

CONE BEAM EN IMPLANTOLOGIE ORALE (2^{ème} partie)

RADIOANATOMIE DE LA MANDIBULE

ANATOMIE DE LA MANDIBULE EN DENTASCANNER

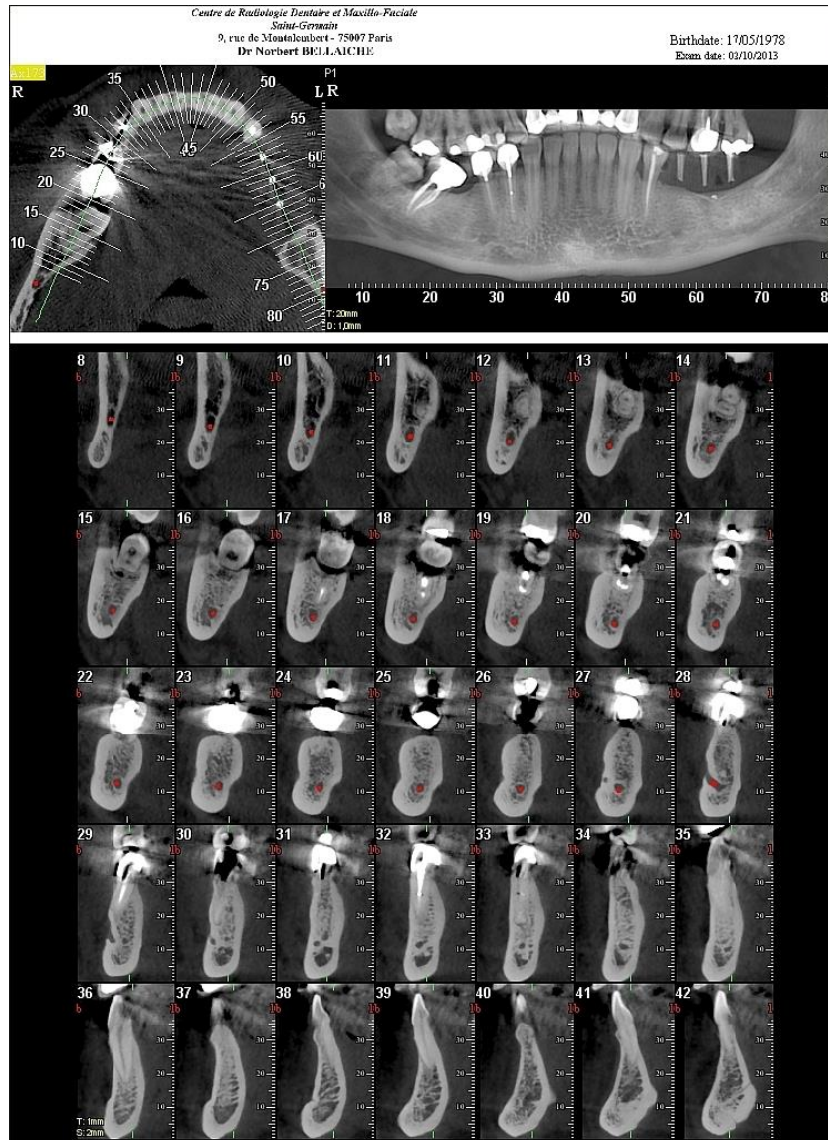


Fig.2.46a Dentascanner mandibulaire (film 1): reconstructions tous les 2 mm, souvent suffisantes en implantologie, bien que le consensus soit de pratiquer un intervalle millimétrique entre les reconstructions coronales. Canal mandibulaire et foramen mentonnier sont surlignés en rouge.

Cone beam et implantologie orale

Centre de Radiologie Dentaire et Maxillo-Faciale
Saint-Germain
9, rue de Montalembert - 75007 Paris
Dr Norbert BRILAICHE

Birthdate: 17/05/1
Exam date: 02/10/2

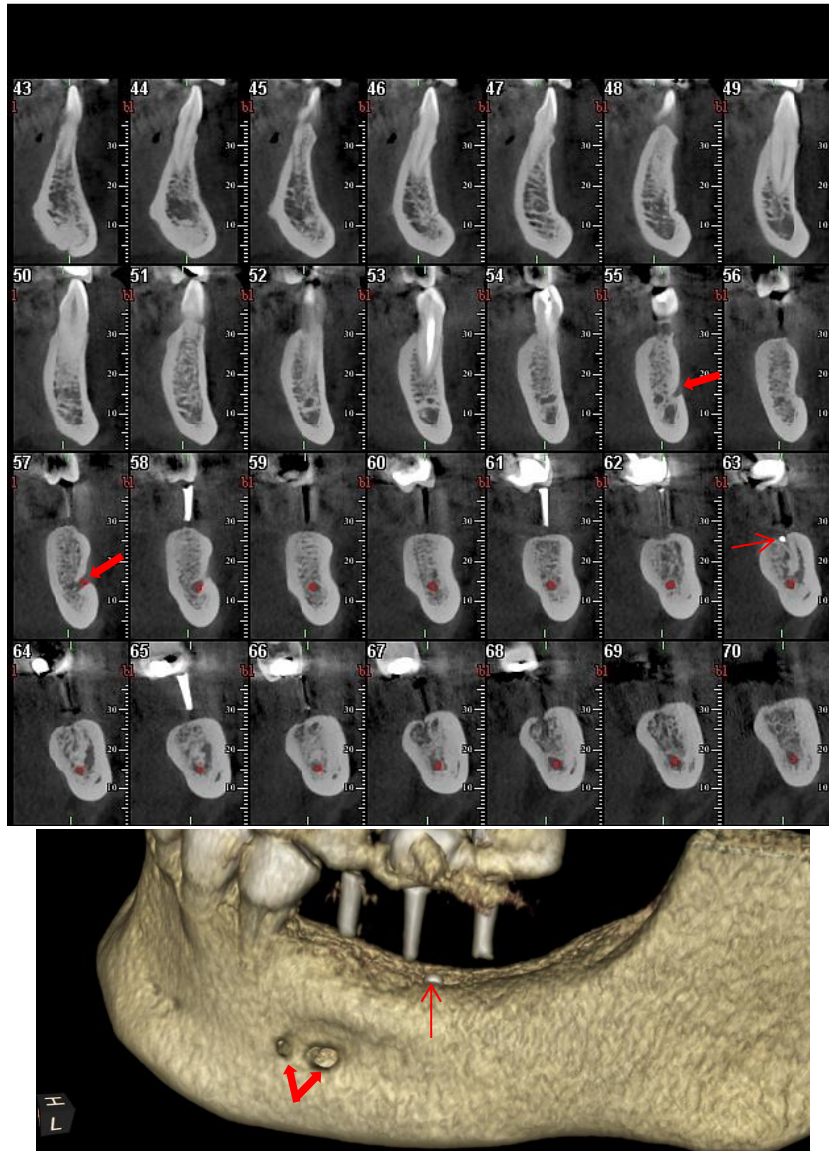


Fig.2.46b Dentascanner mandibulaire (film 2) : reconstructions tous les 2 mm. Triple guide radiologique en cônes de gutta (régions 35, 36, 37). Double foramen mentonnier (→) et résidu d'amalgame entre les guides 36 et 37 (→).

LES OBSTACLES ANATOMIQUES MANDIBULAIRE

■ **LE CANAL MANDIBULAIRE** présente des variantes.

• **Typiquement** : le canal naît en arrière au niveau de l'épine de Spix, de la corticale linguale. Il se dirige en avant et en dehors pour donner le foramen mentonnier, vestibulaire.

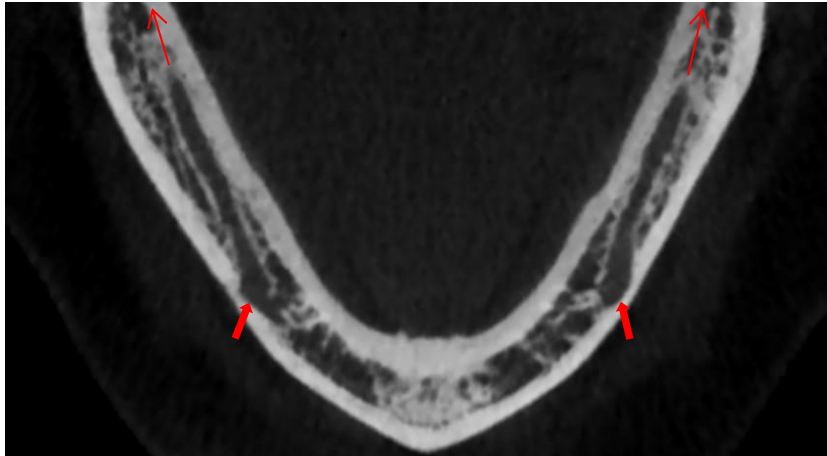


Fig.2.47 Canal mandibulaire typique en vue axiale, oblique de lingual en vestibulaire d'arrière (épine de Spix →) en avant (foramen mentonnier →).

• Ses variantes du normal concernent :

■ **le trajet du canal**

. Le canal peut être **totale**ment lingual sur tout son trajet, offrant la possibilité d'implanter en dehors de lui, en vestibulaire.

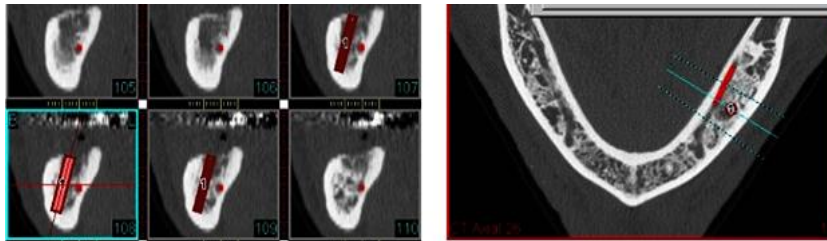


Fig.2.48a Canal mandibulaire lingual sur tout son trajet (colorisé en rouge). Simulation pré-implantaire : l'implant est prévu en vestibulaire du canal.

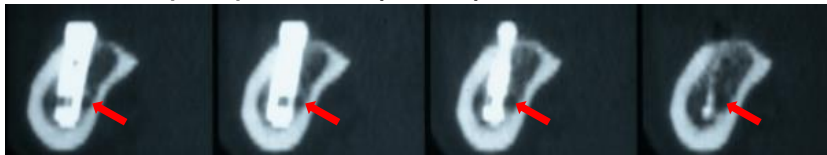


Fig.2.48b Canal mandibulaire lingual: contrôle post opératoire. L'implant est au contact du canal (→). Patient asymptomatique.

. Le canal est plus rarement, totalement vestibulaire.

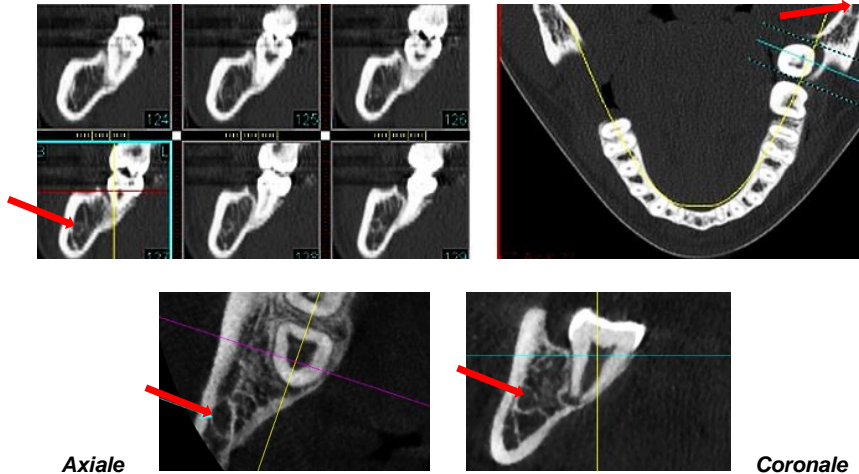


Fig.2.49 Canal mandibulaire de siège vestibulaire dès son origine (→).

.récurrent, son trajet décrivant une courbe antérieure juste avant de donner le foramen mentonnier ; cette récurrence ou trajet rétrograde est fréquente, habituellement limitée à 2 ou 3 mm, mais pouvant atteindre l'apex de la canine, soit 1 cm environ en avant du trou mentonnier ;

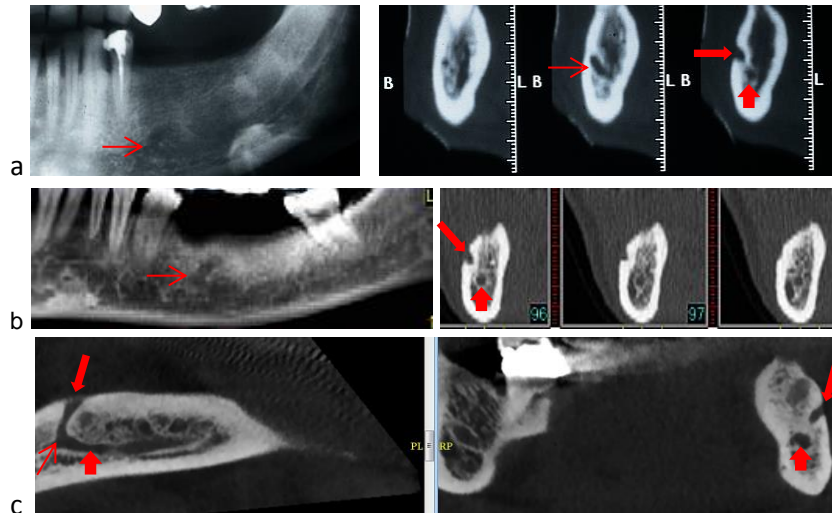


Fig.2.50 Canal mandibulaire (→) récurrent, formant une boucle antérieure (→) avant de revenir en arrière donner le foramen mentonnier (→).
Sur les reconstructions coronales, le canal (→) apparaît nettement séparé du foramen (→) par de l'os alvéolaire.

Cone beam et implantologie orale

- **son siège**: il peut être haut situé, voire **crestal** en cas d'atrophie sévère ;

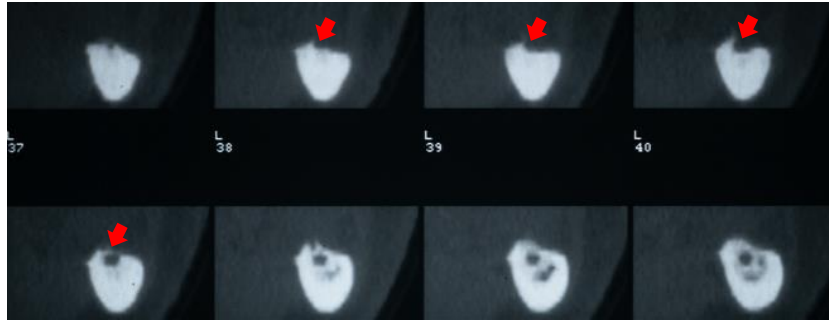


Fig.2.51 Canal crestal (➡), par atrophie basale sévère.

- **l'aspect** du canal qui est rarement **dédoublé**, en règle de façon partielle.

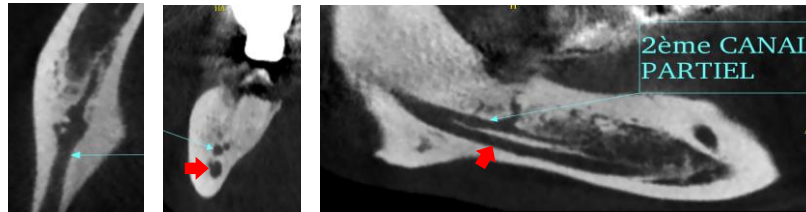


Fig.2.52 Canal partiellement dédoublé : canal mandibulaire principal (➡) et deuxième canal partiel (flèche verte).

Le canal est **parfois difficile à mettre en évidence, surtout en cas de déminéralisation** ; c'est ici la confrontation des reconstructions dans les différents axes qui permet de le situer avec certitude. Ce problème d'identification du canal concerne plus rarement le cone beam que le scanner.

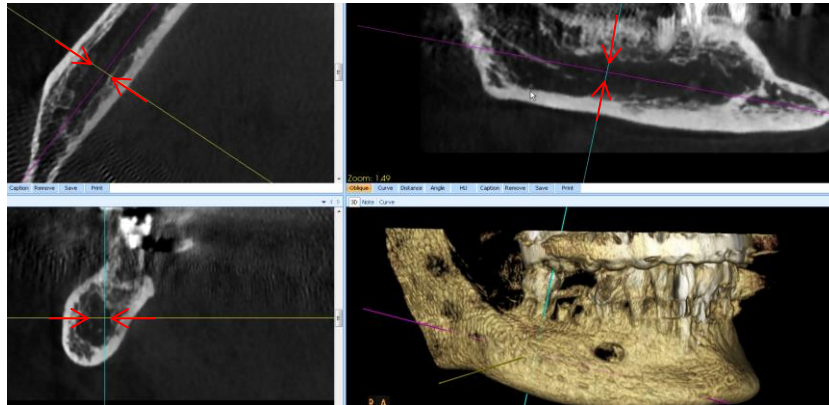


Fig.2.53 Déminéralisation péri-canaire chez patient ostéoporotique. Le canal mandibulaire est localisé grâce à la confrontation des trois plans (➡).

■ **LE FORAMEN MENTONNIER**

- **Typiquement**, il s'ouvre à **mi-hauteur** du procès alvéolaire et est situé soit à l'apex de la **deuxième prémolaire**, soit à l'aplomb **entre les 2 prémolaires**.

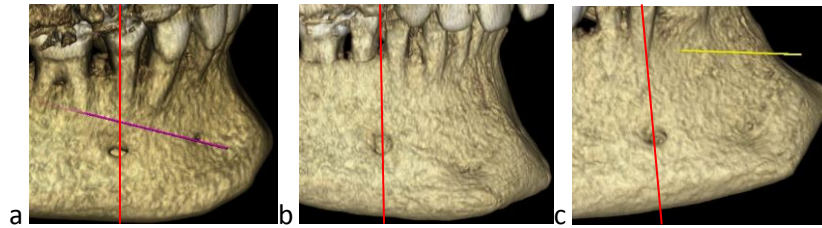


Fig.2.54 Foramens mentonniers typiques, à l'aplomb de la 2ème prémolaire absente (a) et à l'aplomb de l'espace entre les deux prémolaires (b) et variante à l'aplomb de 34 (c).

- **Ses variantes** concernent :

- **son siège** qui peut être, soit plus **antérieur**, en regard de la première prémolaire (**Fig.2.55**), soit plus rarement **postérieur**, en avant voire à l'aplomb de la première molaire, soit situé très haut, parfois **crestal**.

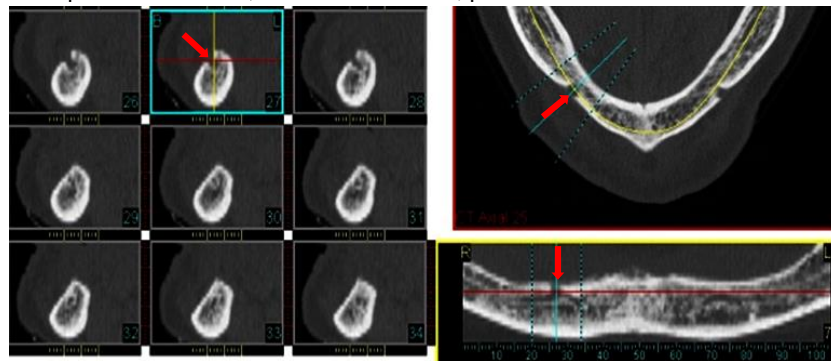


Fig.2.55 Foramen incisif crestal (→), par atrophie basale sévère.

- **son nombre** : foramen mentonnier **double** (en fait souvent pseudo dédoublés), souvent décalés sur le plan mésiodistal, parfois sur un même plan vertical, rarement triples, exceptionnellement absent.

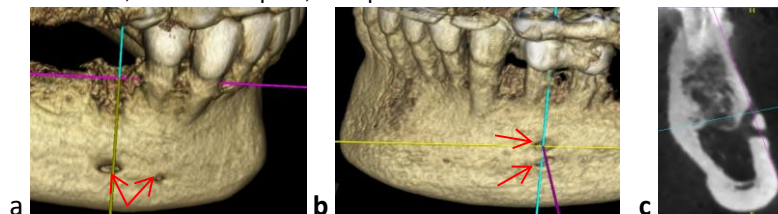


Fig.2.56 Foramens mentonniers doubles (→) sur des plans méso-distaux différents (a) et sur le même plan vertical (b et c).

Cone beam et implantologie orale

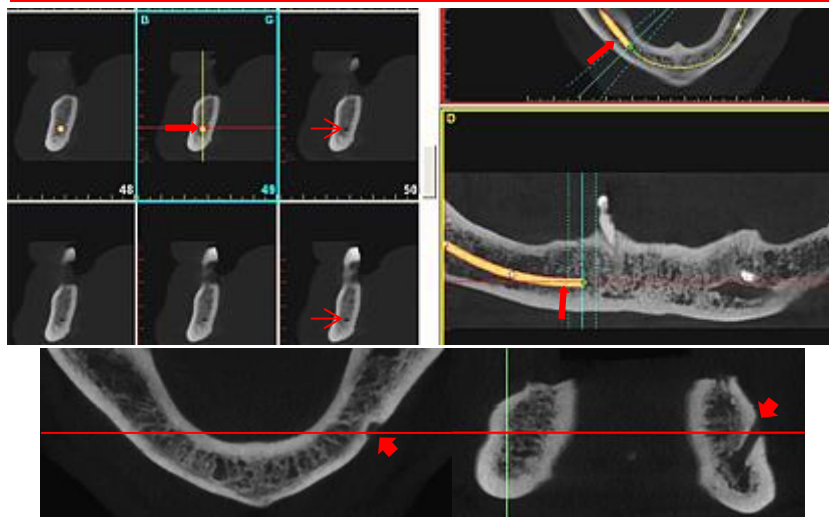


Fig.2.57 Foramen mentonnier absent : canal mandibulaire (→); canal incisif (→); foramen mentonnier gauche (↗).

■ **LE CANAL INCISIF MANDIBULAIRE** s'étendant du canal mandibulaire jusqu'à l'apex de l'incisive centrale, contient une branche trophique du nerf mandibulaire et n'est pas considéré pour la plupart comme un véritable obstacle à éviter ; il est recommandé cependant de **ne pas planter au contact** de ce canal, ce qui pourrait causer des paresthésies voire des phénomènes douloureux à la mise en charge.

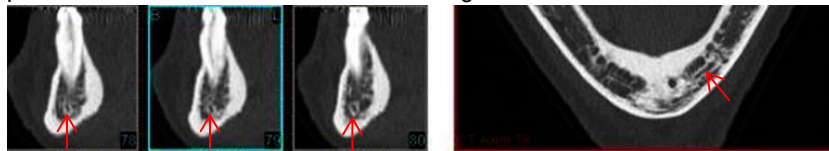


Fig.2.58 Canal incisif mandibulaire (→)

■ **VARIANTES DU NORMAL pouvant faire obstacle:**

- **concavité d'origine linguale, plus rarement vestibulaire** rétrécissant le procès alvéolaire antérieur (**Fig.2.15**);
- **lacune de Stafné**, cavité mandibulaire linguale postérieure, occupée par des éléments glandulaires salivaires et des reliquats graisseux.

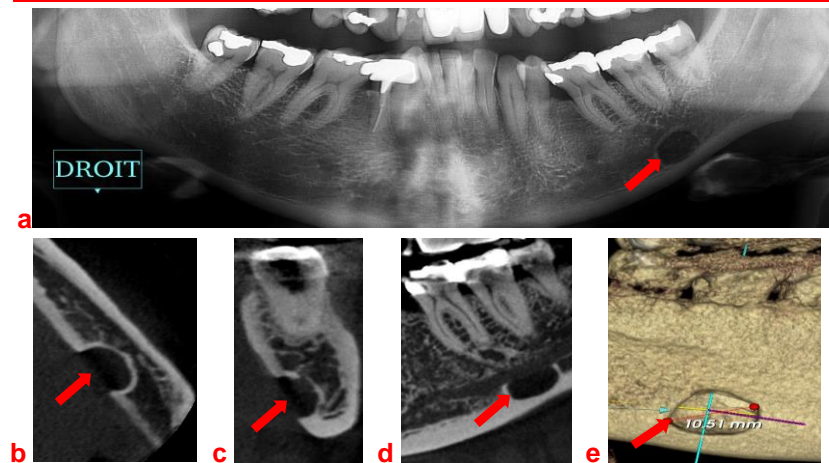


Fig.2.59 Lacune de STAFNE (→) Panoramique dentaire (a);
Cone beam (b, c, d et e: reconstructions axiale, coronale, panoramique et 3D

LA QUALITE DE L'OS DISPONIBLE est appréciée sur la densité de l'os spongieux et l'épaisseur des corticales.

■ La «densité» des travées osseuses (épaisseur et nombre): en cas de déminéralisation avancée, on observe une raréfaction, voire une disparition des travées osseuses (patients âgés et/ou édentés) (**Fig.2.53**); on pourrait aussi mesurer la densité de l'os spongieux en Unités Hounsfield en scanner, mais la grande variabilité de sa densité dans un même hémimaxillaire voire dans une même région dentaire rend ce type de mesure laborieux peu pratiqué. C'est l'appréciation des **densités relatives péri-implantaires par logiciels de simulation** qui est la plus pratiquée (*voir chapitre sur la simulation implantaire*).

■ L'épaisseur des corticales est mesurée directement en millimètres. Dans certains cas, les corticales peuvent apparaître très épaisses, voire exubérantes : c'est le cas du «torus» palatin (au maxillaire) ou lingual (à la mandibule), variantes du normal permettant dans certains cas un appui cortical confortable, voire un prélèvement autogène généreux d'os cortical.

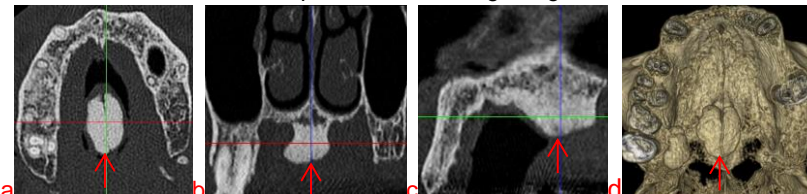


Fig.2.60 Torus palatin: reconstructions axiale(a), frontale(b), sagittale(c) et 3D(d)

Cone beam et implantologie orale

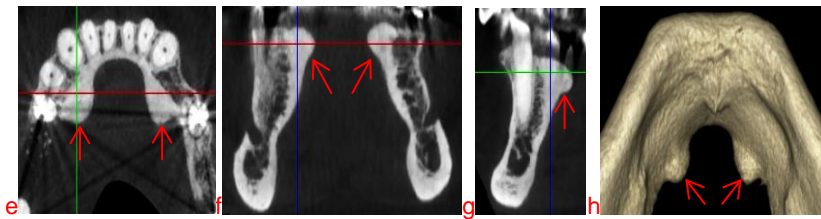


Fig.2.61 Torus lingual: reconstructions axiale(e), frontale(f), sagittale(g) et 3D(h).

■ **Les modifications de la structure osseuse** L'imagerie 3D permet de les analyser (ostéocondensation, déminéralisation osseuse) et de mettre en évidence des structures intra osseuses pouvant passer inaperçues sur les clichés conventionnels. Enfin **tout os pathologique** (dysplasie fibreuse, Paget, ostéites, ostéonécroses [fig.2.62], tumeur maligne...) **est une contre-indication de l'implantation.**

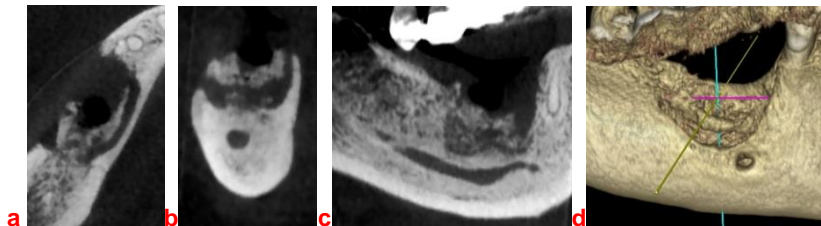


Fig.2.62 Ostéonécrose aseptique par prise de biphosphonates. Implantation interdite sur os pathologique. Reconstructions bidimensionnelles (a à c) et 3D (d).

BILAN ET SUIVI DES GREFFES PREIMPLANTAIRES

Pour la chirurgie reconstructrice préimplantaire, deux temps sont à distinguer:

AVANT LA GREFFE: l'imagerie 3D permet

- la vérification de l'**absence de sinusite** et la **perméabilité du complexe ostio-méatique** des sinus maxillaires (*Fig.2.22 et 2.25*);
- l'appréciation du **volume osseux de départ**, de sa **qualité** et le siège exact de l'**artère alvéolo-antrale postéro-supérieure** en cas de comblement sous sinusien prévu (*Fig.2.44*);
- **le calcul du volume osseux nécessaire** à un comblement sous-sinusien ou à une apposition, idéalement pratiqué par logiciel de simulation (Simplant@...);

Cone beam et implantologie orale

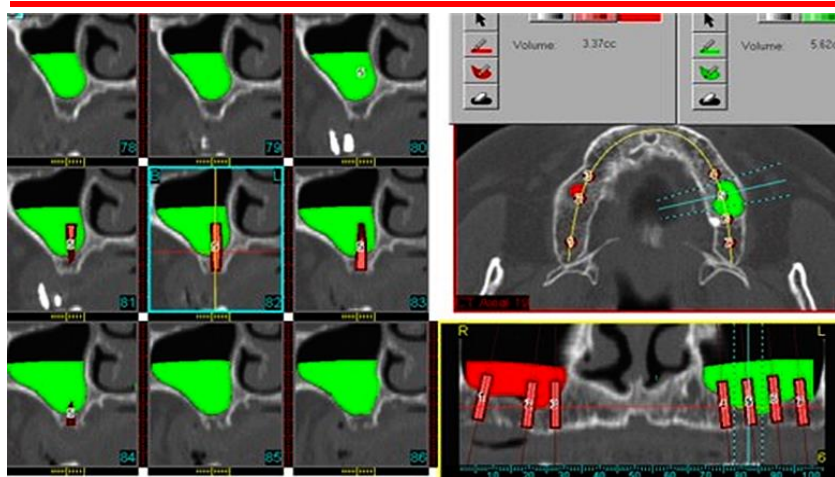


Fig.2.63 Simulation de comblement sinusien bilatéral (Simplant®).
A droite, le volume à greffer est estimé à 3.5 cc et à gauche à environ 5cc.

- d'apprécier le volume et la qualité d'os autogène dans les régions angulaires (*ramiques*) et symphysaire de la mandibule, ainsi qu'au niveau de la voûte crânienne en prévision d'un prélèvement *pariétal*.

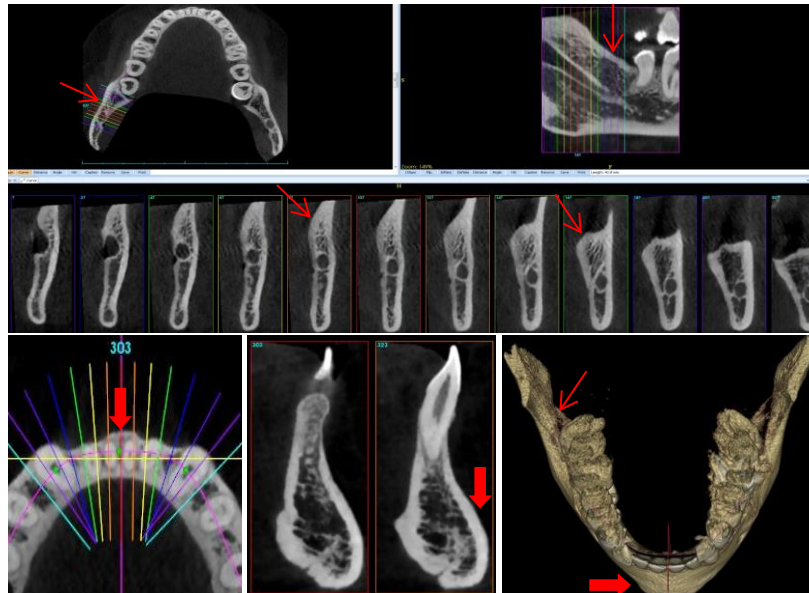


Fig.2.64 Contrôle des régions ramique droite (↔) et symphysaire (➡) mandibulaires (dentascanner).

Cone beam et implantologie orale

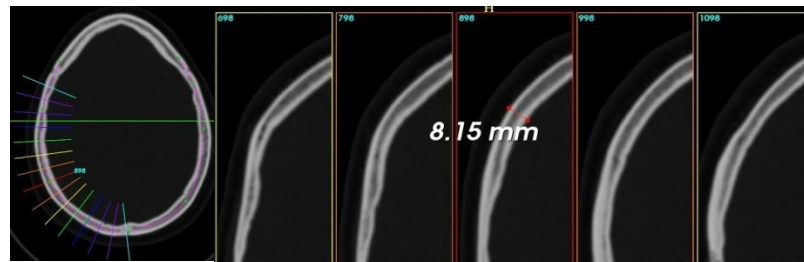


Fig.2.65 Contrôle scanner des os pariétaux en vue de prélèvement pour greffe. Reconstructions axiale et coronales tous les 5 mm.

APRES LA GREFFE: Le contrôle à **6 mois** du greffon permet de vérifier la présence des **critères de réussite**:

- **le volume d'os greffé doit être suffisant**, compte tenu des inévitables phénomènes de remodelage (quel que soit le site donneur ou le type de greffe) voire de résorption (en moyenne 30% à six mois);
- **les contours du greffon doivent être nets et réguliers**;
- **les contacts du greffon avec l'os receveur doivent être intimes**, idéalement insensibles, fusionnés et les contacts **avec le matériel d'ostéosynthèse** (vis en titane ou fils d'acier) qui doivent être **nets** ;
- **la densité du greffon doit être supérieure ou égale à celle de l'os résiduel**;
- **l'homogénéité du greffon**: une trop grande hypodensité, le plus souvent au sein d'un volumineux greffon, n'est pas toujours synonyme de nécrose centrale mais doit faire repousser voire abandonner le projet implantaire;
- **en cas de comblement sous-sinusal, l'absence ou la faible importance de la réaction inflammatoire de la muqueuse sinusienne ainsi que la perméabilité de l'ostium infundibulaire.**

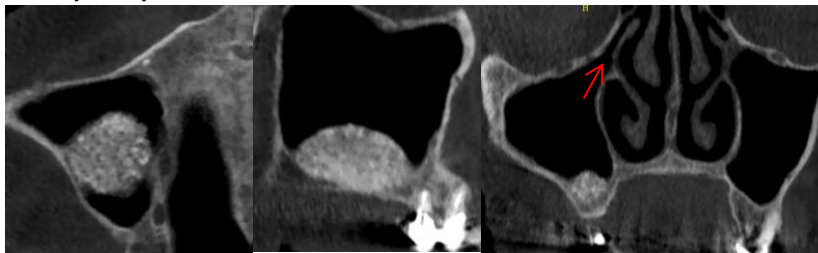


Fig.2.66 Contrôle de greffe sous-sinusienne (Bioss®). Les critères de réussite sont réunis, y compris le sinus normal avec complexe ostio-méatique libre (→).

Cone beam et implantologie orale

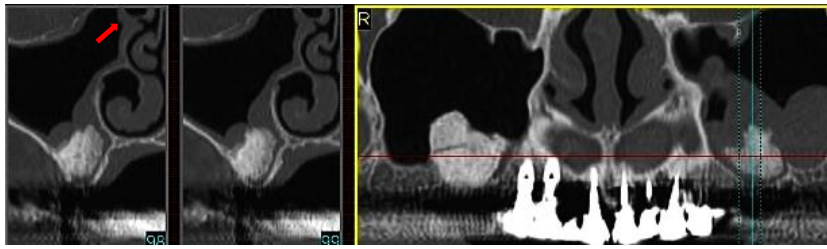


Fig.2.67 Contrôle de 2 greffes sous-sinusiennes. A droite, greffe assez réussie, sinus normal ; à gauche sinusite obstructive (→) et échec de la greffe.

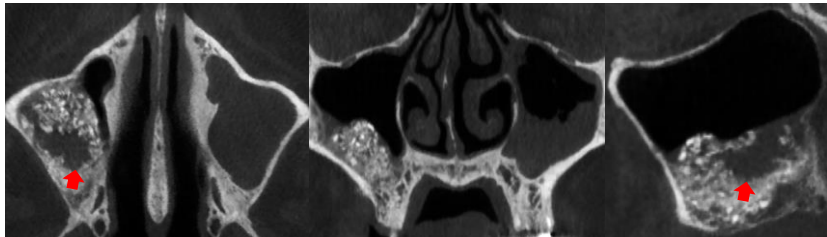


Fig.2.68 Contrôle de greffe sous-sinuisienne à 4 mois. Zone d'hypodensité centrale (→) évoquant une nécrose ; sinus normal : la surveillance sous traitement de la sinusite droite a permis d'attendre le contrôle à 6 mois favorable.

Le contrôle de la greffe à 6 mois permet une simulation implantaire.

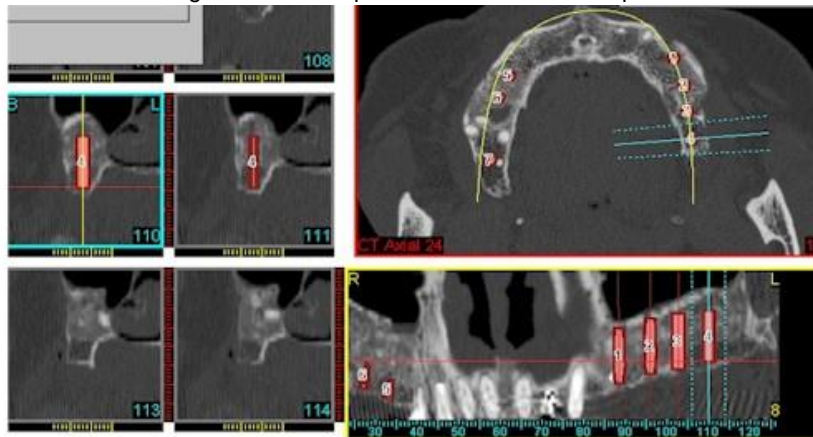


Fig.2.69 Contrôle de greffe d'os pariétal bilatéral et simulation (Simplant®).

LES GREFFES D'APPOSITION exigent l'utilisation de greffon autogène (ramique, symphysaire voire tibial, fibulaire ou même pariétal pour certains). Les critères de réussite sont les mêmes.

Cone beam et implantologie orale

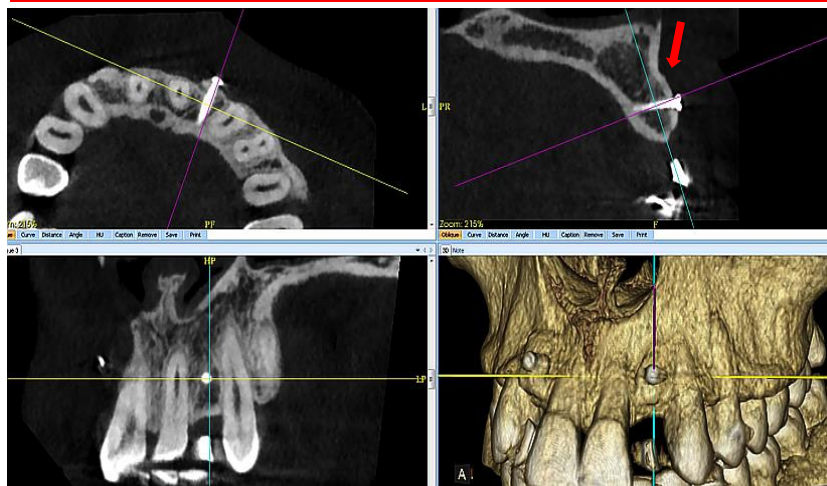


Fig.2.70 Contrôle de greffe d'aposition réussie à 6 mois (os ramique).

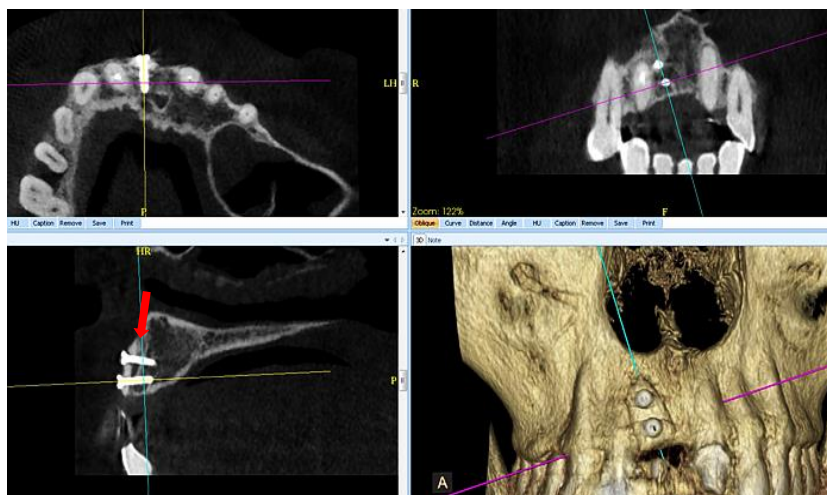


Fig.2.71 Greffe d'aposition moins réussie (fusion imparfaite avec l'os résiduel).

LES GREFFES DE COMPLEMENT Spontanément, une cavité alvéolaire post-extractionnelle se comble de façon centripète, des bords vers le centre de la cavité en 3 à 6 mois (**Fig.2.72**), par un tissu conjonctif cicatriciel qui s'ossifie secondairement. Les greffes de comblement sont pratiquées dans les alvéoles fraîches après extraction, surtout si le comblement spontané n'est pas assuré. Plusieurs matériaux ont été utilisés (Bioss®, Corail, PRF®, os autogène, parfois associé aux matériaux de comblement...), volontiers protégés par une membrane (régénération tissulaire guidée).

Cone beam et implantologie orale

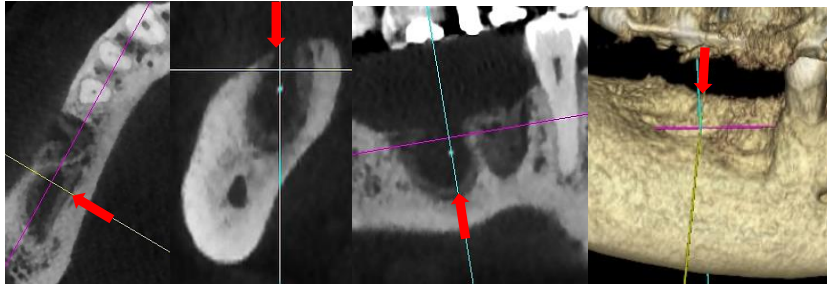


Fig.2.72 Comblement alvéolaire spontané à 4 mois, plus avancé en 46 qu'en 47. La réossification s'effectue de manière centripète (➡).

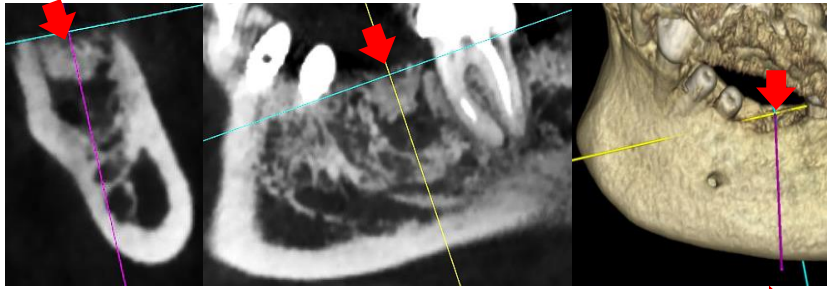


Fig.2.73 Greffe de comblement (PRF®) en cours de « consolidation » (➡).

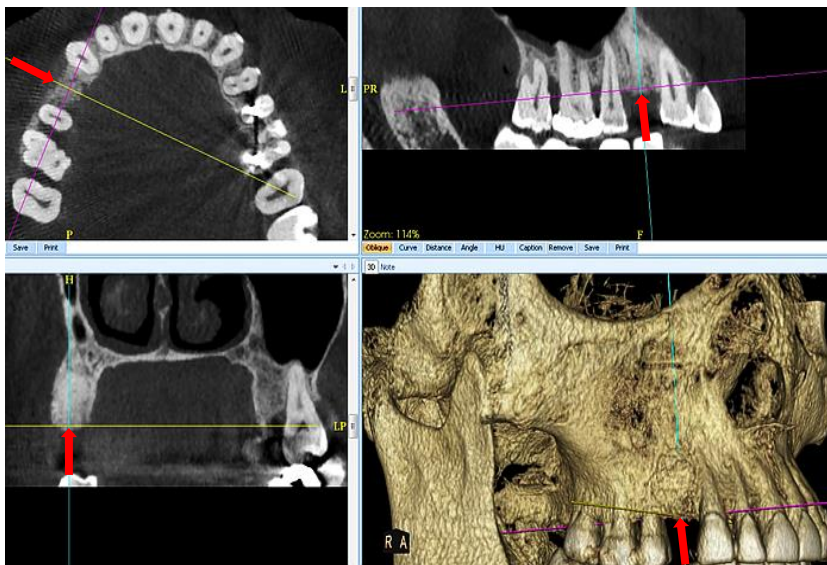


Fig.2.74 Greffe de comblement réussie (➡ Bioss®).

LES LOGICIELS DE SIMULATION IMPLANTAIRE sont une application éprouvée de l'imagerie 3D. Les logiciels du marché sont nombreux : Simplant®, Nobelclinician®, CAD-Implant®, 3Dent®, DICOM Insight®...

PRINCIPE

■ **A partir de reconstructions axiales de type DICOM** les logiciels de simulation permettent la réalisation de **reconstructions de type dentascanner**, parallèles (panoramiques) et perpendiculaires (coronales) à la courbure des maxillaires, ainsi que tridimensionnelles.

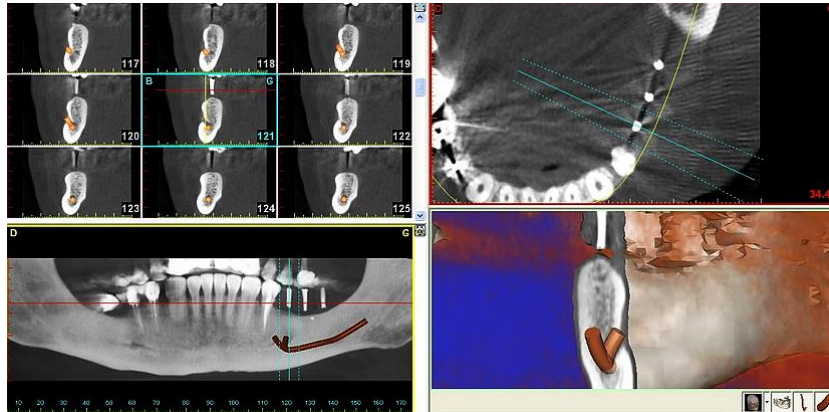


Fig.2.75 Reconstruction dentascanner par logiciel Simplant®. Même cas que sur les Fig.2.46 et 47. En bas et à droite, reconstruction 3D «tranchée» avec profil coronal à l'aplomb de 35, montrant les canaux mandibulaire et incisif colorisés.

Le praticien peut étudier alors l'examen 3D sur son ordinateur et pratiquer une **simulation pré-implantaire**, produisant des images qu'il peut archiver sur son disque dur. Il est possible enfin de pratiquer une édition sur imprimante papier au format A4. Ces modes d'enregistrement (informatique et tirage papier A4) prennent facilement place dans le dossier du patient et sont aisément consultés par la suite.

■ **Présentation d'un examen 3D sur écran (Fig.2.76).** S'affichent:

- **une coupe axiale:** repérée sur les autres images par une ligne horizontale;
- **une reconstruction panoramique:** repérée sur les images coronales par une ligne verticale, et sur les axiales par une courbe parallèle à la crête ;
- **des reconstructions coronales espacées tous les millimètres,** repérées sur les panoramiques par des lignes verticales et sur les axiales par des lignes perpendiculaires à la crête alvéolaire ;
- **des reconstructions tridimensionnelles.**

Cone beam et implantologie orale

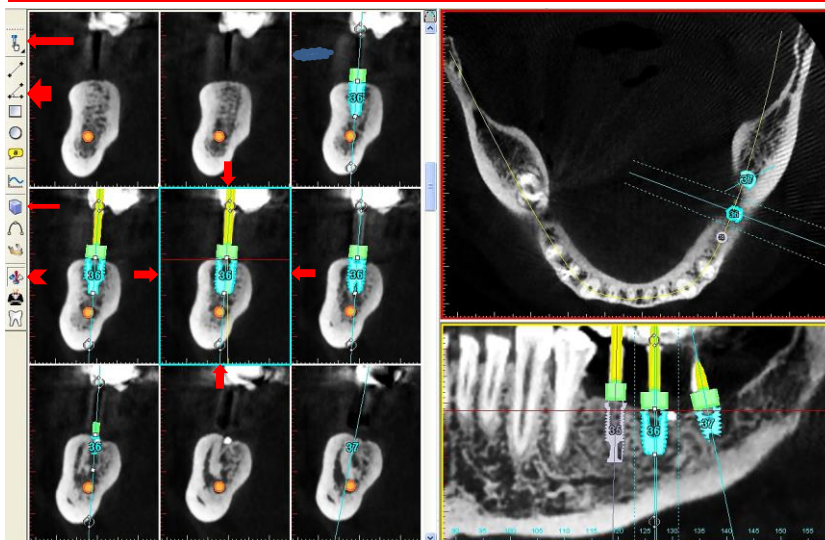


Fig.2.76 Présentation d'un cone beam sur écran : outil «implant» (→). L'implant 35 apparaît de volume maximal sur la reconstruction coronale centrale encadrée de bleu (→) et son volume se décline sur les reconstructions adjacentes. L'angle mésiodistal de l'implant 37 est mesurable grâce à l'outil « angulation » (→). Les outils «volume» (→) et «collision» (→) sont aussi très utiles.

Chaque écran est ainsi composé de reconstructions coronales, repérées sur les autres plans. On peut naviguer à l'envi dans le maxillaire étudié en cliquant simplement sur une zone quelconque, qui sera automatiquement affichée dans les trois dimensions de l'espace.

LA SIMULATION IMPLANTAIRE.

Elle consiste à positionner une icône-implant sur les reconstructions concernant le site implantaire choisi. L'implant virtuel est visualisé dans les trois plans de l'espace. Sur les reconstructions coronales, il apparaît au maximum sur l'image centrale de la région dentaire et son volume se décline sur les reconstructions adjacentes (**Fig.2.76 et 2.77**).

Les apports de la simulation concernent le volume et la qualité de l'os.

LE VOLUME OSSEUX DISPONIBLE.

- **Il dépend de l'épaisseur et de la hauteur d'os** jusqu'au premier obstacle anatomique.
- **Son exploitation idéale** est rendue possible par la simulation implantaire permettant de faire varier pour chaque implant:
 - **ses dimensions** : diamètre et longueur modifiables à l'envi ;

Cone beam et implantologie orale

▪ **son inclinaison** dans les plans vestibulolingual et mésiodistal au besoin ; **c'est la seule méthode permettant de visualiser simultanément la double obliquité d'un implant**. Les inclinaisons obtenues sont aussi mesurables grâce à un outil spécifique (Fig.2.76 et 2.77).

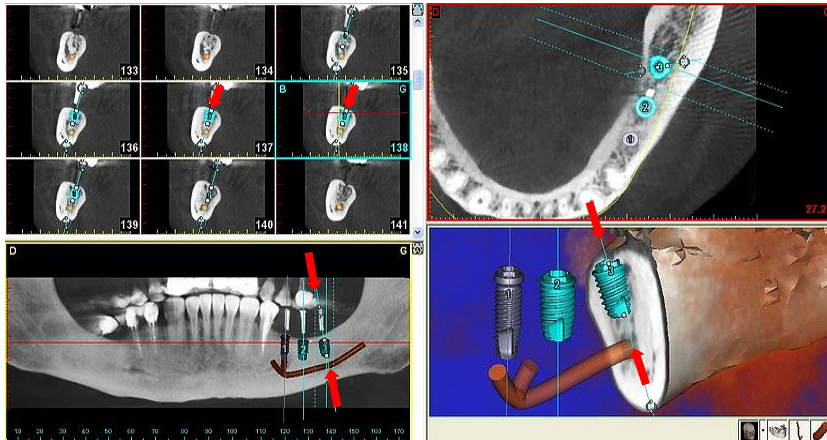


Fig.2.77a Double obliquité de l'implant 37, vestibulolinguale, mesurable sur les reconstructions coronales (→) et mésiodistale, appréciable sur les reconstructions panoramiques et 3D (→).

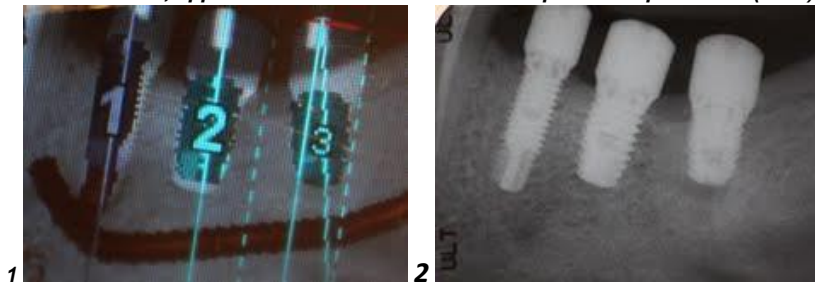


Fig.2.77b Simulation sur reconstruction panoramique agrandie (1) et radiographie de contrôle (2) reproduisant fidèlement la simulation.

En fonction d'un volume osseux disponible donné, plusieurs solutions sont souvent possibles, et celle correspondant au meilleur compromis entre tous les facteurs (osseux, implantaire et prothétique) sera retenue.

- **Cependant, certaines règles d'exploitation** du volume osseux sont toujours à respecter, à savoir:
 - **espace de sécurité entre obstacle anatomique et implant**, typiquement de 2 mm mais dont l'importance est à apprécier par chaque chirurgien en fonction de son expérience et des exigences locales (recherche d'appui bicortical par exemple);
 - **espace entre piliers** (dents ou implants): classiquement 2 mm au minimum;
 - **inclinaison implantaire inférieure à 30°** par rapport à l'axe prothétique.

Cone beam et implantologie orale

Ces règles de sécurité sont évidemment à adapter par chaque chirurgien en fonction de son expérience et sont rappelées sous forme d'alerte de collision par les logiciels évolués : Simplant® (Fig.2.76 ←), DICOM Insight®...

• **La mesure d'un volume** est aussi possible, grâce à un outil spécifique (Fig.2.76 →) qui permet de marquer en couleur une surface dans les trois plans de l'espace, l'ordinateur en déduisant la valeur volumique, affichée en centimètres-cubes. Cet outil voit sa meilleure application dans la prévision du volume d'un greffon (Fig.2.63).

• **L'utilisation d'un guide chirurgical** permet de reporter en bouche du patient les constatations issues du bilan scanographique. Le guide chirurgical est réalisé soit à partir d'une empreinte (Fig.2.46 à 2.83), soit directement à partir d'une étude 3D (scanner ou cone beam : Fig.2.85). Aujourd'hui la précision des meilleurs cone beam et du scanner permet de réaliser des impressions 3D très fidèles des maxillaires.

Plusieurs types de guide radiologiques peuvent être retenus:

- repères à type d'axe : cônes de gutta percha (Fig.2.46, 2.47 et 2.75 et suivantes), tenons ou tubes guide en titane, donnant en outre une indication sur l'orientation idéale de l'implant; guides triples, avec axe central et repères vestibulo-linguaux...

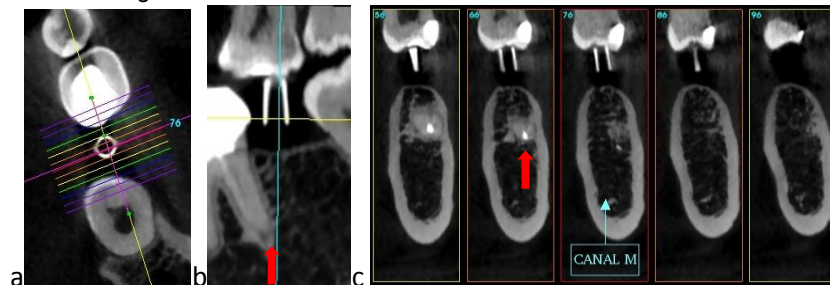


Fig.2.78 Tube-guide en titane. L'axe du guide a été incliné en distal afin d'être parallèle aux dents adjacentes et d'éviter la racine distale de 36 (→).

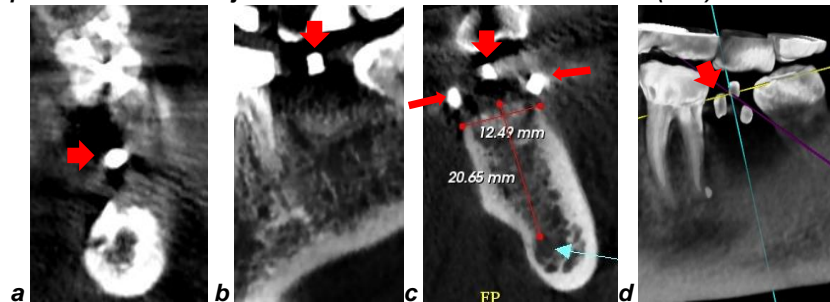


Fig.2.79 Guide en gutta, avec triple repère : central (→) et vestibulolingual (→).

Cone beam et implantologie orale

- **guide en forme de prothèse provisoire**: dents du commerce ou provisoire en résine, recouverte d'une couche de baryte (radio opaque).

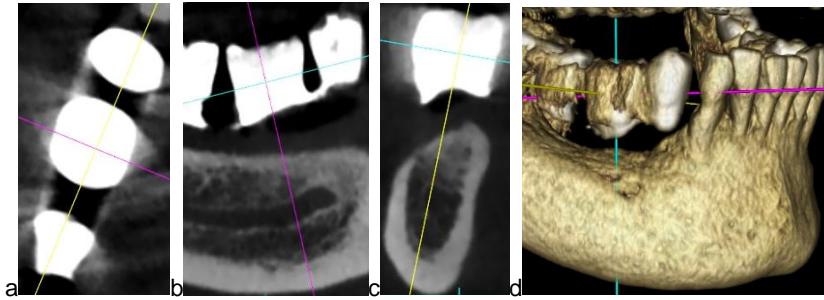


Fig.2.80 Guide en dents du commerce.

L'application de la Stéréolithographie et de l'impression 3D, permettant la reproduction robotisée de volumes en résine, ont permis la réalisation de **guides chirurgicaux** de haute précision. Après simulation implantaire, les données du bilan préopératoire sont adressées sur CD-Rom ou par Internet à une société spécialisée qui fournit au praticien un guide chirurgical (type Surgiguide*), reproduisant parfaitement en bouche du patient les données de la simulation.

LA QUALITE DE L'OS DISPONIBLE peut être appréhendée de trois façons:

- **De façon subjective**, comme sur films radiologiques, mais cette appréciation est délicate pour un maxillaire donné, du fait de la **grande variabilité de densité de l'os spongieux** d'une région dentaire à l'autre ;
- **Elle peut être mesurée** en scanner (densitométrie) par des outils spécifiques. Cependant, l'os spongieux est de densité très variable chez un même patient et même au sein d'un même héli-maxillaire, voire d'une région dentaire à l'autre. L'idéal est donc **d'apprécier la qualité de l'os dans le site implantaire** et au mieux dans la zone d'ostéo intégration; c'est ce qui est permis par les logiciels de simulation permettant de calculer, pour un implant donné, la densité relative moyenne de l'os autour de l'implant, du collet à l'apex implantaires. Cette «densité» osseuse s'affiche en temps réel selon un graphique représentant :
 - **en ordonnées**: l'implant lui-même en fonction de sa longueur,
 - **et en abscisses**: la densité relative de l'os péri-implantaire exprimée en Unités Hounsfield (UH).

Cone beam et implantologie orale

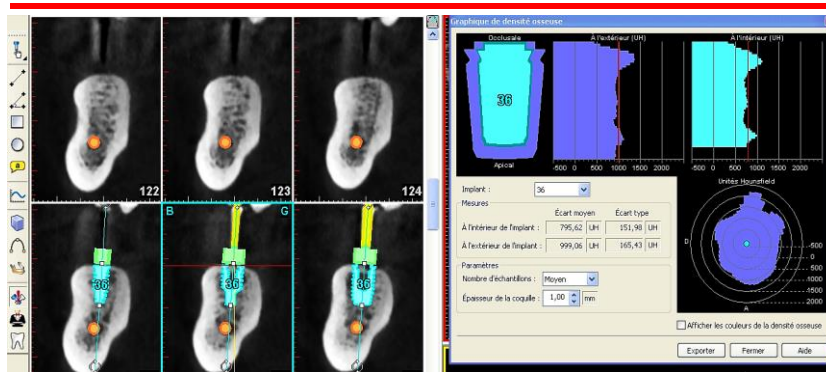


Fig.2.81 Mesure de la densité relative de l'os péri-implantaire. La densité est appréciée 1 mm tout autour de l'implant (« coquille » violette) et dans la zone de forage (zone turquoise). Densité moyenne proche de 1000 UH autour de l'implant, type II de Misch.

Une analogie est possible avec les **classifications de Lekholm et Zarb d'une part et de Misch d'autre part**:

- Au-delà de +1250 UH, c'est un os **cortical (type I)** ;
- de +850 à +1250 UH, il s'agit d'un os de type **mixte-cortical (type II)** ;
- entre +450 et +850 UH, c'est un os de type **mixte-spongieux (type III)** ;
- en cas de densité moyenne inférieure à +450 UH, il s'agit d'os **déminéralisé (type IV)**; dans ce cas, la recherche d'un appui bicortical peut être souhaitable pour assurer une stabilité primaire à l'implant.

Cette fonction peut avoir un intérêt réel pour la stratégie opératoire. Une forte déminéralisation est illustrée par une faible densité péri implantaire et fait craindre l'éventualité de micromouvements de l'implant, pouvant remettre en question l'ostéo intégration et invitant à la recherche d'un **appui bicortical**. La courbe de qualité osseuse obtenue alors a un aspect particulier avec une forte densité aux deux extrémités de l'implant.

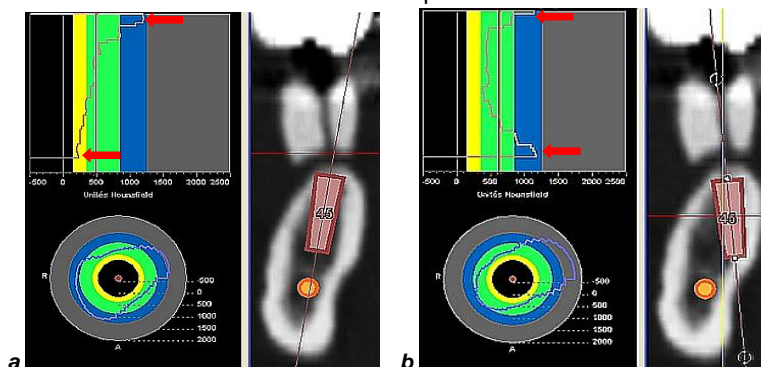


Fig.2.82 a. Densité osseuse (→) basse à l'apex dans l'axe du processus alvéolaire.
b. Densité élevée aux 2 extrémités implantaires préfigurant un appui bicortical.

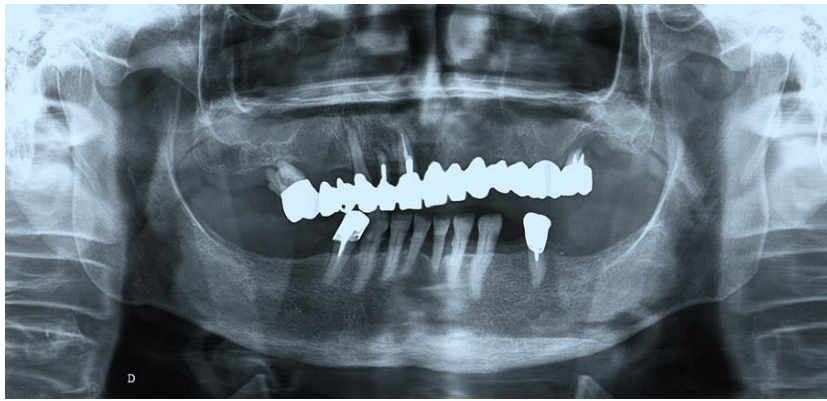


Fig.2.83 a Panoramique initial : Edentement étendu maxillaire et mandibulaire.

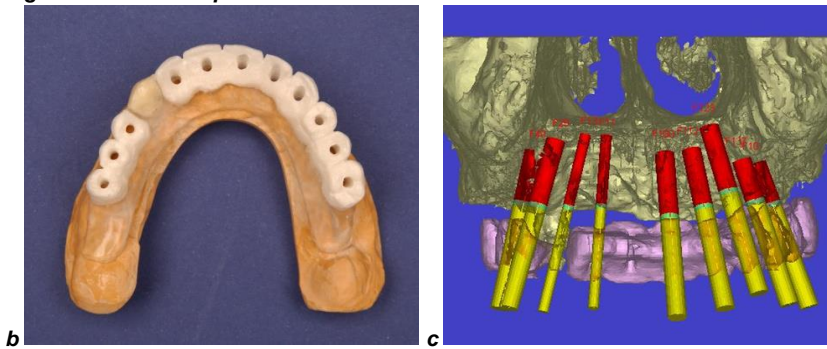


Fig.2.83 b: Guide à type de «prothèse provisoire barytée» réalisé à partir d'une empreinte. **Fig. 2.84 c** : 11 implants sont envisagé par la simulation Siplant®.



Fig.2.83 d Panoramique post-opératoire de contrôle : la dent 13 qui a servi de support au guide a été remplacée en cours d'intervention et 10 implants (de 15 à 25) ont été placés. Le guide chirurgical n'exclut pas l'adaptation du traitement.

Cone beam et implantologie orale



Fig.2.84 a Panoramique initial: édentements localisés en 15, 46 et 45.

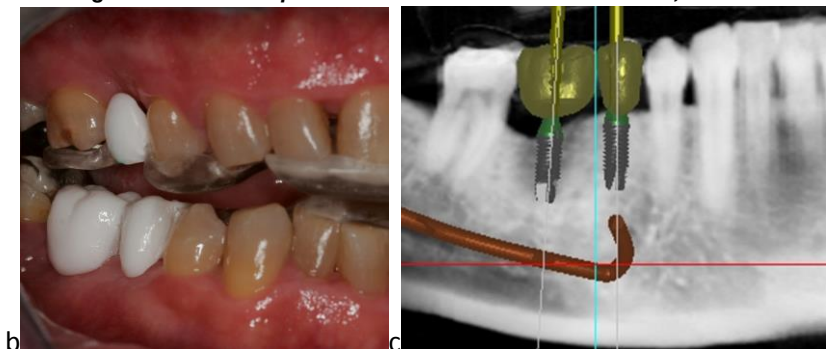
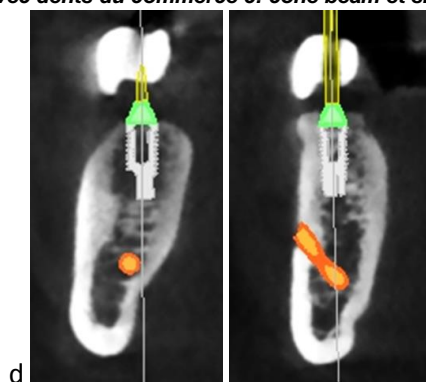


Fig.2.84 b: Guide avec dents du commerce c: cone beam et simulation Simplant®.



d

Fig.2.84 d: Vues coronales.



Fig.2.84 e: Panoramique post-opératoire

Cone beam et implantologie orale

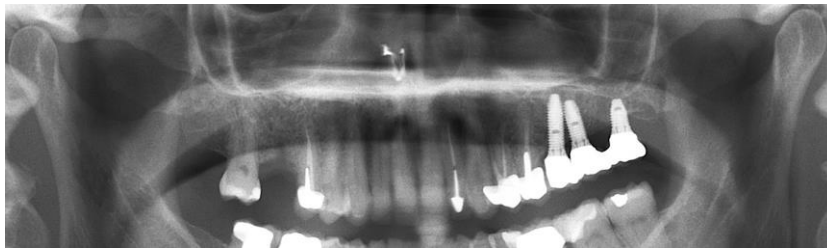


Fig.2.85 a Panoramic initial : édentement localisé à 16.

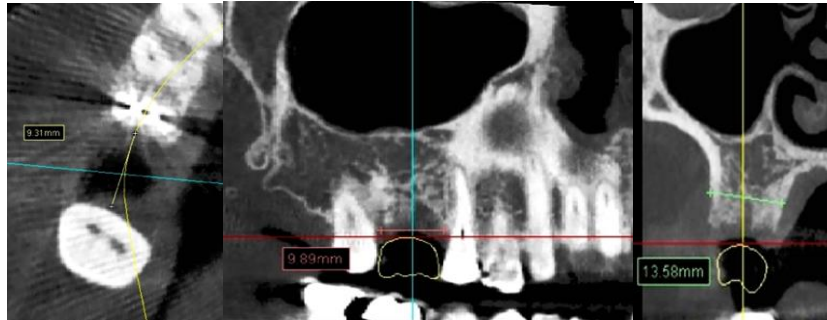


Fig.2.85 b Guide virtuel en forme de couronne molaire.

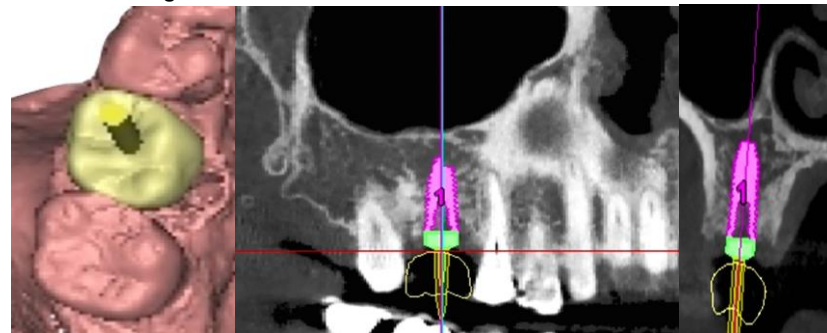


Fig.2.85 c Le guide virtuel permet une simulation fiable et suffisante.

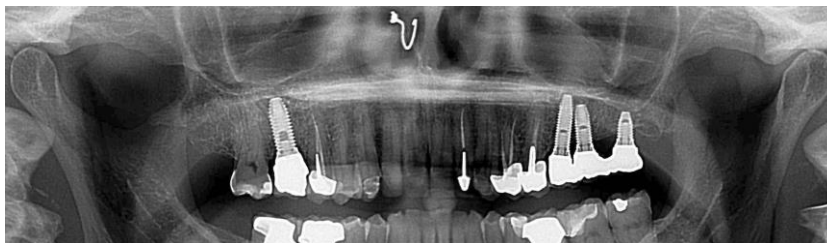


Fig.2.85 d Panoramic post opératoire de contrôle

Cone beam et implantologie orale

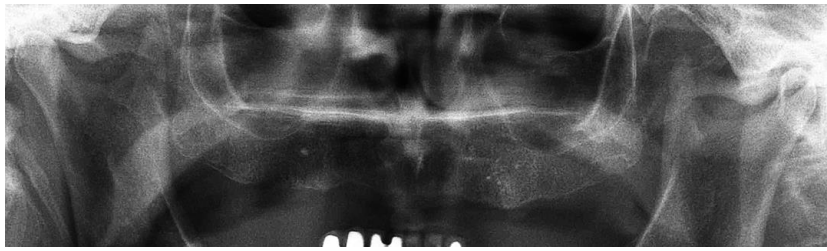


Fig.2.86a Panoramique initial : édentement étendu maxillaire.

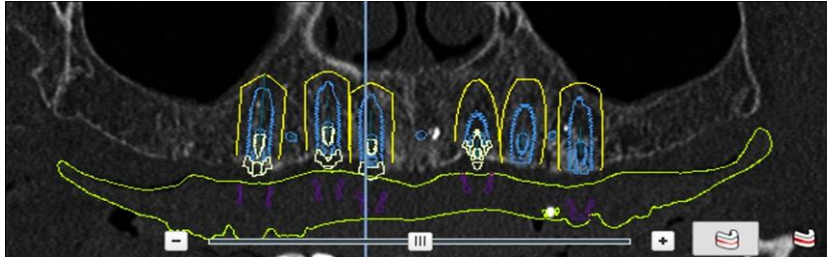


Fig.2.86 b Simulation NobelClinician® de 6 implants en 15, 13, 12, 22, 23 et 25.

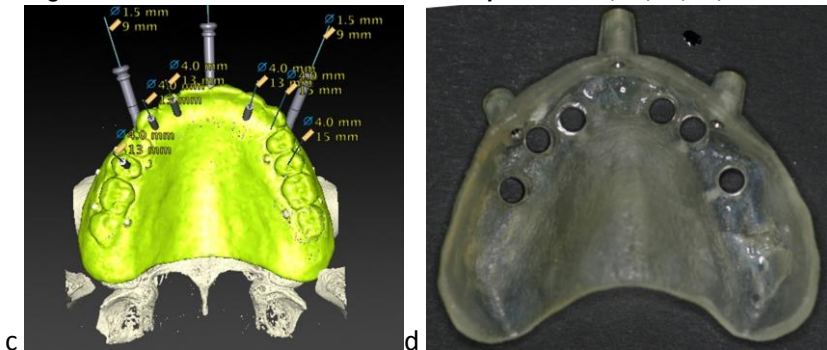
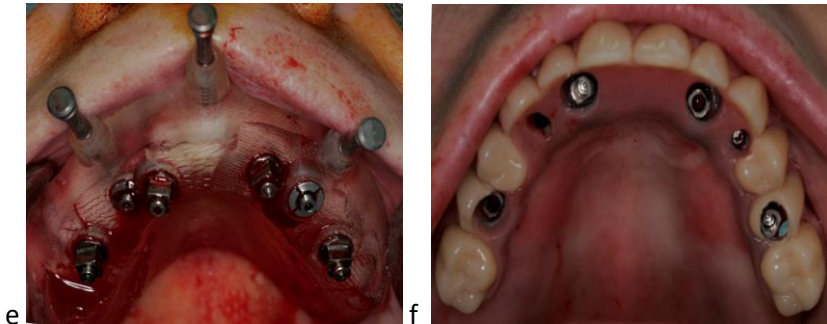


Fig.2.86 c et d : A partir de la simulation (c), réalisation d'un guide chirurgical (d)



....permettant une chirurgie précise (e) et transformé en prothèse provisoire (f).

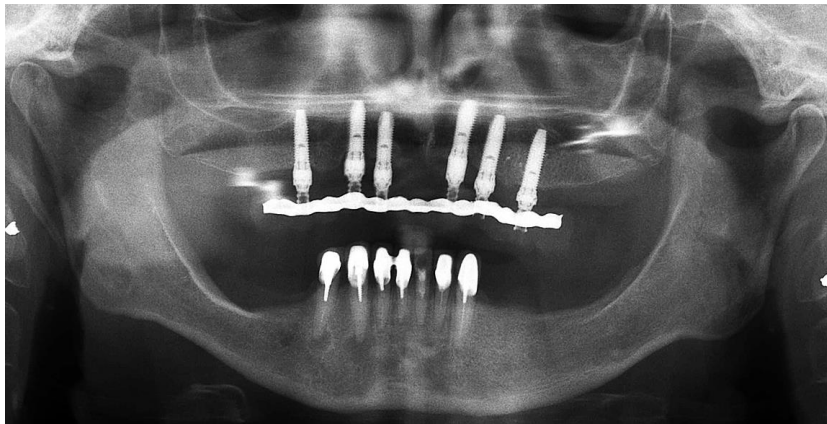


Fig.2.86 g Panoramique de contrôle post-opératoire.

CONCLUSION SUR LES LOGICIELS DE SIMULATION IMPLANTAIRE.

Ils ont un **intérêt chirurgical**, permettant

- **l'exploitation optimale du volume osseux**, grâce à la simulation, permettant de visualiser et l'orientation les implants dans les trois dimensions de l'espace (double obliquité de l'implant dans les plans mésiodistal et vestibulolingual, appréhendée seulement sur l'écran de simulation) ; ces logiciels permettent aussi, pour certains d'entre eux, une chirurgie fidèle à la simulation grâce à l'usage de guides radio-chirurgicaux ;

- **l'étude de la qualité de l'os dans la zone d'ostéo-intégration.**

Outre leur apport chirurgical, leurs intérêts **pédagogique** (présentation du projet implantaire au patient ou à d'autres praticiens) et **pratique** (rapidité, fiabilité, reproductibilité, gestion et rangement des documents, transmission électronique) en font des outils devenus indispensables pour un nombre croissant de praticiens.

LA NAVIGATION ROBOTIQUE IMPLANTAIRE (Robodent®, DenX®...) est une application plus récente du scanner et du cone beam.

PRINCIPE Il consiste, après réalisation d'un examen 3D (scanner ou cone beam) et d'une simulation implantaire, de reproduire en bouche du patient cette simulation en étant guidé sur un écran affichant les images préopératoires, par un système d'émetteurs infra-rouges et de caméras satellites, tout comme un système GPS nous guide pour nous déplacer d'un point à un autre.

DESCRIPTION DE LA PROCEDURE

▪ **Avant la chirurgie**, un **cone beam** ou un **scanner** est réalisé sur un patient porteur d'un **guide radio-chirurgical comportant des repères** à type d'émetteurs infra-rouges. L'examen est transmis sous **format DICOM** sur l'ordinateur du système de navigation permettant la réalisation d'une **simulation pré-implantaire** qui sera utilisée lors de l'intervention.

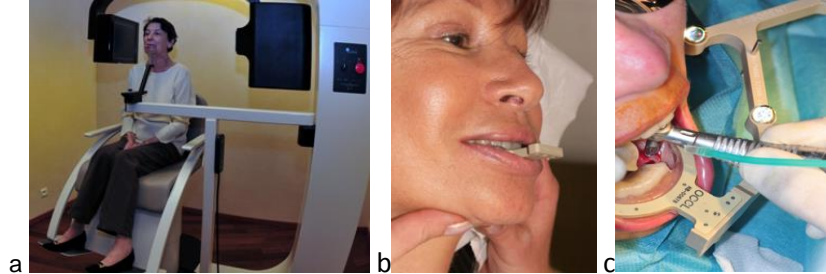


Fig.2.87 Navigation robotique. Réalisation d'un cone beam (a) avec repère spécifique intra-buccal (b) réutilisé en chirurgie (c).

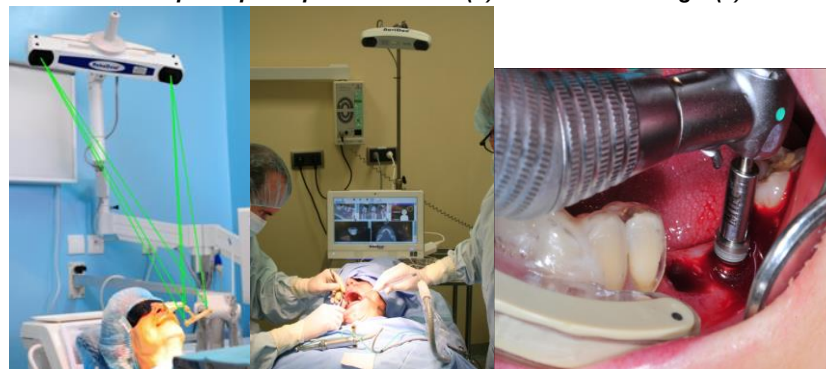


Fig.2.88 Contrôle peropératoire du forage et de la mise en place implantaire sur l'écran affichant l'examen 3D préopératoire, grâce aux repères infrarouges.

▪ **Pendant la chirurgie**, la position de la tête du patient est repérée par le guide radio-chirurgical porteur des **repères infra-rouges**, de même que celle du contre-angle est contrôlée par des repères identiques, tous détectés par des caméras infra-rouges informant l'unité centrale du système en temps réel. Le praticien opère en contrôlant l'évolution de son forage sur les images 3D, **reproduisant in-vivo les éléments de la simulation implantaire**. Il s'assure de la fidélité de l'intervention en superposant l'image de la pièce de forage sur celles de la simulation, grâce à **trois fenêtres** permettant de contrôler respectivement les **inclinaisons** mésiodistale et vestibulolinguale et la **profondeur** du forage. Enfin, un ensemble de repères et d'alertes visuels et sonores permet de prévenir tout risque de fausse route.

Cone beam et implantologie orale

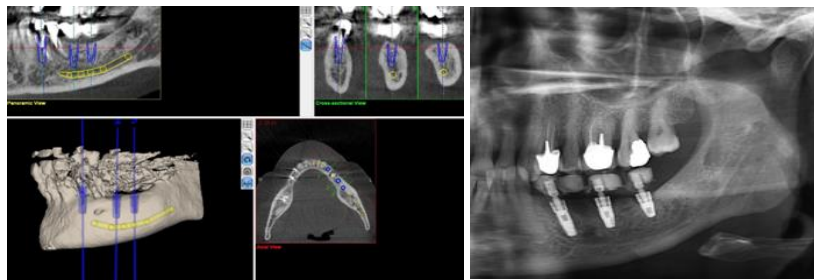


Fig.2.89 La superposition du foret sur la silhouette implantaire permet d'obtenir une implantation fidèle à la simulation.

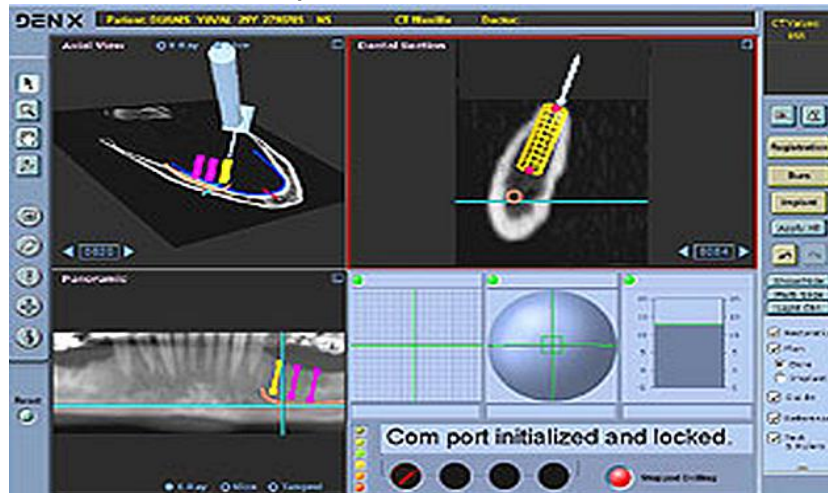


Fig.2.90 L'implantation est contrôlée en temps réel sur le point d'entrée, l'inclinaison vestibulolinguale et mésiodistale et sur la profondeur du forage.

CONCLUSION sur les Guides Chirurgicaux et la Navigation Robotique

La simulation pré-implantaire est le point commun entre ces deux applications de l'imagerie 3D, le transfert en bouche du patient s'effectuant soit par guide chirurgical, soit par navigation et contrôle direct du geste chirurgical sur écran de l'imagerie 3D préopératoire. Ces deux **méthodes**, pouvant paraître concurrentes nous semblent au contraire **complémentaires** dans le but d'une implantation la plus fidèle possible aux exigences de la prothèse.

CONCLUSION GENERALE La radiologie conventionnelle a donc montré ses limites, notamment dans l'étude volumique et surtout qualitative de l'os disponible. L'avènement des techniques d'imagerie tridimensionnelle que représentent le cone beam, la tomographie, et leurs applications informatiques (la simulation implantaire et la navigation robotique) nous semble décisif pour les progrès inéluctables de la chirurgie implantaire.

