la dent (T-Fen2) (24).



*Figure 31 : en A : la dent d'intérêt, avec la surface vestibulaire visible. En B : ligne parallèle au plus grand contour de la dent. En C : mesure de la distance entre la pointe cuspidienne et la jonction amélo-cémentaire. En D : la distance entre la pointe cuspidienne et le bord le plus coronaire de la marge osseuse. En E : distance entre la pointe cuspidienne et le bord le plus coronaire de la fenestration. En F : distance entre la pointe cuspidienne et le bord le plus apical de la fenestration (24).*

Leung et al. (24), après analyse statistique et comparaison des mesures directes et celles obtenues par CBCT, on remarque que pour la mesure de la distance entre la jonction amélo-cémentaire et le bord alvéolaire, la différence est très petite, de l'ordre de 0,4mm, soit à peu près la taille d'un voxel.

La mesure de la jonction amélo-cémentaire avec le CBCT est légèrement plus précise que celle du bord alvéolaire car le ciment et l'émail sont 2 tissus de densités différentes, la différenciation sera donc plus simple.

Pour le bord alvéolaire, la différence se fait entre 2 tissus qui sont de densités similaires, l'os et le ciment, c'est donc la résolution spatiale qui va permettre de déterminer la limite. La précision trouvée est de 0,6mm soit environ la résolution physique standard d'un CBCT, le résultat dépendra de la qualité du CBCT (24).

Concernant les valeurs prédictives, on constate un facteur important à prendre en compte. Les valeurs prédictives négatives (probabilité qu'un résultat de test négatif

soit vraiment négatif) pour les fenestrations et les déhiscences sont très bonnes, respectivement de 0,95 et 0,93. A l'inverse, la probabilité qu'un résultat de test positif soit vraiment positif n'est que de 0,25 pour les fenestrations et 0,51 pour les déhiscences.

Cela veut dire qu'il existe de nombreux faux positifs, c'est-à-dire des déhiscences ou des fenestrations détectées par CBCT mais n'existant pas en réalité.

La limite de la résolution spatiale du CBCT était ici de 0,6mm. Les zones avec une épaisseur d'os inférieure à 0,6mm étaient alors identifiées comme « sans os ». Cette résolution explique ainsi la présence de nombreux faux positifs (24).

Il a été rapporté que pour améliorer cette résolution, l'augmentation du réglage de l'intensité du courant (en milliampère), ainsi que l'utilisation d'un filtre cuivré pouvaient aider. Mais attention, comme tout examen radiographique, il faut trouver un compromis entre la qualité de l'image et la dose de rayonnement sur la base du « aussi bas que raisonnablement possible » (principe ALARA) (24).

### 3.2.5. Les découvertes fortuites lors de l'examen

Lors d'un examen CBCT, le champ de vision sera plus grand que le complexe alvéolo-dentaire et englobe une région plus large du complexe maxillo-facial.

Selon les directives, le clinicien est obligé d'interpréter l'ensemble du volume de données, et non pas seulement la zone qui l'intéresse (25).

Ainsi il est possible d'observer des anomalies au niveau :

- Du crâne,
- Des sinus paranasaux,
- De l'orbite,
- De la cavité de l'oreille moyenne et interne,
- Du pharynx,
- De l'articulation temporo-mandibulaire,
- De la colonne cervicale,
- Du maxillaire,
- De la mandibule (25).

On constate que presque 95% des patients porteurs de fente présentent une anomalie, avec une fréquence élevée des anomalies dentaires, qui représentent 69% des découvertes fortuites.

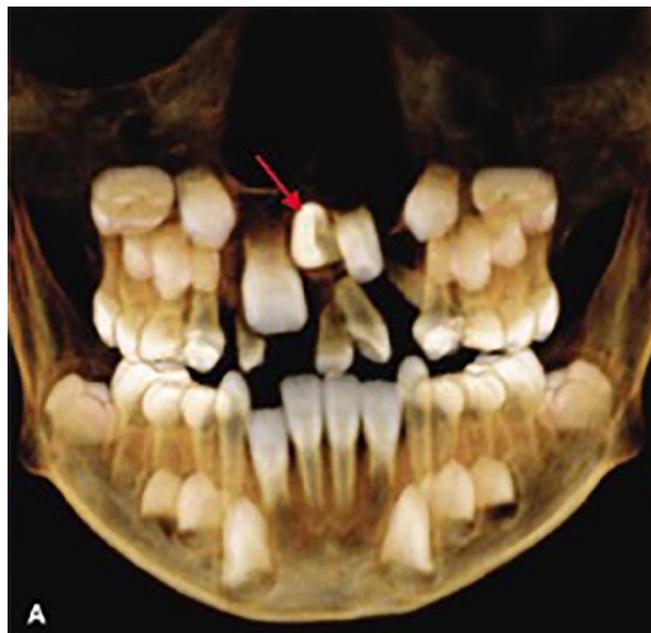
En comparaison, chez une population sans fente, on constate une fréquence de 21,6% de découvertes fortuites (25).

En dehors de la dentition, 52,6% des découvertes ont été trouvées dans les sinus paranasaux avec une opacité inflammatoire partielle de la muqueuse dans la plupart des cas, faisant penser à une sinusite localisée.

Au niveau de la cavité de l'oreille, les anomalies représentaient surtout un état inflammatoire, notamment au niveau de l'oreille moyenne, suggérant une otite moyenne.

En ce qui concerne la dentition, la plupart des anomalies sont au maxillaire, elles représentent 88% des anomalies.

En isolant uniquement les découvertes dentaires, l'éruption ectopique (figure 32) représente 29% et les dents manquantes 32% des découvertes, avec l'incisive latérale comme la dent la plus manquante (25).



*Figure 32: rendu tridimensionnel utilisé pour une évaluation du complexe dento-alvéolaire, la flèche pointe une incisive centrale incluse ectopique (25).*

### 3.3. Application dans la préparation de la chirurgie

Ainsi, toutes ces observations et analyses initiales permettent d'anticiper et d'optimiser la chirurgie et le traitement orthodontique associé.

Le praticien peut ainsi utiliser les données suivantes :

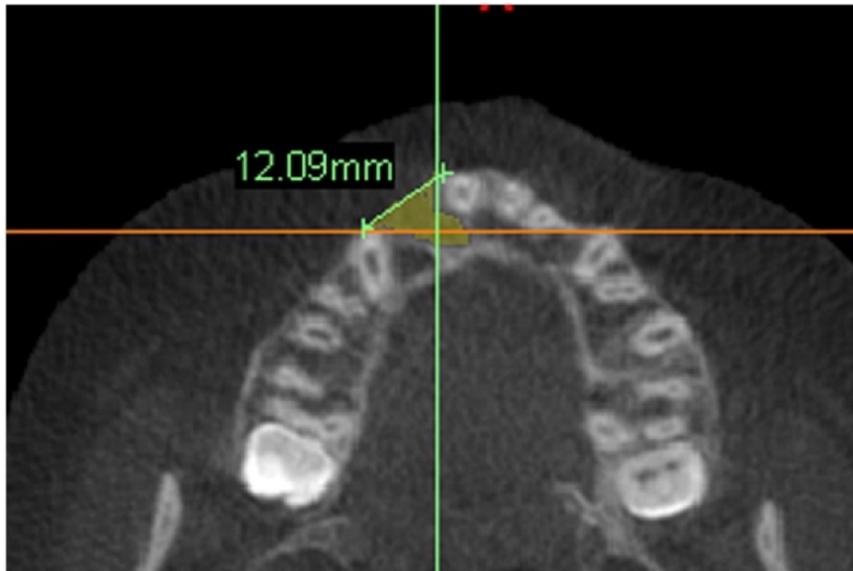
- Les images du CBCT,
- Le calcul du volume du défaut osseux,
- Des modèles 3D virtuels,
- Des modèles 3D imprimés.

#### 3.3.1. Modèles 3D imprimés

Comme pour la modélisation de modèles 3D virtuels, il est nécessaire de segmenter le défaut de la fente sur les images CBCT. L'os est isolé des tissus mous environnant grâce à l'outil seuil. Cette fonction permet de définir une plage de valeurs de niveaux de gris correspondant à celle de l'os en créant pour ces niveaux un masque de couleur, vert ici dans l'exemple.

La fente étant un défaut osseux, un remplissage de cavité est nécessaire pour créer un nouveau masque, ici jaune, dans le « masque vert » (figure 33) qui sera édité sur chaque coupe axiale bidimensionnelle pour s'assurer que la fente est clairement représentée.

Le masque est rendu en objet tridimensionnel dans le logiciel et est converti en modèle STL (26).



*Figure 33: os isolé grâce à l'outil seuil avec le masque jaune appliqué et modifié pour indiquer la fente alvéolaire (26).*

Ce fichier est lu par un logiciel d'impression 3D qui va créer toutes les structures de support nécessaires. Après impression, les supports d'impression sont supprimés mécaniquement le plus soigneusement possible afin de ne pas fausser le volume (figure 34) (26).



*Figure 34: Modèle imprimé en 3D (26).*

### 3.3.2. Précision des modèles 3D

L'étude de Kasaven et *al.*(14) évoque aussi la précision entre différents modèles.

Ils s'intéressent aux :

- Modèle algorithmique MATLAB,
- Modèle 3D virtuel,
- Modèle 3D imprimé.

Pour pouvoir comparer les trois modèles, le modèle imprimé a été numérisé dans un scanner micro-CT puis le volume a été déterminé par un logiciel.

Après analyse statistique, il n'est pas constaté de différence significative entre les 3 modèles. Il est à noter que le modèle 3D virtuel est le plus précis, avec le plus petit intervalle de confiance (26).

### 3.4. Création de modèle 3D en préopératoire

Tout d'abord il est nécessaire de déterminer un plan de référence, ici inspiré de l'étude de Linderup (11) expliquée précédemment dans la partie 3.1.3 page 26.

Les points utilisés sont (figure 35) :

- Foramen grand palatin droite (GPF-R),
- Foramen grand palatin gauche (GPF-L),
- Épine nasale antérieure (ANS) (27).

Les images sont réorientées pour rendre ce plan horizontal (figure 36).

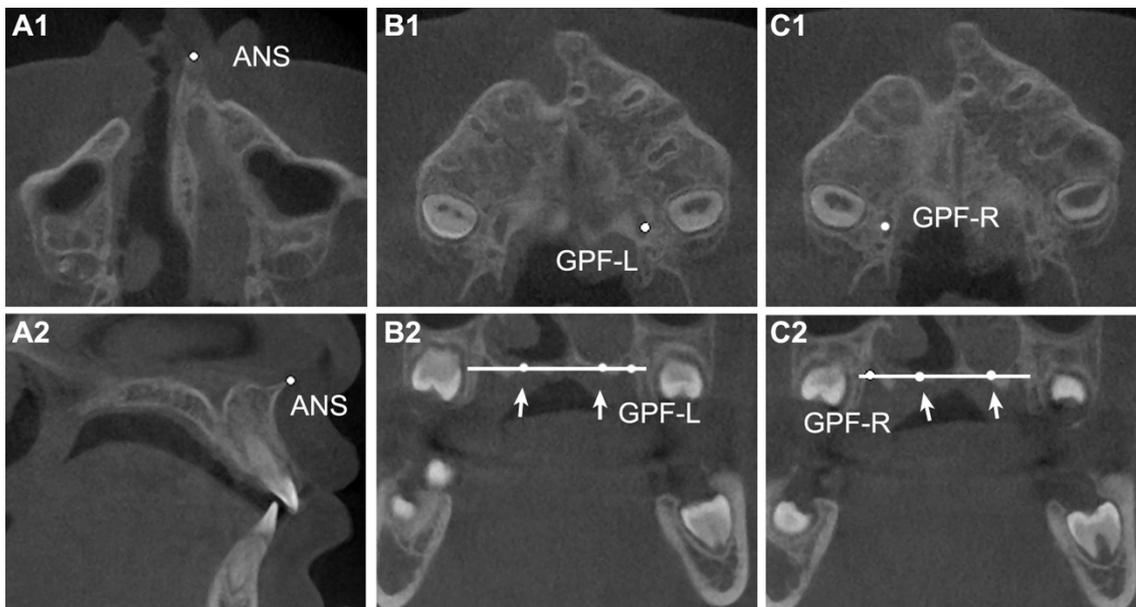


Figure 35: coupes de CBCT (27).

En A1 et A2, en coupe axiale et sagittale on observe l'épine nasale antérieure. En B1 et C1 sont marqués respectivement les foramens grand palatin gauche et droite. En B2 et C2, on remarque que les points ont été déterminés comme le milieu du bord latéral du grand foramen. Une ligne blanche a été tracée pour déterminer le niveau axial de la base nasale. Elle passe par les points inférieurs des méats nasaux inférieurs droit et gauche (flèches blanches) (27).

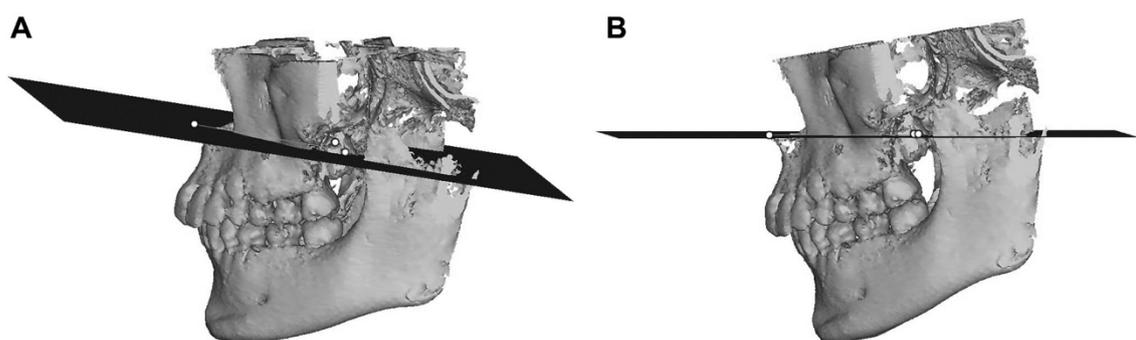
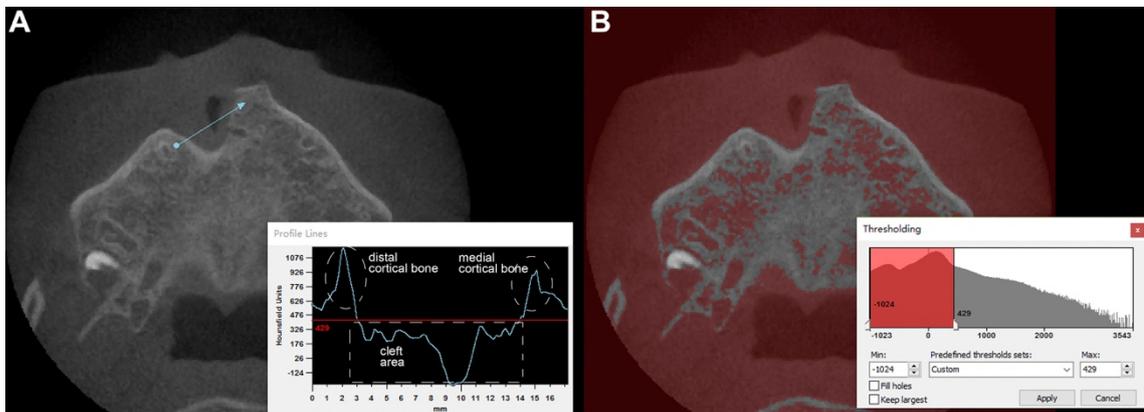


Figure 36: Modélisation 3D du plan de référence, en A, il est visible en noir et passe par l'épine nasale antérieure et par les foramens grand palatin droit et gauche, par la suite il est réorienté de manière horizontale en B (27).

Pour créer le modèle 3D, il est nécessaire de calculer le volume de la fente à partir d'un masque 2D qui contient tous les pixels de la région de la fente.

Une ligne de profil, établie par l'opérateur, est tracée à travers la zone de la fente, en partant de l'os cortical latéral d'un côté et se terminant de l'autre côté. Cette ligne permet d'obtenir un graphique de profil qui indique les valeurs de gris (figure 37). Sur ce graphique, un seuil de valeur de gris est choisi. Il se situe entre les valeurs de gris de la zone de la fente et de l'os cortical bilatéral (27).

Les zones de valeurs inférieures vont former un masque 2D préliminaire au marquage de couleur.



*Figure 37 : en A, la ligne de profil et les valeurs de gris. En B, la zone avec les valeurs inférieures au seuil qui détermine le masque préliminaire rouge (27). Le masque est par la suite recadré entre le bord supérieur et inférieur (figure 38).*

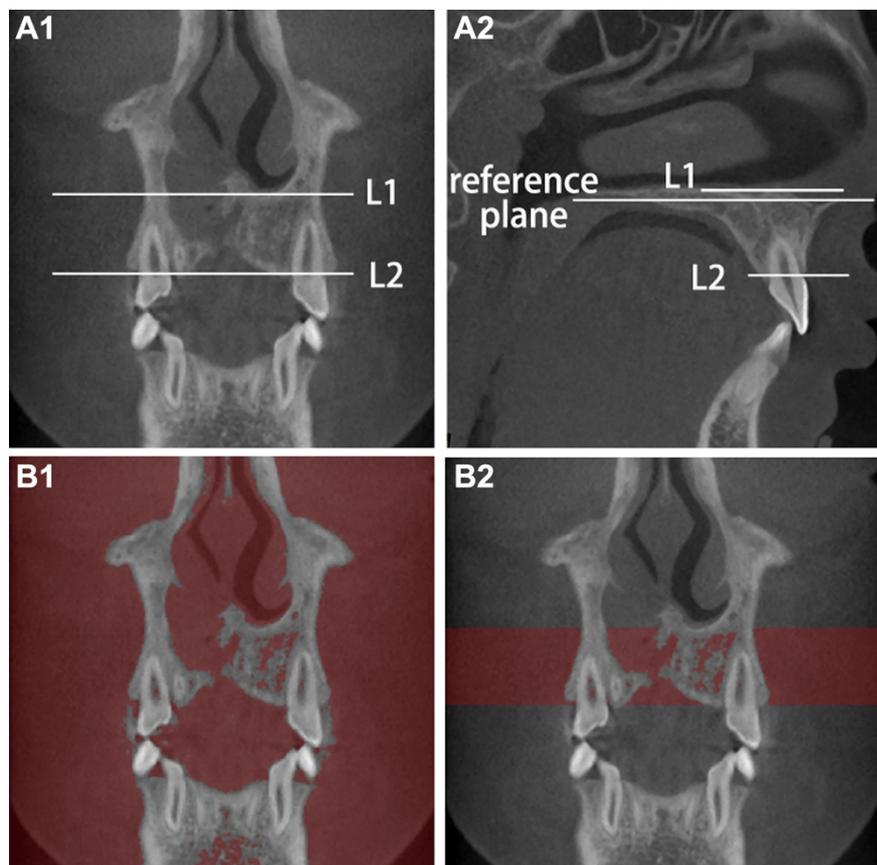


Figure 38: recadrement du masque (27).

Sur cette figure, en A1 et B1, le bord supérieur et le bord inférieur sont définis (L1 et L2). Ils sont horizontaux et parallèles au plan de référence. Le plan supérieur L1 passe par le bord le plus inférieur du plancher de la narine controlatérale dans le plan frontal où apparaissent les canines, et le plan L2 passe par la jonction amélo-cémentaire vestibulaire de l'incisive centrale du côté de la fente.

En B1, la région du masque préliminaire est visible et en B2 le masque est délimité entre le bord L1 et L2 (27).

Avec un outil de multi-édition, les marges vestibulaires et parfois palatines sont délimitées puis obtenues sur toutes les coupes grâce à un logiciel d'interpolation. Le masque final est pour finir généré grâce au logiciel (figure 39).

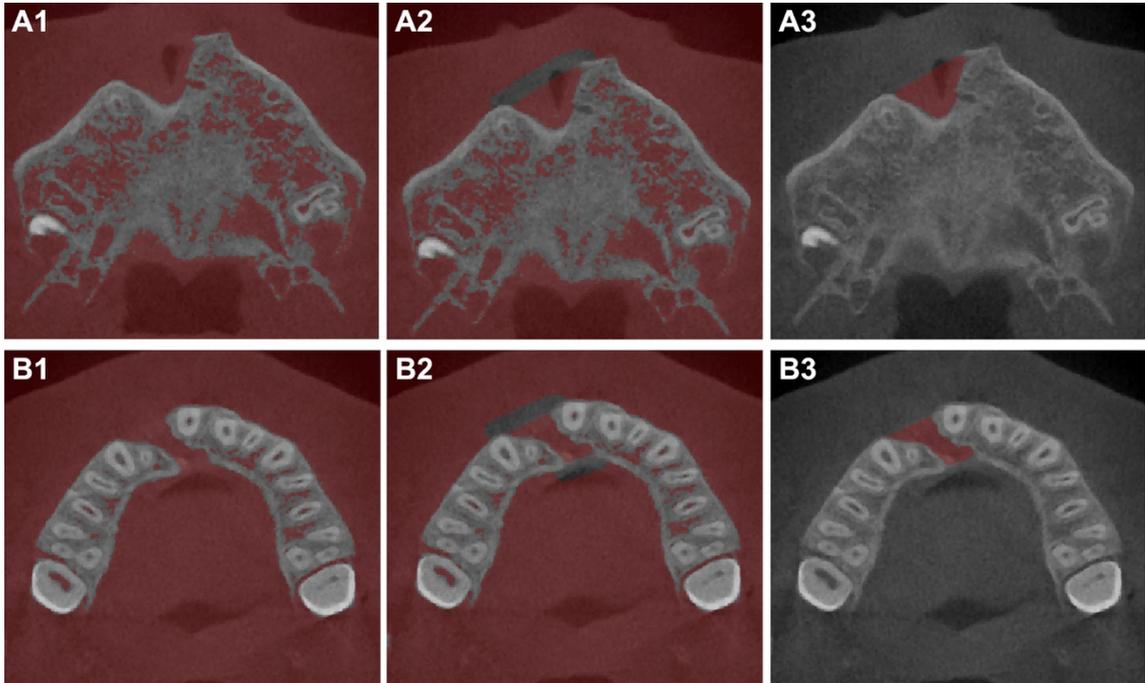


Figure 39: en A1 et B1, le masque avant modification, en A2 et B2, les marges vestibulaires et palatines sont délimitées, en A3 et B3, le masque final (27).

Le masque final est par la suite traduit en modèle 3D. Le volume est aussi calculé automatiquement (figure 40).

Les 3 points de repères (GPF-R, GPF-L et ANS) sont marqués par l'opérateur, ils seront utilisés par la suite comme points de référence pour réorienter selon les mêmes axes différents modèles CBCT et pouvoir les comparer avec une image post-opératoire par exemple.

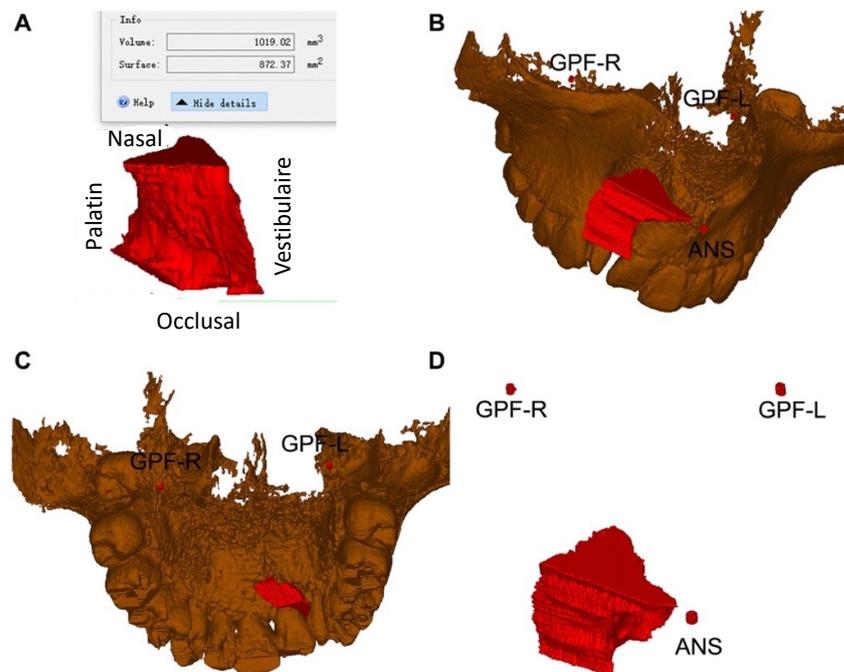


Figure 40: différentes vues du modèle 3D final, avec les repères marqués (27).

## 4. L'analyse et le suivi de la greffe

### 4.1. L'évaluation de la greffe osseuse alvéolaire

La prise en charge des patients porteurs de fente comprend dans le protocole chirurgical une greffe osseuse alvéolaire autogène, qui provient dans la plupart des cas de la crête iliaque.

Les greffes osseuses secondaires sont effectuées quand le patient est en denture mixte

Elles peuvent être :

- Précoces : avant l'éruption des incisives latérales permanentes,
- Tardives : racines des canines formées de moitié à un tiers de leur longueur.

La greffe va permettre de fermer la fistule oronasale et ainsi de créer une continuité tissulaire anatomique de l'os alvéolaire dans le but de stabiliser l'arcade dentaire, mais aussi de donner un support osseux aux ailes nasales et d'améliorer l'esthétique (28).

L'analyse du résultat de la greffe est importante, en particulier pour la suite du traitement qu'il soit orthodontique, implantaire ou combiné.

Précédemment, des échelles d'évaluation de la greffe osseuse alvéolaire étaient utilisées à partir de radiographie 2D, la plus connue étant celle de Bergland (29) ou celle d'Enermark (30).

L'os greffé a la forme d'une pyramide où :

- Les parois latérales sont les marges de la fente,
- La partie supérieure est le plancher nasal,
- La partie inférieure est l'os alvéolaire et le palais,
- Et la base de la pyramide est la face antérieure de l'alvéole.

L'imagerie 3D permet ainsi l'observation (dimension et aspect) du pont osseux greffé dans tous les sens de l'espace, sans distorsion ni chevauchement.

#### 4.1.1. Évaluation par mesures linéaires

Dans ce cas, l'analyse va se baser sur la mesure et la comparaison de différentes longueurs sur des coupes ou des reconstructions du CBCT.

##### 4.1.1.1. Épaisseur alvéolaire

L'épaisseur va être comparée au côté non fendu, sur des coupes axiales.

Une ligne médiane passant par la vertèbre cervicale et les voies respiratoires a été tracée (figure 41), puis une ligne passant par la section la plus mince de la fente alvéolaire est tracée, avec son homologue en miroir du côté non fendu (31).



*Figure 41 : Coupe axiale sur lequel on peut observer une ligne rouge : ligne médiane passant par la vertèbre cervicale et les voies respiratoires. Ligne verte : ligne passant par la partie la plus mince de la fente alvéolaire et sa ligne miroir du côté non fendu (31).*

L'épaisseur est mesurée de l'os cortical palatin à l'os cortical vestibulaire, des 2 côtés (figure 42). Elle est classée ensuite selon le rapport obtenu avec le côté non fendu.

Idéale : rapport entre le côté fendu et non fendu variant de 75 à 100%.

Bon : rapport entre 50 et 75%.

Médiocre : rapport entre 25 et 50%.

Insuffisant : rapport inférieur à 25% (31).

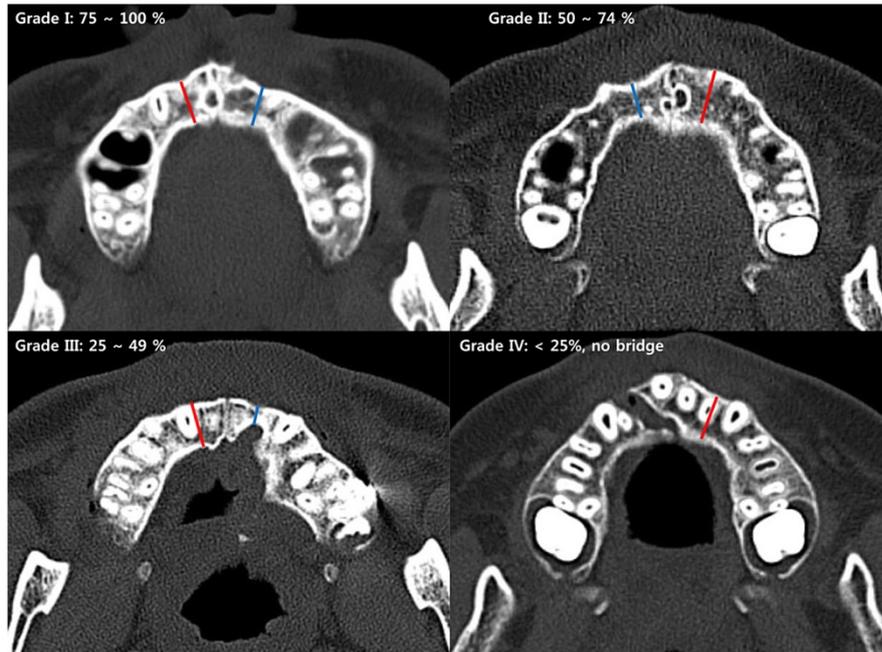


Figure 42 : épaisseur en vue axiale. La ligne bleue est la zone la plus mince du côté de la fente, et la ligne rouge est la ligne miroir du côté non fendu (32).

#### 4.1.1.2. Hauteur de l'os alvéolaire

Elle est mesurée comme la distance verticale entre le point alvéolaire le plus occlusal et le plancher nasal. Elle est classée, comme à l'image de l'épaisseur alvéolaire, en comparant les côtés fendu et non fendu avec un rapport de pourcentage.

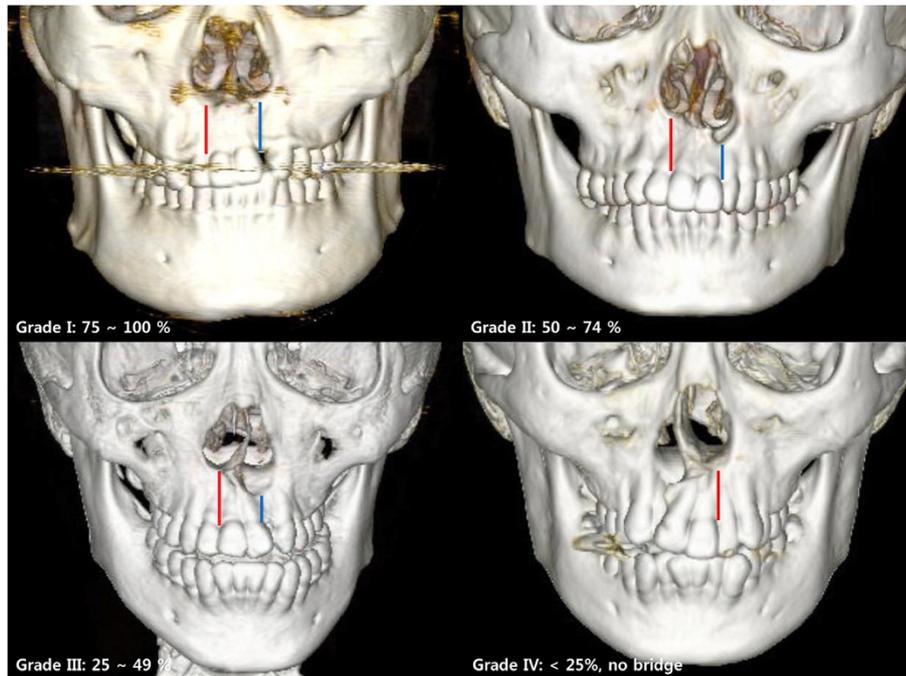
Une ligne médiane passe entre les deux incisives centrales, puis du côté fendu on détermine une ligne avec la hauteur la plus courte et du côté non fendu une ligne miroir (figure 43) (31,32).

Idéale : rapport entre 75 et 100%.

Bon : rapport entre 50 et 75%.

Médiocre : rapport entre 25 et 50%.

Insuffisant : rapport inférieur à 25% (31).



*Figure 43 : hauteur alvéolaire en vue frontale sur une reconstruction tomodensimétrique.*

*Ligne bleue : hauteur la plus courte côté fendu. Ligne rouge : tracé miroir par rapport à la médiane du côté non fendu (32).*

#### 4.1.2. Évaluation par mesures volumétriques

Comme pour la plupart des études, un examen radiographique en 3D sera effectué en pré-opératoire, quelques mois avant l'intervention et comparé à un examen post-chirurgical, environ 1 an après la greffe.

L'étape préliminaire est comme toujours de réorienter les images selon les mêmes plans (figure 44) :

- 1 : plan sagittal médian-x,
- 2 : plan y-antérieur, (3 tranches postérieures à l'épine nasale antérieure),
- 3 : plan y-postérieur (situé en mésial de la dent adjacente à la fente sur le segment distal),
- 4 : plan z-inférieur (au niveau de la jonction amélo-cémentaire de la dent adjacente),
- 5 : plan z-supérieur (3 coupes en dessous de l'épine nasale antérieure) (33).

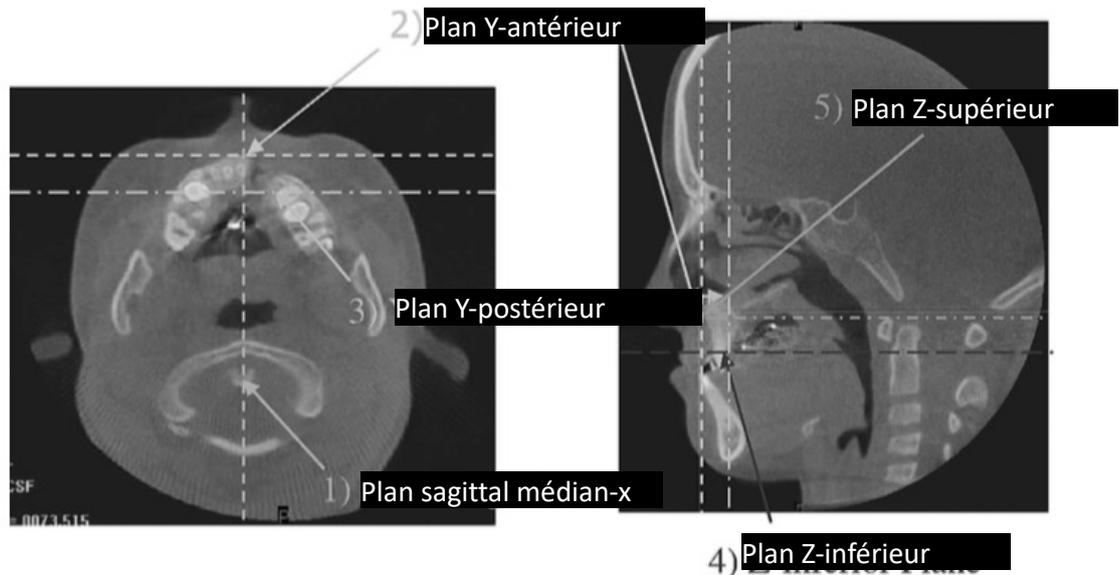


Figure 44: repères dans les plans x,y et z permettant de définir la fente alvéolaire avec les 5 plans comme ci-dessus (33).

Grâce à la segmentation d'images, les différentes régions ont été identifiées sur des tranches séquentielles sélectionnées dans les plans axial, frontal et sagittal. Le volume peut ainsi être déterminé à l'aide du logiciel Amira (33).

Dans l'étude d'Oberoi et al. (33), en comparant le volume pré-opératoire et à 1 an, on constate que le remplissage moyen est de 84,1%, sur 21 cas, sans différence significative selon la taille initiale, le type de fente (uni ou bilatérale) ou la maturation de la canine (33).

#### 4.1.3. Évaluation à l'aide d'une échelle

Ici, l'échelle proposée est basée sur l'étude tomodensimétrique de la fente.

Trois données vont être observées :

- La hauteur de l'os,
- La largeur d'os,
- Le plancher nasal (34).

Chaque donnée est étudiée sur une coupe axiale et un score sera déterminé comme suit (figure 45).

### Hauteur de l'os (H) :

- H4 :  $> \frac{3}{4}$  de la hauteur normale,
- H3 :  $\frac{1}{2} - \frac{3}{4}$  de la hauteur normale,
- H2 :  $\frac{1}{4} - \frac{1}{2}$  de la hauteur normale,
- H1 :  $< \frac{1}{4}$  de la hauteur normale,
- H0 : pas de pont osseux continu.

### Largeur de l'os (W) :

- W2 :  $> \frac{1}{2}$  de la largeur des racines adjacentes,
- W1 :  $< \frac{1}{2}$  de la largeur des racines adjacentes,
- W0 : pas de pont osseux.

### Plancher nasal (N) :

- N4 : étendue du plancher nasal jusqu'au  $\frac{1}{4}$  apical des racines adjacentes,
- N3 : étendue du plancher nasal jusqu'à la moitié des racines adjacentes,
- N2 : étendue du plancher nasal jusqu'aux  $\frac{3}{4}$  des racines adjacentes,
- N1 : étendue du plancher nasal dépassant les  $\frac{3}{4}$  des racines adjacentes, approchant la jonction amélo-cémentaire.

Un score allant de 0 à 10 sera attribué par la suite en additionnant H, W et N.

9 et 10 sont définis comme succès, et un score inférieur à 8 est défini comme un échec.

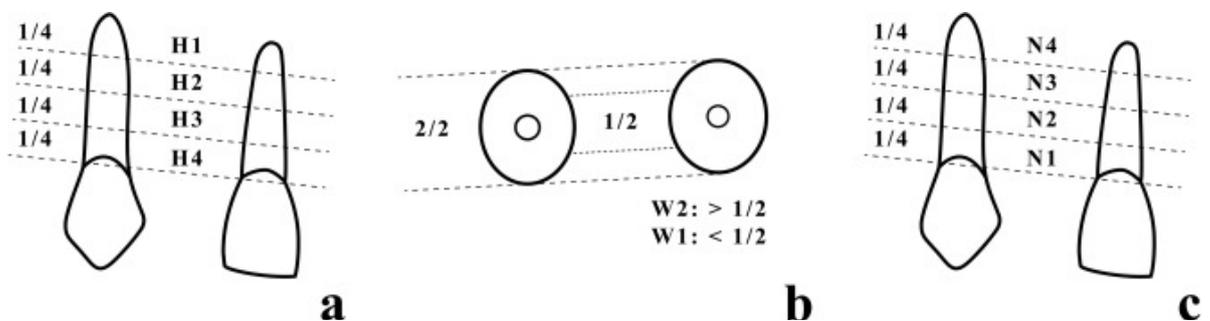
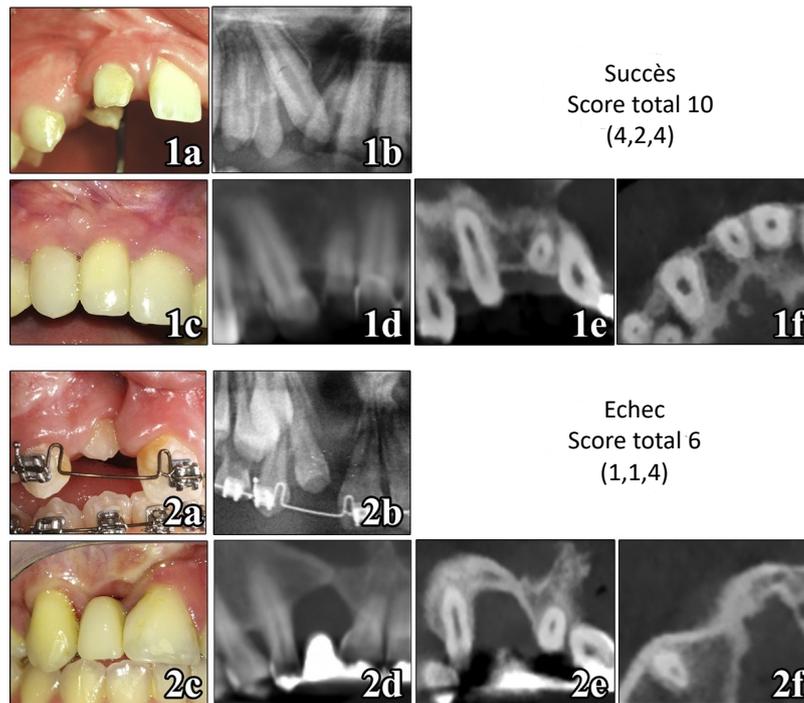


Figure 45 : illustration schématique de la nouvelle échelle.

A : hauteur de l'os

B : largeur de l'os

C : plancher nasal (34).



*Figure 46 : cas cliniques, cas 1 : succès, cas 2 : échec .  
Image clinique pré-opératoire (a), radiographie panoramique pré-opératoire (b), image clinique en fin de suivi (c), vue panoramique reconstruite à partir du CBCT (d), coupe frontale (e), coupe axiale (f) (34).*

Grâce à cette illustration (figure 46) nous pouvons observer un cas réussi et un échec. Dans le premier cas, on peut noter la présence d'un pont osseux de hauteur supérieure aux trois quarts des racines adjacentes (score H4), d'une largeur supérieure à la moitié des racines adjacentes (score W2) et on constate que le plancher nasal se situe au niveau du quart apical des racines (score N4) (34).

A l'inverse, dans le second cas, la hauteur de l'os se situe au quart apical (score H1), la largeur est fine, inférieure à la moitié des dents adjacentes (score W1), mais le plancher nasal arrive au niveau du quart apical de la racine (score N4).

## 4.2. La comparaison du modèle 3D pré-chirurgical et post-chirurgical

Comme décrit précédemment, des modèles 3D pré-chirurgicaux sont créés pour mieux visualiser le défaut osseux initial.

En utilisant la même méthode de calcul que dans la partie 3.4, il peut être intéressant d'observer le résultat de la greffe en superposant les 2 modèles, et mettre en évidence les différences, comme dans l'étude de Feng (27) qui a comparé le résultat post-chirurgical et à 1 an.

En suivant le même processus, les points de repère sont identiques à ceux sélectionnés en pré-opératoire. Ils sont marqués, pour permettre la réorientation du modèle et leur superposition.

Il est nécessaire ensuite d'obtenir le masque 2D en post-chirurgical et à 1 an, suivant le même procédé. Pour cela, une ligne de profil est tracée à travers l'os greffé et le défaut résiduel pour déterminer un seuil de gris qui est choisi par l'opérateur (figure 47).

Les zones de valeurs de gris en-dessous du seuil forment donc le masque à marquage de couleur (27).

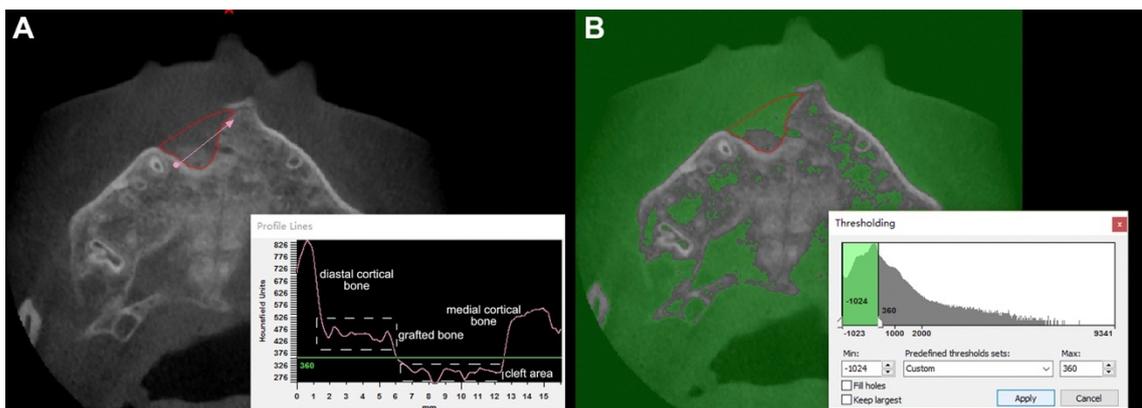


Figure 47: image provenant du CBCT en post-chirurgical, l'os du greffon est irrégulier, avec un aspect de coton. En rouge, le contour de la fente préopératoire. Un seuil approprié de valeur de gris est déterminé par l'opérateur pour différencier le défaut résiduel et l'os greffé. Les zones de valeur de gris en-dessous du seuil forment le masque vert. (27).

Une opération d'algèbre booléenne est réalisée pour obtenir un nouveau masque de défaut résiduel en sélectionnant la zone de chevauchement entre le masque préopératoire et le masque en post-opératoire ou à 1 an.

En retirant le nouveau masque de celui de la fente préopératoire on obtient le masque du pont osseux (figure 48).

A partir de ce dernier il est possible de le traduire en modèle 3D et de calculer son volume automatiquement (27).

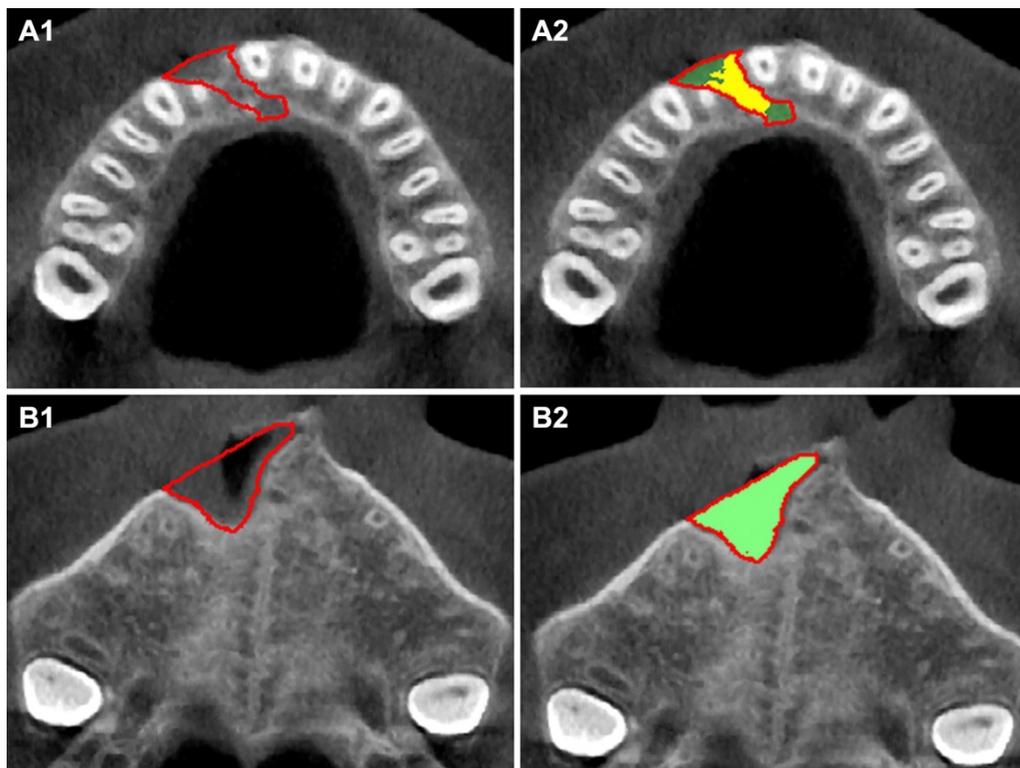


Figure 48 : ici à 1 an, en A1 (coté nasal) et B1 (coté occlusal) les coupes où l'on peut voir en rouge la délimitation de la fente en préopératoire. En A2 et B2, les résultats de l'opération pour obtenir en vert le masque du défaut résiduel et en jaune le masque du pont osseux (27).

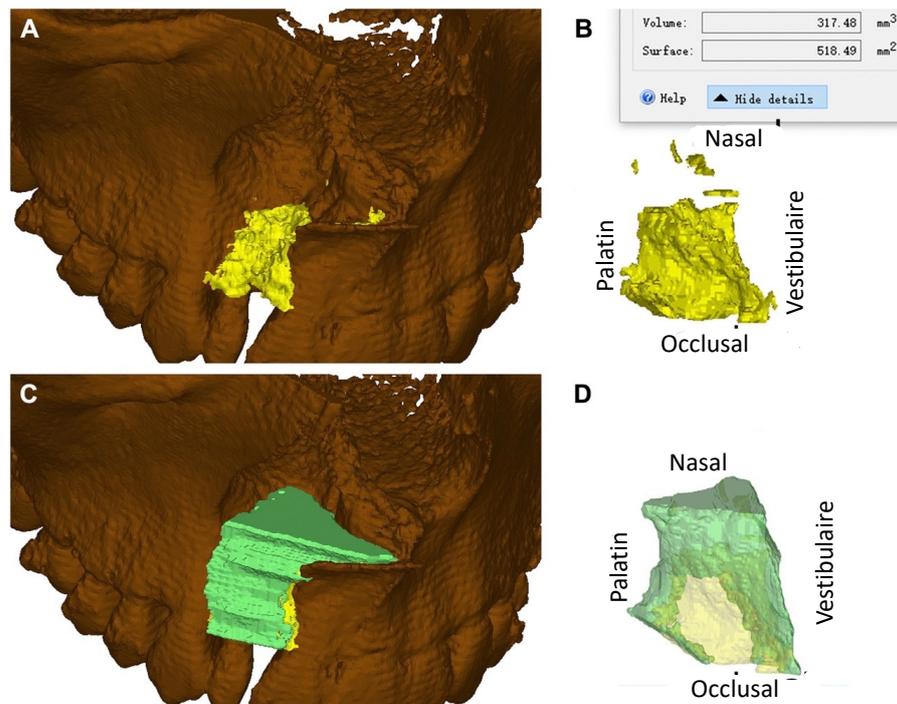
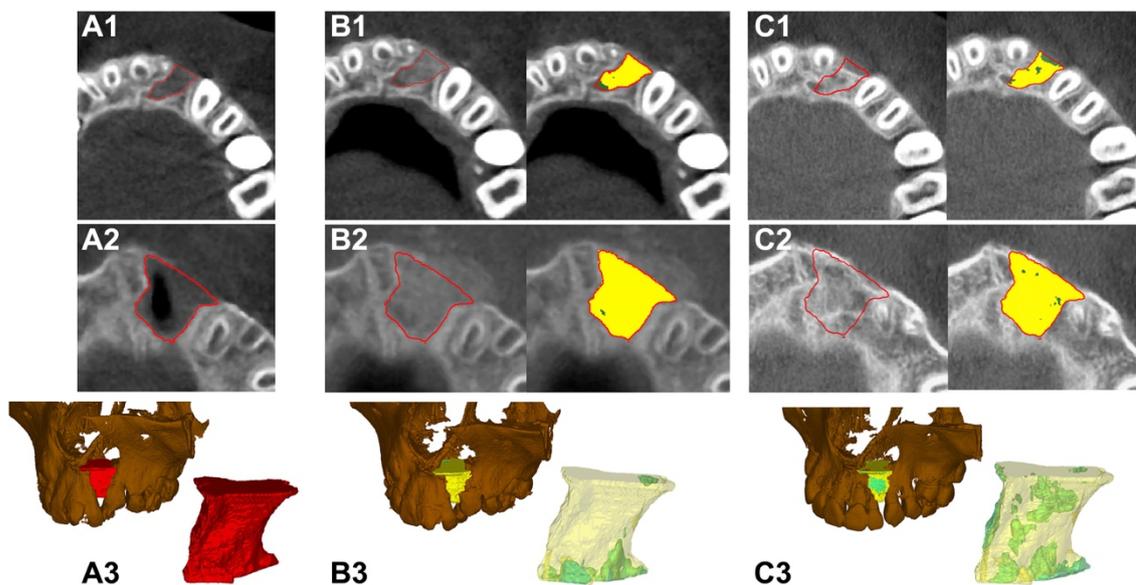


Figure 49 : image de reconstruction volumétrique à 1 an. En A et C, vue vestibulaire, en jaune le pont osseux et en vert le défaut résiduel. En D, par transparence, la relation entre le défaut résiduel et le pont osseux. Ce dernier s'est formé du côté occlusal alors que le défaut se trouve principalement sur le côté nasal, palatin et vestibulaire (27).

Ainsi, il est possible d'observer directement les résultats de la greffe avec la superposition des états avant l'intervention, immédiatement après l'intervention et à 1 an, et par conséquent de calculer le volume obtenu, le taux de formation de pont osseux ou de résorption par exemple (figure 49).

Pour information dans cette étude, le taux moyen de formation de pont osseux est de 56,24% à 1 an. Concernant la résorption, le taux moyen est de 29,13% à 1 an, qui est en adéquation avec l'étude de Zhang et al. (35).

Il a été constaté qu'un remplissage plus dense du greffon permettait un élargissement plus important du pont osseux et une diminution de la résorption du greffon (figure 50) (27).



*Figure 50 : cas de greffe réussie. En A1, B1, C1, en coupe axiale, au niveau occlusal, zone de la fente avant puis immédiatement et 1 an après la chirurgie. L'os greffé et le pont sont en jaune, tandis que le défaut résiduel est en vert. En A2, B2, C2, coupe axiale représentant les mêmes étapes mais au niveau nasal. En A3, B3, C3, les modèles 3D. Ici la fente est presque entièrement remplie juste après la chirurgie et un pont osseux à 1 an est visible (27).*

### 4.3. Analyse de la résorption

Le but principal de la greffe osseuse secondaire est de créer un pont osseux au niveau de l'os alvéolaire pour notamment apporter un support osseux pour l'éruption des dents adjacentes à la fente.

Ainsi l'observation du résultat de la greffe est importante. Le chirurgien rencontre un problème récurrent et quasi obligatoire, la résorption de la greffe osseuse. Si celle-ci est trop importante, elle peut mettre en péril la suite de la prise en charge avec notamment une absence de continuité des arcades dentaires et une non-fermeture de la fistule oronasale (36).

La résorption osseuse est inévitable, le but du chirurgien est qu'elle soit la plus petite possible. Pour la mesurer il faut comparer le volume de la greffe en post-opératoire, à 1 mois et à 6 mois par exemple.

Pour cela il est possible de calculer le volume à 1 mois en délimitant sur chaque coupe CBCT le greffon à l'aide des outils de dessin. La superposition des tranches va permettre d'obtenir le volume 3D qui servira de comparaison (figure 51) (35).

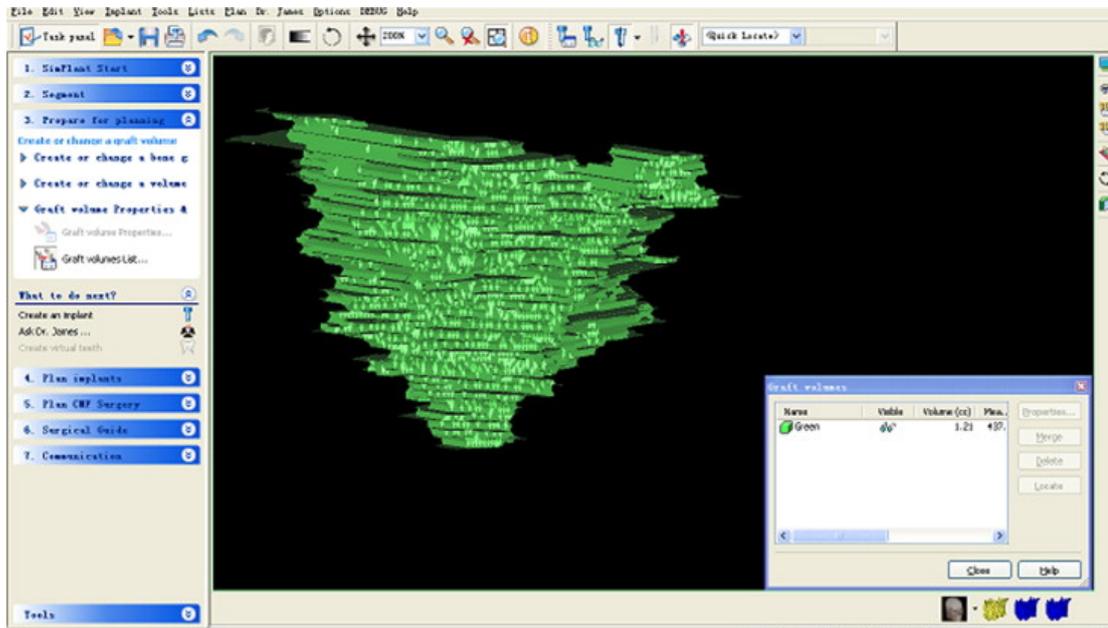


Figure 51: simulation 3D et calcul du volume du greffon (35).

Ainsi en confrontant les 2 acquisitions avec le masque visible il est très facile d'observer la résorption (figure 52-53).

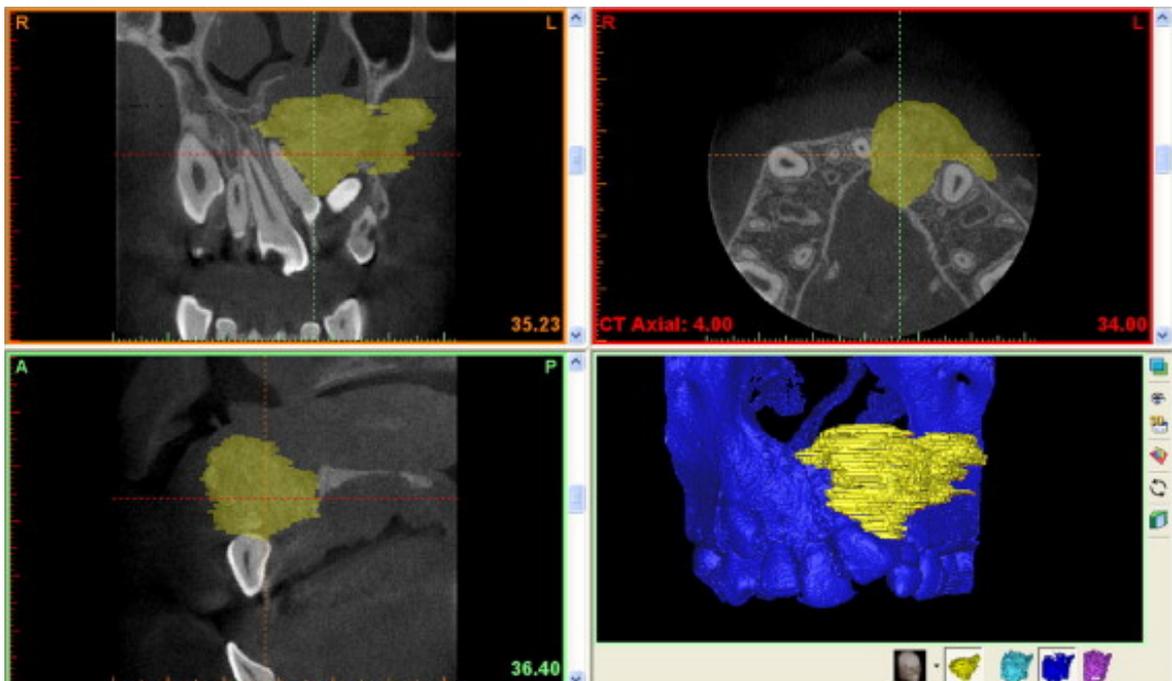


Figure 52: simulation 3D de la greffe à 1 mois (35).

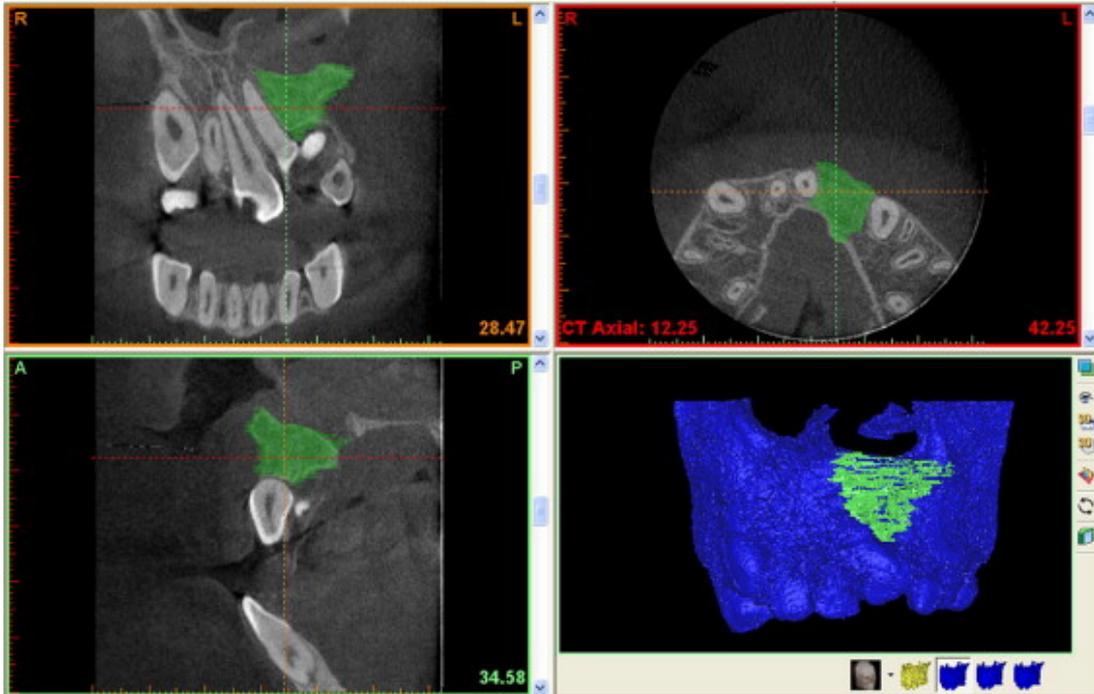


Figure 53: simulation 3D de la greffe à 6 mois (35).

On constate en moyenne une résorption osseuse de 29,37% avec notamment une plus grande résorption au niveau du plancher nasal et de la base alaire.

Il a été remarqué que la résorption était significativement plus faible chez les patients qui présentaient une éruption des dents adjacentes à la fente. Ce résultat est également retrouvé dans l'étude de Feichtinger (37).

Cette différence peut être considérée comme une réponse au stress physiologique engendré par la canine en éruption dans le greffon qui va favoriser la formation d'os (35).

Sur 2 ans, la résorption n'évolue que très peu, et de manière non significative (figure 54). Cela confirme que le greffon est remodelé et remplacé par l'os nouvellement formé entre 3 et 12 mois (37).

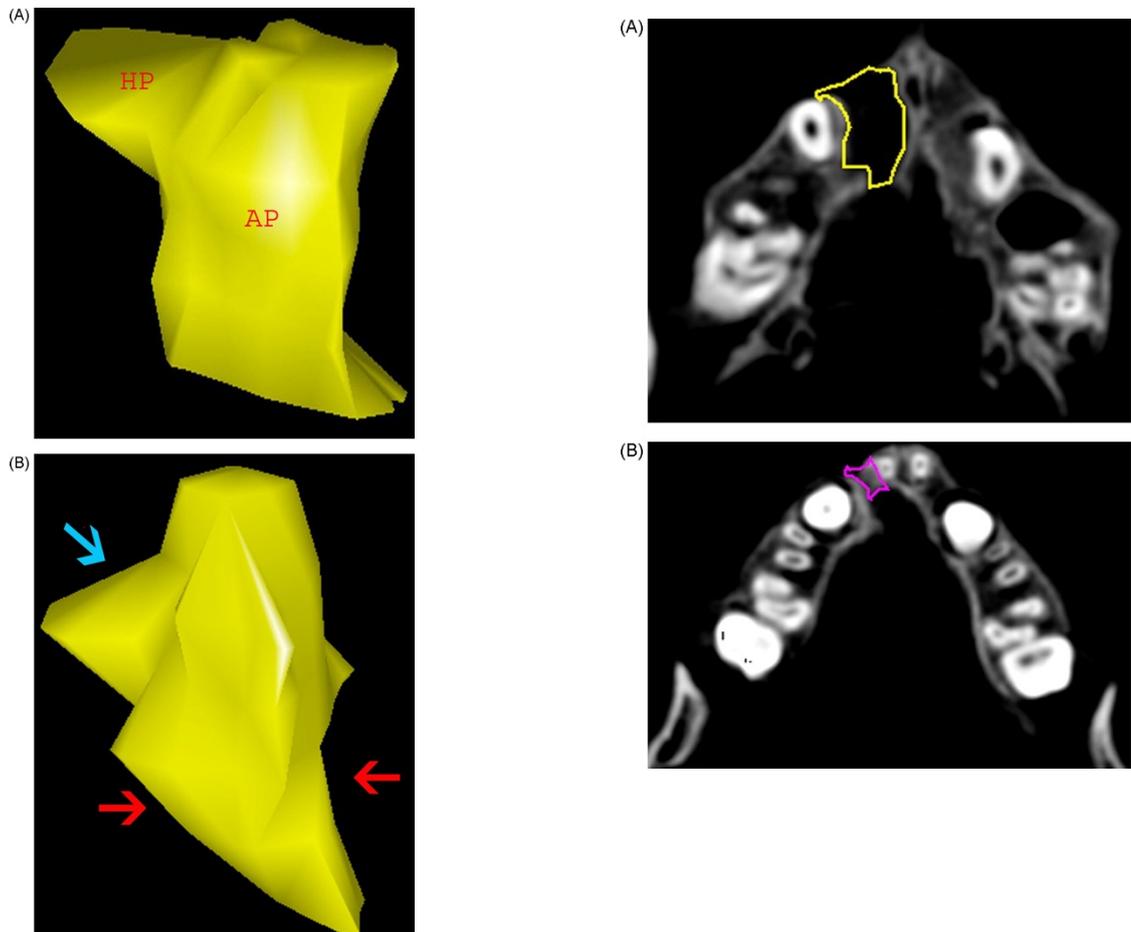


Figure 54: modèle en pré-opératoire et à 2 ans (37).

Par exemple, la figure 54 montre deux sites de résorption accrue, au niveau du palais dur en vertical (visible avec la flèche bleue) et dans la partie alvéolaire, avec une forte perte en direction vestibulo-palatine alors que la dimension verticale reste constante (37).

#### 4.4. Améliorer la qualité de l'évaluation des greffes osseuses

Une des clés de l'interprétation d'un CBCT est de pouvoir observer au mieux la différence des tissus et des niveaux de gris.

Les fabricants préconisent des paramètres d'exposition mais peut-on en appliquer d'autres, qui permettraient d'obtenir un meilleur contraste ?

L'autre point important en radiologie est la dose de rayonnement reçu par le patient, il faut trouver un juste milieu entre la qualité d'image voulue et la dose reçue.

#### 4.4.1. L'ajustement des paramètres d'acquisition

Dans l'étude de Marques de Moura et *al.*, pour comparer les différents réglages, il est possible d'utiliser une tête de cadavre humain, où un défaut alvéolaire similaire à une fente a été recrée artificiellement, puis comblé d'un mélange reproduisant une radio-opacité proche de celle d'une greffe (38).

Un certain nombre de réglages vont être effectués, et l'on va comparer le bruit et le contraste, en se basant sur les paramètres recommandés par le fabricant (figure 55).

Il a été remarqué qu'une réduction du paramètre kV a entraîné une augmentation de contraste entre l'os dans la zone greffée et les tissus mous, avec un kV entre 72 et 76. Parmi ces réglages donnant le meilleur contraste, le minimum de bruit s'observait avec des paramètres à 76 kV et 11 mA (figure 56) (38).

Mais en optimisant les réglages on diminue aussi la dose de rayonnement, elle est divisée par plus de 2, en passant de 2087 à 835 mGy.cm<sup>2</sup>.

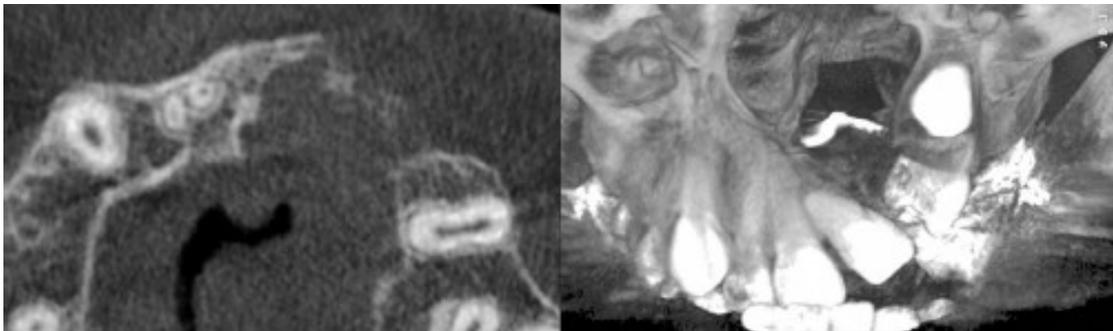


Figure 55: exemple d'examen CBCT avec réglages recommandés par le fabricant (96 kV/11 mA) (38).

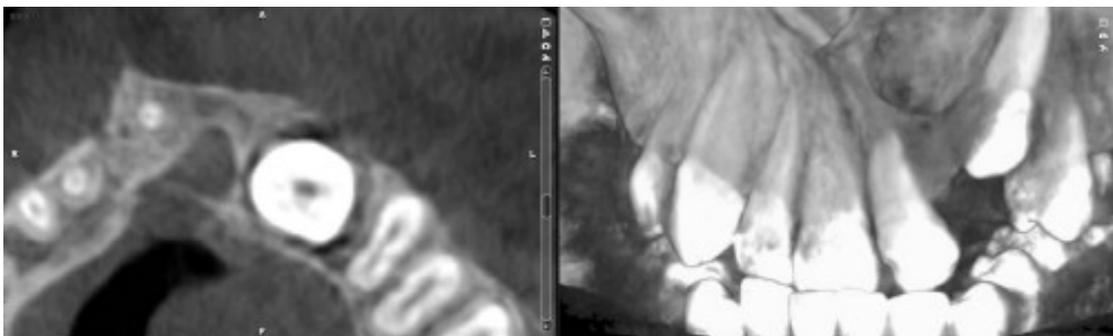


Figure 56: exemple d'un autre examen CBCT avec les réglages optimisés (76 kV/ 11 mA) (38).

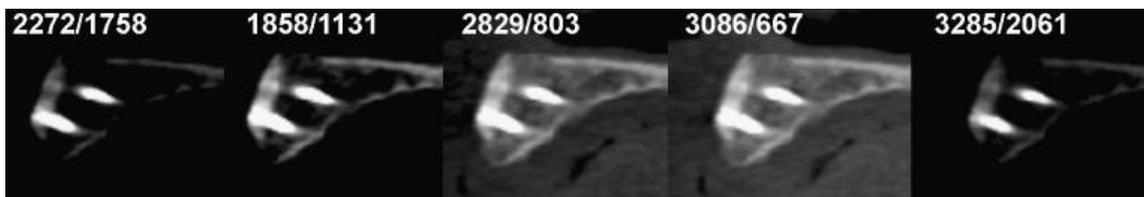
Si l'on compare les 2 CBCT ci-dessus, on remarque bien sur la figure du bas une amélioration du contraste entre les tissus mous et l'os alvéolaire, et surtout entre les tissus mous et le greffon osseux alvéolaire.

#### 4.4.2. Ajustement des paramètres de lecture

En plus d'agir sur les paramètres d'acquisition, il est possible d'agir sur les paramètres de lecture du logiciel, comme nous explique une revue systématique qui s'est intéressée à la lecture des fichiers DICOM de greffes osseuses maxillaires (39).

##### 4.4.2.1. Le fênetrage

C'est la sélection de valeurs des nuances de gris, du contraste des images. Les logiciels ne présentent pas de valeurs spécifiques mais on peut les modifier à souhait, les valeurs sont déterminées manuellement en testant plusieurs réglages (figure 57). L'examineur doit donc savoir déterminer, selon la zone d'intérêt, le niveau de gris adéquat qui représentera le plus précisément possible le tissu (39).



*Figure 57: test de différents réglages de valeurs de niveaux de gris pour la région greffée (39).*

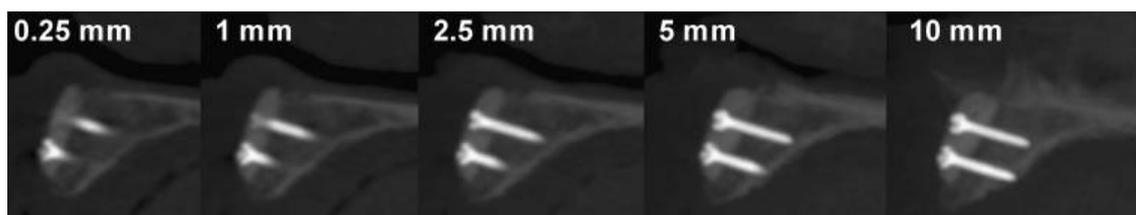
##### 4.4.2.2. La définition du plan

La définition d'un plan de référence va permettre de comparer les images CBCT entre elles au cours du temps. Avec l'évolution des logiciels, cette fonction est de plus en plus présente et on a remarqué que de nombreux articles définissent un plan de référence pour comparer les coupes (39).

#### 4.4.2.3. Épaisseur de section

Dans certains cas, quand l'épaisseur de coupe n'est pas réglable elle correspond donc à un voxel. Mais il est parfois possible de la manipuler.

Sur l'image ci-dessous (figure 58), on peut voir que la modification de ce paramètre affecte l'apparence de l'image, surtout sur des coupes épaisses où l'on peut voir apparaître un « bruit anatomique » (39).



*Figure 58: test de la région greffé avec différentes valeurs pour l'épaisseur de coupe (39).*

L'intervalle de coupe est important, plus il est rapproché plus les informations seront précises car les caractéristiques fines seront plus susceptibles d'apparaître à l'écran.

Ainsi plus il existe de coupes, plus les données visibles seront précises et proche de la réalité anatomique (39).

## 5. Conclusion

Pour une prise en charge optimale des fentes alvéolaires et palatines, le praticien doit s'appuyer sur l'observation des caractéristiques de la fente pour appliquer la meilleure thérapeutique.

L'apport de la radiographie 3D et en particulier le Cone Beam permet avec facilité de naviguer sur et autour de la fente. Il sera possible de mesurer les dimensions précises, le volume mais aussi d'en apprendre davantage sur l'environnement de la fente.

Toutes ces informations vont permettre au chirurgien d'optimiser au mieux la greffe alvéolaire, en choisissant la zone de prélèvement adéquate par exemple, pour limiter la durée de chirurgie et ainsi diminuer les douleurs postopératoires.

La greffe, étant un volume en trois dimensions, le CBCT permettra d'observer les résultats et l'évolution de la greffe et notamment l'état de résorption de celle-ci, qui, si elle est trop importante est synonyme d'échec thérapeutique.

Ainsi, le Cone Beam est un outil indispensable à l'analyse pré et post-opératoire des fentes alvéolaires et palatines et sera d'une grande aide pour tous les professionnels de santé intervenant dans la prise en charge multidisciplinaire d'un patient présentant une fente comme le chirurgien maxillo-facial, le chirurgien plasticien, le chirurgien-dentiste ou l'orthodontiste.

## 6. Bibliographie

1. Épidémiologie, étiologie et génétique des cardiopathies congénitales - ClinicalKey Student [Internet]. [cité 17 nov 2021]. Disponible sur: <https://www-clinicalkey-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/student/content/emc/51-s2.0-S1166456816665804#hl0000587>
2. Bénateau H, Taupin A, Ory L, Compère J-F. Généralités sur les fentes labio-alvéolo-palato-vélaires (hors prise en charge). Wwwem-Premiumcomdatatraitess122-55463 [Internet]. 3 juill 2012 [cité 24 janv 2021]; Disponible sur: <https://www-em-premium-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/article/713345/resultatrecherche/9>
3. Embryologie craniofaciale (II). Embryologie de la face et des structures squelettiques céphaliques : morphogenèse des maxillaires, de la mandibule et du crâne - ClinicalKey Student [Internet]. [cité 19 juin 2021]. Disponible sur: <https://www-clinicalkey-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/student/content/emc/51-s2.0-S1877786412538693#51-s2.0-S1877786412538693-gr01>
4. Aknin J-J. Le point sur les fentes labio-alvéolo-palatines. Rev Orthopédie Dento-Faciale. déc 2008;42(4):391-402.
5. Kernahan DA, Stark RB. A NEW CLASSIFICATION FOR CLEFT LIP AND CLEFT PALATE. Plast Reconstr Surg. nov 1958;22(5):435-41.
6. Rakotoarison RA, Rakotoarivony AE, Ralaiarimanana FL, Andriambololo-Nivo R, Féki A. Étude des anomalies dentaires associées aux fentes labiopalatines : à propos d'une série de 85 cas. Médecine Buccale Chir Buccale. févr 2011;17(1):7-14.
7. Bénateau H, Veysseyre A, Brun CP-L, Cabouret D, Traoré H. Prise en charge chirurgicale primaire des fentes vélaires, vélopalatines et alvéolaires. Wwwem-Premiumcomdatatraitess122-66202 [Internet]. 24 juill 2014 [cité 24 janv 2021]; Disponible sur: <https://www-em-premium-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/article/910125/resultatrecherche/1>
8. Talmant J-C, Talmant J-C, Lumineau J-P. Traitement chirurgical secondaire des fentes labio-alvéolo-palatines. Wwwem-Premiumcomdatatraitest0745-45512 [Internet]. 17 janv 2012 [cité 24 janv 2021]; Disponible sur: <https://www-em-premium-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/article/686306/resultatrecherche/4>
9. Schmittbuhl M, Turgeon D, Matenine D, Matern J-F. Principes de l'imagerie cone beam CT. Wwwem-Premiumcomdatarevues25433431v2i6S2543343119301162 [Internet]. 27 nov 2019 [cité 24 janv 2021]; Disponible sur: <https://www-em-premium-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/article/1335339/resultatrecherche/3>
10. Machado GL. CBCT imaging – A boon to orthodontics. Saudi Dent J. 1 janv 2015;27(1):12-21.
11. Linderup BW, Küseler A, Jensen J, Cattaneo PM. A Novel Semiautomatic Technique for Volumetric Assessment of the Alveolar Bone Defect Using Cone Beam Computed Tomography. Cleft Palate Craniofac J. 1 mai 2015;52(3):47-55.
12. Group CDS. English: CBCT scan of the left maxilla in an 11 year old showing an alveolar cleft with a partially descended maxillary left canine tooth. [Internet]. 2019 [cité 26 août 2021]. Disponible sur: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alveolar\\_cleft\\_CT.gif](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alveolar_cleft_CT.gif)
13. Shirota T, Kurabayashi H, Ogura H, Seki K, Maki K, Shintani S. Analysis of bone volume using computer simulation system for secondary bone graft in alveolar cleft. Int J Oral Maxillofac Surg. 1 sept 2010;39(9):904-8.
14. Kasaven MCP, Ivekovic S, McIntyre GT, Gillgrass T, Thomson DA, Menhinick A, et al. Validation of the Volumetric Measurement of a Simulated Maxillary Alveolar

Bone Defect Using Cone-Beam Computed Tomography: Cleft Palate Craniofac J

[Internet]. 1 nov 2013 [cité 19 août 2021]; Disponible sur:

<http://journals.sagepub.com/doi/10.1597/12-161>

15. Liu Y, Olszewski R, Alexandroni ES, Enciso R, Xu T, Mah JK. The validity of in vivo tooth volume determinations from cone-beam computed tomography. *Angle Orthod.* janv 2010;80(1):160-6.

16. GAND classification and volumetric assessment of unilateral cleft lip and palate malformations using cone beam computed tomography- ClinicalKey [Internet]. [cité 15 avr 2021]. Disponible sur: <https://www.clinicalkey.fr/#!/content/journal/1-s2.0-S0901502716300637>

17. Etemadi Sh M, Movahedian Attar B, Mehdizadeh M, Tajmiri G. Evaluation of the CBCT imaging accuracy in the volumetric assessment of unilateral alveolar cleft. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg* [Internet]. 24 juin 2021 [cité 6 août 2021]; Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468785521001324>

18. Maxillary sinus volumes of patients with unilateral cleft lip and palate- ClinicalKey [Internet]. [cité 16 avr 2021]. Disponible sur:

<https://www.clinicalkey.fr/#!/content/journal/1-s2.0-S0165587615003924>

19. Robinson HE, Zerlin GK, Passy V. Maxillary Sinus Development in Patients With Cleft Palates as Compared to Those With Normal Palates. *The Laryngoscope.* 1982;92(2):183-7.

20. Paknahad M, Pourzal A, Mahjoori-Ghasrodashti M, Khojastepour L. Evaluation of Maxillary Sinus Characteristics in Patients With Cleft Lip and Palate Using Cone Beam Computed Tomography. *Cleft Palate Craniofac J.* 21 juin 2021;10556656211023240.

21. Farzal Z, Walsh J, Lopes de Rezende Barbosa G, Zdanski CJ, Davis SD, Superfine R, et al. Volumetric nasal cavity analysis in children with unilateral and bilateral cleft lip and palate. *The Laryngoscope.* juin 2016;126(6):1475-80.

22. Movahedian N, Vossoughi M, Hajati-Sisakht M. A Cone-Beam Computed Tomographic Study of Alveolar Bone Morphology in Patients With Unilateral Cleft Lip and Palate. *Cleft Palate Craniofac J.* 1 mars 2020;57(3):273-81.

23. Newman MG, Takei HH, Carranza FA. Carranza's clinical periodontology. Philadelphia: W.B. Saunders Co.; 2002.

24. Leung CC, Palomo L, Griffith R, Hans MG. Accuracy and reliability of cone-beam computed tomography for measuring alveolar bone height and detecting bony dehiscences and fenestrations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1 avr 2010;137(4, Supplement):S109-19.

25. Santos G, Ickow I, Job J, Brooker JE, Dvoracek LA, Rigby E, et al. Cone-Beam Computed Tomography Incidental Findings in Individuals With Cleft Lip and Palate. *Cleft Palate Craniofac J.* 1 avr 2020;57(4):404-11.

26. Accuracy of both virtual and printed 3-dimensional models for volumetric measurement of alveolar clefts before grafting with alveolar bone compared with a validated algorithm: a preliminary investigation- ClinicalKey [Internet]. [cité 16 avr 2021]. Disponible sur: <https://www.clinicalkey.fr/#!/content/journal/1-s2.0-S0266435616302388>

27. Feng B, Jiang M, Xu X, Li J. A new method of volumetric assessment of alveolar bone grafting for cleft patients using cone beam computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 1 août 2017;124(2):e171-82.

28. Stasiak M, Wojtaszek-Słomińska A, Racka-Pilszak B. Current methods for secondary alveolar bone grafting assessment in cleft lip and palate patients — A systematic review. *J Cranio-Maxillofac Surg.* 1 avr 2019;47(4):578-85.

29. Bergland O, Semb G, Abyholm FE. Elimination of the residual alveolar cleft by secondary bone grafting and subsequent orthodontic treatment. *Cleft Palate J.* juill 1986;23(3):175-205.

30. Enemark H, Sindet-Pedersen S, Bundgaard M. Long-term results after secondary bone grafting of alveolar clefts. *J Oral Maxillofac Surg.* 1 nov 1987;45(11):913-8.
31. Meazzini MC, Corno M, Novelli G, Autelitano L, Tortora C, Elsidio D, et al. Long-Term Computed Tomographic Evaluation of Alveolar Bone Formation in Patients with Unilateral Cleft Lip and Palate after Early Secondary Gingivoalveoloplasty. *Plast Reconstr Surg.* févr 2016;137(2):365e.
32. Han K, Jeong W, Yeo H, Choi J, Kim J, Son D, et al. Long-term results of secondary alveolar bone grafting using a technique to harvest pure calvarial cancellous bone: Evaluation based on plain radiography and computed tomography. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 1 mars 2017;70(3):352-9.
33. Oberoi S, Chigurupati R, Gill P, Hoffman WY, Vargervik K. Volumetric assessment of secondary alveolar bone grafting using cone beam computed tomography. *Cleft Palate-Craniofacial J Off Publ Am Cleft Palate-Craniofacial Assoc.* sept 2009;46(5):503-11.
34. Kamperos G, Theologie-Lygidakis N, Tsiklakis K, Iatrou I. A novel success scale for evaluating alveolar cleft repair using cone-beam computed tomography. *J Cranio-Maxillo-fac Surg Off Publ Eur Assoc Cranio-Maxillo-fac Surg.* avr 2020;48(4):391-8.
35. Zhang W, Shen G, Wang X, Yu H, Fan L. Evaluation of alveolar bone grafting using limited cone beam computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 1 avr 2012;113(4):542-8.
36. Datana S, Chattopadhyay PK, Kadu A. Bony bridge resorption after secondary alveolar grafting and correlation with success of orthodontic treatment: A prospective volumetric cone beam computed tomography (CBCT) study. *Med J Armed Forces India.* 1 oct 2019;75(4):375-82.
37. Feichtinger M, Zemann W, Mossböck R, Kärcher H. Three-dimensional evaluation of secondary alveolar bone grafting using a 3D- navigation system based on computed tomography: a two-year follow-up. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 1 juin 2008;46(4):278-82.
38. Marques De Moura P, Hallac R, Kane A, Seaward J. Improving the Evaluation of Alveolar Bone Grafts with Cone Beam Computerized Tomography. *Cleft Palate Craniofac J.* 1 janv 2016;53(1):57-63.
39. Spin-Neto R, Marcantonio E, Gotfredsen E, Wenzel A. Exploring CBCT-Based DICOM Files. A Systematic Review on the Properties of Images Used to Evaluate Maxillofacial Bone Grafts. *J Digit Imaging.* déc 2011;24(6):959-66.

Exploration des fentes alvéolaires et palatines par CBCT / **Vianney Quandalle**. - p. 78 : ill. 58 ; réf. 39.

**Domaines** : Imagerie et radiologie

**Mots clés Libres** : fente alvéolaire – fente palatine – tomodensimétrie - CBCT

:

#### Résumé de la thèse en français

Le Cone Beam (CBCT) est un examen radiographique qui permet d'obtenir des images dans les trois dimensions de l'espace du massif facial sans déformation, ni distorsion, ni superposition. Avec son essor, il est devenu un examen de choix pour l'analyse des fentes alvéolaires et palatines. L'objectif de cette thèse est d'exposer les différentes possibilités qu'offre le CBCT dans l'exploration des fentes.

Ainsi, les images CBCT permettent d'observer et mesurer avec précision le volume du défaut osseux, de classifier les fentes mais aussi d'analyser l'environnement de la fente tel que les dents adjacentes, le sinus maxillaire, les fosses nasales, la qualité de l'os alvéolaire et leurs particularités.

Un des atouts majeurs de cet examen est aussi la possibilité de se servir de l'acquisition des images pour l'étude pré-chirurgicale des fentes, avant la greffe osseuse alvéolaire. L'analyse permettra de choisir avec justesse le site donneur. L'analyse post-chirurgicale permettra quant à elle d'évaluer la réussite de l'intervention et à distance de quantifier la résorption osseuse.

L'exploration des fentes alvéolaires et palatines par CBCT est donc une étape indispensable dans le parcours de soins du patient porteur d'une fente avec le recueil d'une multitude d'informations qui permettra une meilleure prise en charge du patient par le chirurgien maxillo-facial ou plasticien, le chirurgien-dentiste ou encore l'orthodontiste.

#### **JURY :**

**Président** : Pr Thomas Colard

**Assesseurs** : Dr Emmanuël Bocquet

Dr Nathalie Foumou-Moretti

Dr Amélie de Broucker