

Radiologie conventionnelle et scanner en implantologie

L'imagerie est devenue un élément déterminant du bilan pré opératoire en implantologie orale (1-3). Les différentes techniques d'imagerie utilisées dans cette indication sont à la fois des techniques de radiologie conventionnelle et des techniques de radiologie numérique ou tridimensionnelle. Toutes ces techniques ne nous semblent pas concurrentes mais complémentaires dans le cadre de la chirurgie implantaire. Nous tenterons dans cette première étude d'exposer, pour chaque technique, son principes, ses avantages et ses inconvénients afin d'en dégager les indications.

Les techniques de radiologie conventionnelle (4)

Ces techniques conventionnelles comprennent la radiographie panoramique et la téléradiographie du crâne.

La radiographie panoramique (Fig. 1)

C'est l'examen de première intention. **Le principe est celui de la zonographie courbe** réalisant une coupe tomographique relativement épaisse incluant les deux arcade sur une même image dite panoramique.

Avantages

- Obtention sur un seul cliché de la totalité du système dento-maxillaire ;
- Estimation approximative de la hauteur d'os, compte tenu d'un agrandissement vertical constant, d'environ 1.30, pouvant être nul (grandeur nature) en panoramique numérisé ;
- Coût relativement bas.

Inconvénients

- **Dimensions mésio-distales non fiables** car très variables d'un examen à l'autre en fonction de la morphologie et de la position du patient ;
- **Dimension vestibulo-linguale ignorée.** La panoramique ignore ainsi l'épaisseur de l'os alvéolaire et la situation en profondeur des obstacles anatomiques.
- Par ailleurs, la radio panoramique est comme nous l'avons vu une **tomographie**, limitée par son épaisseur, de 10 à 12 mm dans les régions postérieures et de 6 à 10 mm parfois dans les régions antérieures ; ceci explique que seules les structures incluses dans cette coupe tomographique soient nettes, que les incisives soient souvent floues, que l'étude des sinus soit impossible par cette technique, et enfin que des structures anatomique importantes telles le trou mentonnier ou le canal mandibulaire, voire un kyste ou une racine résiduelle puissent passer inaperçues.

- Enfin, comme toute **méthode conventionnelle**, le panoramique ne permet pas d'apprécier la qualité de l'os spongieux, le noircissement obtenu étant fonction des doses émises.

La téléradiographie du crâne de profil (Fig. 2)

C'est un examen utile, pour certains, dans le bilan pré-implantaire des régions antérieures des maxillaires et pour l'évaluation du volume osseux mentonnier avant prélèvement pour greffe.

Avantages

Chez l'**édenté total**, on peut apprécier le décalage respectif des bases osseuses (pseudo-prognathisme) et s'assurer de la bonne inclinaison des implants symphysaires. Elle permet enfin, pour une greffe d'origine mentonnière, d'estimer approximativement le volume d'os disponible et de mesurer l'épaisseur des corticales.

Inconvénients

Il s'agit d'une **projection** en deux dimensions d'une structure volumique, rendant impossible pour une région symphysaire donnée de préciser l'épaisseur exacte de la crête de chaque région dentaire. Enfin, c'est une radiographie **analogique**, responsable d'un noircissement variable en fonction des doses émises, rendant approximative l'appréciation de la qualité de l'os.

Le scanora™ et les tomographies conventionnelles

Ils sont avantageusement remplacés par la tomographie à faisceau conique (« cone beam »).

Au total, toutes ces techniques d'imagerie conventionnelle apparaissent d'intérêt limité tant pour l'étude du volume osseux disponible que pour l'étude de la qualité de l'os, le noircissement obtenu étant, pour toutes ces techniques, dépendant de la dose émise et donc variable d'un examen à l'autre.



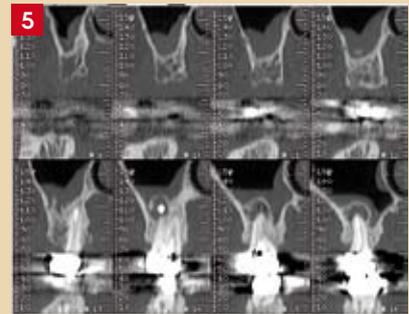
Dr Norbert BELLAÏCHE

- Radiologue
- Paris

Fig. 1 : Panoramique dentaire (caricaturale) indispensable mais insuffisante : permet une approche de la hauteur d'os.

Fig. 2 : Téléradiographie du crâne de profil.





Le scanner (1-3, 5-7)

Les techniques de radiologie numérique tridimensionnelle comprennent la tomodensitométrie ou scanner (5-7), la tomographie à faisceau conique (« cone beam »), méthode d'imagerie tridimensionnelle utilisant un faisceau conique et un récepteur numérique (8-21), la simulation implantaire (Simplant™, Cadimplant™, Nobelguide™) (22-25) et la navigation robotique (Robodent™, DenX™) (26, 27), applications du scanner pouvant s'appliquer au cone beam.

La tomodensitométrie (TDM) ou scanner et ses applications informatiques comme la simulation implantaire et la navigation robotique s'avèrent les techniques de choix pour le bilan pré-opératoire et le suivi de la chirurgie implantaire. Les autres techniques feront l'objet d'un prochain article.

Principe du scanner

L'image tomodensitométrique fait appel aux rayons X et repose sur l'absorption différentielle du rayonnement par les différentes structures anatomiques traversées. Le faisceau de rayons X est étroitement collimaté, réalisant des coupes fines (0,5 à 1 mm d'épaisseur) du sujet traversé (ici les maxillaires). Les récepteurs du rayonnement sont constitués par des détecteurs électroniques qui transforment le rayonnement en signal électrique, lui-même traduit en information numérique traitée par ordinateur. Le scanner ou tomodensitomètre permet la mesure précise de la densité des structures étudiées.

Technique du scanner (Fig. 3 à 5) (1-3, 6,7)

Technique de réalisation du scanner

Des coupes axiales (perpendiculaires à l'axe du corps) infra-millimétrique sont réalisées selon un plan parallèle au plan occlusal. L'utilisation d'un guide radio-chirurgical est préférable, afin de reporter en bouche du patient les constatations issues de l'analyse scanographique, et son usage est de plus en plus fréquent.

Les reconstructions bi dimensionnelles comprennent :

- des reconstructions coronales, perpendiculaires à la courbure des maxillaires pratiquées tous les mm et tous les 2 mm. Les images étant reproduites grandeur nature (échelle 1/1), on peut mesurer l'épaisseur et la hauteur de l'os disponible avec une simple règle graduée sur chaque reconstruction perpendiculaire. On peut aussi utiliser des calques des implants prévus, fournis par les producteurs d'implant à l'échelle 1/1. Sur des reconstructions espacées tous les 2 mm, il suffit de s'assurer que la silhouette de l'implant choisi est complètement incluse dans le

volume osseux de trois images adjacentes (mésiale, centrale et distale) pour valider le site implantaire en ce qui concerne le volume osseux.

- des reconstructions panoramiques, qui sont parallèles à la ligne tracée, donc à la courbure du maxillaire. Aucune mesure n'est à réaliser sur ces « panoramiques » qui ne constituent que des images de « repérage » pour les reconstructions perpendiculaires.

Les reconstructions tri-dimensionnelles sont de plusieurs types : les reconstructions **de surface**, ayant un intérêt limité en implantologie, sont utiles en cas de perte de substance importante, surtout en pathologie congénitale (malformations, fentes palatines...) et en traumatologie complexe ; les reconstructions **d'opacité variable** permettent de visualiser en trois dimensions les rapports d'implants ou de structure intra-osseuse avec les obstacles.

Optimisation de la dosimétrie (7)

Elle permet la limitation de la dose délivrée et s'obtient d'une part, par la **justification** de chaque examen, en se limitant à ses indications (dont l'implantologie) et d'autre part, en **limitant la dosimétrie** par l'utilisation, par un radiologue entraîné, de scanner 64 barrettes, autorisant des temps de pose limité à 1 ou 2 secondes, de constantes minimales : baisse de la tension (80 à 120 kV), de l'intensité (40 à 100 mA) et d'une hauteur limitée du volume d'os alvéolaire étudié au strict nécessaire.

Avantages

Les avantages de l'examen tomodensitométrique par rapport aux techniques radiologiques classiques sont fondamentaux. Ce sont l'étude mensuratrice du volume osseux dans les trois dimensions et une approche plus fiable de la qualité de l'os disponible.

L'étude du volume osseux disponible

L'étude du volume osseux disponible dans un site choisi dépend de l'épaisseur de l'os au niveau de la crête et sur toute la hauteur du processus alvéolaire, et de la hauteur d'os disponible du sommet de la crête jusqu'au premier obstacle anatomique.

Au maxillaire :

1. Les sinus présentent des variantes anatomiques et des aspects pathologiques.

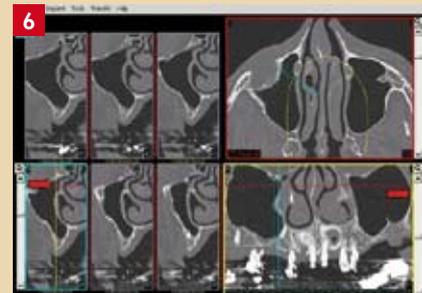
Normalement (Fig. 6), les sinus sont des cavités aériques parfaitement « noires », cernées par une paroi osseuse dense

Fig. 3 : Topogramme ou « scout-view », vue digitalisée du crâne de profil permettant de repérer les coupes axiales et de les orienter selon le plan occlusal.

Fig. 4 : Les 4 types d'image en scanner :
1. Coupe axiale, réalisée directement sur le patient, encadrée de rouge
2. Reconstruction perpendiculaire encadrée de bleu
3. Reconstruction panoramique encadrée de jaune
4. Reconstruction tridimensionnelle

Fig. 5 : Reconstitutions perpendiculaires espacées tous les 2 mm, édentement de 17 (reconstitutions 9 à 12) et granulome de 16 refoulant le plancher sinusien (reconstitutions 13 à 16).

Fig. 6 : Sinus normal, de densité aérique, complètement noire, sans muqueuse individualisable, car trop fine, à paroi osseuse fine aussi (flèche de droite), avec un méat moyen perméable (flèche de gauche).



(blanche) et fine, et tapissées en dedans par une muqueuse fine, non visible habituellement, la membrane de Schneider ; le méat moyen, orifice de drainage principal vers la fosse nasale, situé au sommet de la paroi interne sinusienne dans la région infundibulaire, au niveau du plancher orbitaire, est perméable. Les variantes du normal sont les suivantes :

- **sinus hypoplasiques** de façon souvent unilatérale, surmontant un volume osseux important, même en zone édentée ;
- **sinus hyperplasiques** surmontant un volume osseux réduit ;
- **sinus cloisonnés**, rendant parfois difficile une greffe sous-sinusienne et pouvant permettre une implantation dans la cloison.

Les aspects pathologiques sont les suivants :

- **sinus procidents**, notamment en cas d'édentement ancien, le sinus s'évaginant en bas et en avant, participant à l'atrophie de l'os alvéolaire sous-jacent ;
- **sinus inflammatoire** : sinusite d'origine inflammatoire et/ou allergique dont les causes dentaires sont fréquentes, notamment en cas de sinusite unilatérale. Les causes dentaires (Fig. 7) sont dominées par le kyste ou le granulome apico-dentaire sous-jacent, ayant rompu le plancher sinusien, envahi la muqueuse et la cavité sinusienne ; il peut s'agir aussi de pâte dentaire intra-sinusienne qui peut être à l'origine d'une sinusite chronique voire d'une aspergillose sinusienne ; les communications bucco-sinusiennes, souvent dues à une avulsion dentaire notamment des dents de sagesse, peuvent aussi entraîner une sinusite.
- Enfin, l'éventualité d'une *tumeur maligne* d'origine sinusienne (épithélioma) de même que d'un *os pathologique* (dysplasie fibreuse et autres dystrophies) est une contre-indication de l'implantation.

2. Les fosses nasales peuvent être aussi un obstacle en cas d'atrophie osseuse sous-jacente. Elles peuvent présenter une déviation de la cloison et/ou un aspect bulleux des cornets moyens (concha bullosa) pouvant participer à l'obstruction d'une narine voire d'un méat moyen ; elles

peuvent être aussi le siège de pathologie inflammatoire ou tumorale.

3. Le canal palatin antérieur peut aussi constituer un obstacle en cas d'édentement incisif central. Un kyste du canal palatin peut aussi être un obstacle à l'implantation.

4. Si les apophyses pterygo-palato-maxillaires sont choisies comme site implantaire, les obstacles anatomiques que constituent l'artère palatine descendante, l'artère maxillaire et sa branche collatérale alvéolaire postéro-supérieure sont à éviter autant que possible.

À la mandibule :

Les obstacles anatomiques sont les suivants :

1. Le canal mandibulaire qui présente aussi des variantes intéressantes à connaître. Typiquement (Fig. 8) le canal naît en arrière au niveau de l'épine de Spix, de la corticale linguale. Il se dirige, sur un plan quasi linéaire, en avant et en dehors pour donner le foramen mentonnier, vestibulaire. Les variantes du normal concernent :

- **le trajet du canal**, qui peut être soit totalement lingual sur tout son trajet (Fig. 9), offrant la possibilité d'implanter en dehors de lui, en vestibulaire, soit plus rarement totalement vestibulaire, soit récurrent (Fig. 10), 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 1 cm.
- **son siège** : il peut être haut situé, voire crestal en cas d'atrophie sévère ;
- **l'aspect** du canal qui est rarement dédoublé, le plus souvent de façon partielle. Le canal est parfois difficile à mettre en évidence, surtout en cas de déminéralisation ; c'est parfois la confrontation des différents plans de coupes par un radiologue entraîné qui permet de le situer.

2. Le trou ou foramen mentonnier : typiquement (Fig. 11), il s'ouvre à mi-hauteur du procès alvéolaire et est situé soit à l'apex de la deuxième prémolaire, soit entre

Fig. 7 : Sinusite sur pâte dentaire intra-sinusienne à gauche: épaissement de la muqueuse dentaire (grise) du au résidu de pâte dentaire (blanche). Une sinusite unilatérale est souvent d'origine dentaire. Noter l'aspect normal du sinus droit.

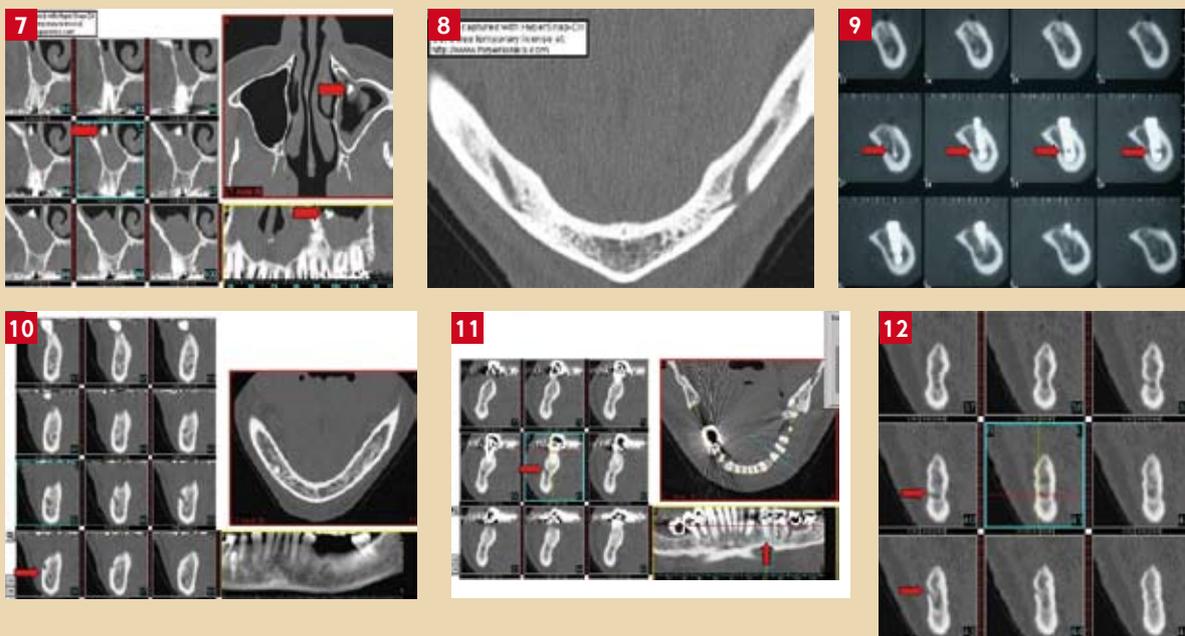
Fig. 8 : Canal mandibulaire typique: De son origine linguale, il est oblique en avant en haut et en dehors, jusqu'au foramen mentonnier, vestibulaire.

Fig. 9 : Canal mandibulaire très lingual ayant rendu possible une implantation vestibulaire.

Fig. 10 : Trajet récurrent du canal mandibulaire, réalisant une « boucle » en avant du trou mentonnier, bien vue sur l'image panoramique et sur les reconstructions perpendiculaires (# 92 à 97) où le canal et le trou mentonnier figurent sur les mêmes images (surtout # 95 et 96).

Fig. 11 : Trou mentonnier typique en regard de 35.

Fig. 12 : Trou mentonnier double : variante non rare, car le foramen est souvent faussement dédoublé.



les apex des deux prémolaires. Ses variantes concernent son siège et son nombre. Le siège peut être soit situé très haut voire au niveau de la crête, soit plus antérieur, en regard de la première molaire, soit plus postérieur, en avant de la première molaire. Il peut exister des trous mentonniers doubles (Fig. 12), soit sur un plan vertical, soit sur le plan mésio-distal.

3. 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 comme un véritable obstacle.

4. La lacune de Stafné est une variante du normal correspondant à une cavité mandibulaire linguale postérieure, occupée par des éléments glandulaires salivaires et/ou des reliquats graisseux.

L'étude de la qualité de l'os disponible

Elle est au mieux jugée sur les coupes axiales. Elle est appréciée par l'étude de la densité de l'os spongieux et de l'épaisseur des corticales, mesurée en mm. Dans certains cas, les corticales peuvent apparaître très épaisses, voire exubérantes : c'est le cas du « torus » palatin ou lingual, variantes du normal permettant dans certains cas un appui cortical confortable, voire un prélèvement autogène généreux d'os cortical.

Artefacts et limites du scanner

Les Artéfacts

Ce sont les altérations de l'image qui rendent celle-ci peu ou non interprétable. **Les artéfacts de mouvement ou cinétiques** (Fig. 13) sont dus aux mouvements du patient lors de la réalisation des coupes axiales. Ils sont responsables de mesures erronées, dangereuses en implantologie, mais sont de plus en plus rares du fait de la plus grande rapidité de réalisation des coupes axiales (1 à 10 secondes d'immobilité requise). Cependant, ils peuvent être discrets et sont à dépister par un radiologue expérimenté. **Les artéfacts métalliques**, quand ils sont dus aux couronnes (Fig. 14), sont peu gênants car en général, l'édentement est responsable d'une résorption refoulant les crêtes alvéolaires édentées à

distance des couronnes. Seuls les tenons intra-canalaires et certains piliers implantaires sont parfois gênants.

Les pièges

Ils concernent surtout les reconstructions panoramiques (Fig. 15) : ce sont des fausses images de pseudo kyste dues au passage de la ligne de reconstruction en région vestibulaire ou linguale. C'est pourquoi ces images panoramiques doivent être utilisées uniquement pour repérer les reconstructions perpendiculaires.

Les autres limites du scanner

La limite en résolution, notamment sur les reconstructions et en cas d'os très déminéralisé, peut rendre difficile la distinction du canal mandibulaire, comme nous l'avons vu. Une autre limite est due au fait que théoriquement les reconstructions perpendiculaires sont strictement orthogonales aussi au plan d'acquisition axial. Or, le trajet implantaire est souvent plus ou moins divergent par rapport au plan occlusal tant dans le plan vestibulo-lingual que dans le plan mésio-distal. Les logiciels de reconstruction multiplanaire permettent la pratique de reconstructions obliques, dans l'axe d'un guide radio-chirurgical incliné dans le sens mesio-distal (tel le Dentascan™ angulé de General Electric®).

Conclusion sur le scanner

L'examen tomodensitométrique permet de poser avec rigueur l'indication opératoire, évitant les interventions chirurgicales inutiles et permettant *a contrario* la mise en place d'implants qui paraissaient impossibles sur les seules données du panoramique dentaire. Il permet en outre une stratégie opératoire permettant de prévoir au mieux le nombre, la répartition, le diamètre, la longueur et l'orientation optimale des implants, en fonction du volume osseux disponible, ainsi que de sa qualité et du projet prothétique. Enfin, l'examen tomodensitométrique a un intérêt médico-légal aujourd'hui reconnu et est toujours considéré comme l'examen de référence en implantologie. ◆

La bibliographie de cet article est disponible en ligne sur www.lefildentaire.com

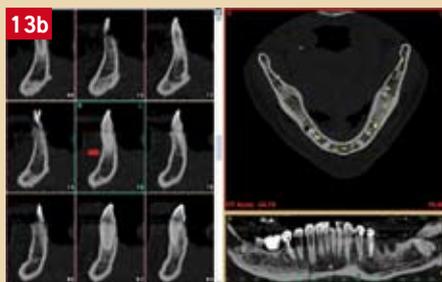


Fig. 13a : Artéfacts cinétiques, dus aux mouvements du patient lors de la réalisation des coupes axiales. Aspect de pseudo-fracture du procès alvéolaire.

Fig. 13b : Même patient que 13a, sans artéfact cinétique.

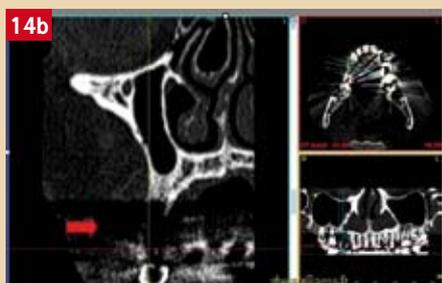


Fig. 14a : Artéfacts métalliques dus à des couronnes (flèches), peu gênants le plus souvent, la crête étant à distance.

Fig. 14b : Artéfacts métalliques dus à des tenons intraradiculaires : barre noire gênant la visibilité de la crête.

Fig. 15 : Pièges des reconstructions panoramiques : pseudo-kystes dus au passage de la ligne de reconstruction dans la région vestibulaire.

