

FFO

**Fédération Française
d'Orthodontie**

AFPP

CEO

CEODF

CEPOG

CTTD

GREAT

SBR

SFODF

SFOL

SFOPA

SMODMF

**Indications et champ
d'application du
Cone Beam (CBCT)
en Orthodontie**

**Recommandations
de Bonne Pratique**

Mai 2017

SOMMAIRE

Introduction	3
Quels sont les principes de base à respecter avant de recourir au CBCT en orthodontie?	5
I. Radioprotection : justification et optimisation.....	5
II. Formation requise	9
III. Installation et contrôle qualité des appareils	10
Comment évaluer et diminuer le risque lié aux radiations.....	13
I. Rappel terminologique.....	13
II. Dosimétrie comparative CBCT versus autres techniques d'imagerie	14
III. Dosimétrie comparative selon l'âge et les paramètres techniques.....	15
Quelles sont les indications pour lesquelles le recours au CBCT peut être justifié en orthodontie ?	20
I. Analyse Céphalométrique/ dysmorphoses et anomalies squelettiques.....	20
II. Expansion Maxillaire Rapide / dysmorphose transversale	26
III. Evaluation des bords alvéolaires	28
IV. Ancrage osseux temporaire	30
V. Anomalies dentaires	32
<i>Dent incluse</i>	32
<i>Dent surnuméraire</i>	34
<i>Résorption radiculaire</i>	35
VI. Morphologie des Voies aériennes/SAHOS	36
VII. Pathologies de l'Articulation Temporo Mandibulaire	38
Perspectives	46
Synthèse des recommandations	47
Annexe 1 : RBP et CBCT	52
Annexe 2 : Méthodologie d'élaboration et participants	53

INTRODUCTION

Ces dernières années, de nombreuses données cliniques ont mis en évidence l'intérêt de la Tomographie Volumique à Faisceau Conique, plus connue sous le terme de CBCT, dans le champ de l'orthodontie. Une meilleure connaissance de l'efficacité technique des appareils, des bénéfices associés diagnostiques et thérapeutiques (impact sur le plan de traitement et sur les résultats) a contribué à une large diffusion de cette technique.

Ainsi, le remplacement des techniques 2 D traditionnellement utilisées en orthodontie pour conduire le diagnostic, la planification du traitement et son suivi, a été progressivement recommandé dans certaines situations spécifiques pour lesquelles une évaluation en 3 D était requise afin d'obtenir des informations complémentaires pertinentes et nécessaires.

Le risque de standardisation de cette méthode diagnostique est toutefois rapidement apparu et des controverses ont émergé entre les professionnels face à une utilisation en routine du CBCT, dans certaines pratiques.

Ainsi, des organismes professionnels américains et européens, préoccupés par une augmentation du recours au CBCT, ont rappelé aux orthodontistes les principes généraux de justification et d'optimisation tout en précisant les indications potentielles du CBCT en orthodontie.

En France, la Fédération Française d'Orthodontie faisant suite à la proposition conjointe de la SFODF et de la SMODMF, estime aujourd'hui nécessaire d'actualiser les données de la littérature afin de mieux appréhender, d'une part les bénéfices cliniques associés à l'utilisation du CBCT et d'autre part, les évolutions technologiques ou les innovations concernant les appareils pouvant conduire à modifier les indications.

En s'appuyant sur des données récentes, des recommandations sont donc élaborées afin d'aider le praticien orthodontiste à sélectionner plus précisément les situations pour lesquelles le CBCT peut être justifié et à l'inciter à appliquer les protocoles d'optimisation visant à réduire la dose de radiation.

Ces recommandations visent à répondre aux questions suivantes :

- **Quels sont les principes de base à respecter avant de recourir au CBCT ?**
- **Comment évaluer et diminuer le risque lié aux radiations en orthodontie ?**
- **Quelles sont les indications pour lesquelles le recours au CBCT est justifié en orthodontie ?**

Ces recommandations s'adressent aux praticiens en ODF et en ODMF. Le champ plus spécifique de la chirurgie orthognatique n'est pas abordé dans ces recommandations.

Ces recommandations ont été élaborées en s'appuyant sur plusieurs étapes :

- cadrage du thème avec le comité de pilotage ;
- phase de revue systématique de la littérature et synthèse critique des données identifiées ;
- rédaction de l'argumentaire / version initiale des recommandations, concises et gradées selon les niveaux de preuve identifiés ;
- soumission à un groupe pluridisciplinaire d'experts (odontologues, orthodontistes, ODMF, stomatologues) ; discussion et validation des recommandations proposées à l'issue de la réunion de travail;
- phase de lecture externe avec un groupe de lecture pluridisciplinaire dont chaque membre rend un avis consultatif, à titre individuel ;
- finalisation et diffusion.

La méthodologie d'élaboration est plus largement décrite en annexe II.

ABREVIATIONS

AAOMFR : American Association of Oral and Maxillo Facial Radiology

ADA : American Dental Association

ALARA : As Low As Reasonably Achievable

ASN : Autorité de Sûreté Nucléaire

ATM : Articulation Temporo-Mandibulaire

BOS : British Orthodontic Society

CBCT : Cone Beam Computed Tomography

CCC : Concordance Correlation Coefficient

CIPR : Commission Internationale de Protection Radiologique

CSP : Code de la Santé Publique

EADMFR : European Academy of Dento-Maxillo-Facial Radiology

EMR : Expansion Maxillaire Rapide

FFO : Fédération Française d'Orthodontie

FOV : Field of View.

GT : Groupe de Travail

Gy.cm² : Gray (unité quantifiant le produit dose surface - PDS)

HAS : Haute Autorité de Santé

IAEA : International Atomic Energy Agency

ICC : Coefficient de Corrélation Intra-classe

IRSN : Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire

IRM : Imagerie par Résonance Magnétique

mSv : millisievert (unité quantifiant le risque lié à une exposition à des rayonnements ionisants)

ODF : Orthopédie Dento Faciale

RBP : Recommandations de Bonne Pratique

EMR : Expansion Maxillaire Rapide

RR : Relative Radiation Level

SAHOS : Syndrome d'Apnée Hypopnée Obstructive du Sommeil

SEDEXCT : Safety and Efficacy of a new and emerging Dental X-ray modality

SFODF : Société Française d'Orthopédie Dento-Faciale

SFSCMFCO : Société Française de Stomatologie, Chirurgie Maxillo-Faciale et Chirurgie Orale

SMODMF : Société Médicale d'Orthopédie Dento-Maxillo-Faciale

SADMFR : Swiss Association of Dental Maxillo Facial Radiology

QUELS SONT LES PRINCIPES DE BASE A RESPECTER AVANT DE RECOURIR AU CBCT EN ORTHODONTIE ?

I. Radioprotection : justification et optimisation

La population française dans son ensemble est exposée en permanence à des rayonnements ionisants d'origines naturelle et artificielle.

En 2015, l'IRNS¹ a actualisé le bilan de l'exposition moyenne des français et a mis en évidence qu'elle s'élevait à 4,5 mSv/an. La part des expositions aux sources naturelles de rayonnements ionisants était estimée à 2,9 mSv/an et la part des expositions aux sources artificielles était estimée à 1,6 mSv/an ; la contribution de l'exposition médicale étant évaluée à 35 %.

Les 2 risques majeurs liés à la radiographie sont l'effet déterministe qui provoque la mort des cellules du fait de doses importantes franchissant des seuils sur une courte durée **et l'effet stochastique** qui lèse les cellules et peut générer un cancer.

Le premier risque n'existe pas avec une exposition unique à visée diagnostique en radiologie conventionnelle orale et maxillo-faciale, excepté pour les patients bénéficiant d'une radiothérapie pour des cancers de la région de la tête et du cou.

Le second au contraire peut survenir avec de faibles doses cumulatives dans le temps. En 2012 et 2013, des études de cohorte rétrospectives britannique² et australienne³ ont montré que des enfants ou jeunes adultes, ayant bénéficié d'examens scanners, toutes zones anatomiques confondues, avaient un excès de risque de développer une leucémie ou un cancer cérébral dans leur vie. Toutefois, selon les auteurs², ce risque reste faible lorsque l'on considère le rapport bénéfice/risque par le calcul du risque absolu individuel qui est de l'ordre de 1 cas de cancer en excès (leucémies ou tumeurs cérébrales) dans les 10 ans suivant l'examen et pour 10 000 scanners.

Cet excès de risque de développer des leucémies ou des tumeurs cérébrales suite à des scanographies répétées durant l'enfance doit toutefois être relativisé, comme le souligne l'IRNS⁴, en prenant en compte les limites des études et le bénéfice apporté par ce type d'examens. L'IRNS souligne également que ces données rétrospectives doivent être confirmées par l'extension du suivi et confrontées à celles d'autres études actuellement en cours en Europe.

Avec une meilleure connaissance sur le risque des cancers radio-induits, la Commission Internationale de Protection Radiologique⁵ (CIPR) révisa en 2007 ses recommandations de 1991 concernant le système de protection de l'homme et de l'environnement contre les rayonnements ionisants. Elle révisa son estimation concernant la radiosensibilité des tissus et introduisit dans le calcul des doses efficaces, des tissus de la région maxillo-faciale,

glandes salivaires, muqueuse orale et région extra-thoracique, qui jusqu'alors, n'étaient pas pris en compte individuellement.

Dès lors, le risque statistique théorique d'apparition de cancer lié aux examens radiographiques maxillo-faciaux a été revu à la hausse et les données se référant aux recommandations 2005-2007 ont mis en évidence que la dose efficace (dose servant à évaluer les expositions et à contrôler le risque d'effets stochastiques ; correspondant à la somme des doses équivalentes aux organes pondérées par un coefficient proportionnel à la sensibilité des tissus) était considérablement augmentée par rapport aux données plus anciennes de 1990.

Les autorités nationales et internationales⁵⁻⁷ en matière de radioprotection s'accordent sur la nécessité d'éviter des clichés inutiles afin de réduire la dose induite par la radiologie dentaire. Le patient doit retirer un bénéfice médical direct de la radiographie réalisée et les clichés systématiques pour tous les patients sont injustifiés.

En France, les dispositions réglementaires de radioprotection médicale et dentaire ont été actualisées par l'Autorité de Sureté Nucléaire (ASN) en 2016⁸. Elles soulignent la nécessité de réduire l'exposition des patients par la suppression des examens d'imagerie non justifiés et par l'utilisation préférentielle des techniques non irradiantes. Elles visent à améliorer les pratiques cliniques par la rationalisation des indications des examens d'imagerie et à servir de référentiel pour les audits cliniques.

Ces dispositions soulignent la nécessité d'un échange préalable d'information écrite entre le demandeur et le réalisateur de l'acte (article R. 1333-66 du Code de la santé publique). Le médecin réalisateur de l'acte doit indiquer sur un compte rendu les informations au vu desquelles il a estimé l'acte justifié, les procédures et les opérations réalisées ainsi que toute information utile à l'estimation de la dose reçue par le patient (Article R. 1333-66 du code de la santé publique) selon les indications définies par l'arrêté 19 du 22 septembre 2006 relatif aux informations dosimétriques devant figurer dans un compte rendu d'acte utilisant les rayonnements ionisants (nature de l'appareil, marque, date, et dose reçue en mGy / cm²).

Le principe de justification constitue le premier principe de base de la protection des patients exposés aux rayonnements ionisants. La justification est la confirmation argumentée de l'indication clinique et du choix de la technique d'imagerie.

Si les risques individuels résultant de la radiographie bucco-dentaire sont faibles, un acte de radiodiagnostic ne peut être entrepris ou exercé que s'il est justifié par les avantages qu'il procure, rapportés aux risques individuels inhérents à l'exposition aux rayonnements ionisants auxquels il est susceptible de soumettre la personne.

Toute exposition doit faire l'objet d'une analyse préalable permettant de s'assurer que cette exposition présente un avantage médical direct suffisant au regard du risque qu'elle peut présenter et qu'aucune autre technique, d'efficacité comparable, comportant de moindres risques ou dépourvue d'un tel risque, n'est disponible.

Chaque examen de radiodiagnostic est donc obligatoirement fondé sur la prise en compte de l'anamnèse, des examens cliniques du patient ou des nécessités du traitement en cours. Les radiographies sans indication clinique ne sont donc jamais justifiées et conduisent

inévitablement à une exposition superflue aux rayonnements ionisants, en particulier lorsque des enfants sont concernés.

Afin de limiter la multiplication non appropriée d'actes de radiodiagnostic, les praticiens doivent essayer de collecter les clichés (et/ou compte-rendu) préalables afin de les étudier pour, notamment, déterminer le besoin de radiographies complémentaires. Le chirurgien-dentiste devant s'assurer de la continuité des soins, doit fournir à cet effet tous renseignements utiles, ce qui implique la transmission des radiographies à minima aux patients et donc aux orthodontistes.

Si l'acte radiologique est délégué, un échange d'informations écrit doit être établi entre le demandeur et le réalisateur. Le demandeur doit indiquer les motifs justifiant sa demande et communiquer au réalisateur de l'acte les clichés antérieurs. En cas de désaccord entre le praticien demandeur et le praticien réalisateur de l'acte, la décision appartient à ce dernier.

Avant tout acte radiographique, le praticien réalisateur de l'acte a le devoir de répondre au souci d'information du patient sur les risques potentiels encourus et les bénéfices attendus avant l'acte radiologique afin de lever toute réticence et obtenir son consentement verbal. Un consentement écrit est nécessaire dans les cadres de protocoles de recherche et lors des expositions médico-légales dans le respect des lois bioéthiques.

Le risque lié aux radiations ionisantes est significativement plus élevé chez le jeune. Du fait des effets cumulés des expositions aux rayonnements ionisants durant l'enfance et l'adolescence et du fait d'une radiosensibilité accrue de certains tissus ; la nécessité de justification des examens radiographiques est d'autant plus renforcée.

Le deuxième principe de base de la protection des patients exposés aux rayonnements ionisants est l'optimisation. L'information recherchée devra être obtenue avec une exposition la plus faible possible « ALARA : As Low As Reasonably Achievable ».

Les organismes de régulation stipulent que les chirurgiens-dentistes doivent s'appuyer sur les recommandations des organismes professionnels pour assurer une radioprotection efficace des patients, en fonction des situations cliniques.

Les positions des organismes professionnels européens⁹⁻¹¹ et américains¹²⁻¹³ s'accordent sur les principes généraux suivants :

- La maîtrise de l'augmentation des doses demeure un objectif prioritaire pour la radioprotection des patients ; elle passe par le renforcement de l'application des principes de justification et l'optimisation. Un acte de radiodiagnostic ne peut être entrepris ou exercé que s'il est justifié par des bénéfices médicaux suffisants en regard du risque potentiel encouru ;
- Le recours au CBCT s'appuie sur la présence de signes cliniques et de symptômes ; l'indication de radiographie n'est donc pas systématique et doit être justifiée par l'anamnèse, l'examen clinique ou les nécessités du traitement en cours ;
- Dans tous les cas, le jugement clinique du praticien oriente la décision ;
- Les enfants présentent une plus forte sensibilité aux rayonnements ionisants que les adultes et de ce fait, le principe de justification doit être particulièrement respecté ;

Le CBCT est indiqué quand les informations apportées par la radiographie conventionnelle sont insuffisantes ou bien ne peuvent être apportées par des alternatives non radiographiques (par ex, modèle d'étude virtuel) ;

Le CBCT est contre-indiqué pour obtenir une téléradiographie de profil et/ou une vue panoramique si les rayonnements ionisants qu'il produit, sont supérieurs à ces derniers. Lorsque l'examen clinique indique que le CBCT est d'emblée recommandé pour le diagnostic ou pour planifier le traitement, la radiographie 2D doit être évitée.

Dans son rapport 2016, l'ASN⁸ rappelle les recommandations pratiques pour maîtriser la dose délivrée au patient :

- Utiliser l'émission des rayons X le moins possible ;
- Prendre en considération que le débit de dose et la dose intégrée sont toujours plus élevés chez les patients corpulents ;
- Maintenir le courant au niveau le plus bas possible en conservant la tension la plus élevée, compromis entre qualité d'image et diminution de la dose ;
- Avoir la distance maximale possible entre le tube RX et le patient ;
- Avoir la distance minimale possible entre l'amplificateur et le patient ;
- Ne pas utiliser de manière excessive l'agrandissement d'image (le grossissement) ;
- Enlever la grille lors d'interventions sur de petits patients (enfants) ou lorsque l'amplificateur ne peut être placé au plus près du patient ;
- Limiter la collimation à la région d'intérêt ;
- Si possible multiplier les portes d'entrées du faisceau ou modifier la position du patient pour ne pas d'exposer tout le temps la même région aux rayons X ;
- Connaître les différents modes de fonctionnement de l'installation.

Recommandation 1 (réglementaire)

L'indication du CBCT ne saurait être systématique et doit être justifiée par des conditions cliniques pour lesquelles les bénéfices médicaux seront suffisants en regard du risque potentiel encouru avec l'exposition aux radiations, particulièrement chez l'enfant.

Pour cela, il est recommandé de se baser sur l'anamnèse, l'examen clinique et les clichés radiographiques antérieurs éventuellement disponibles.

Recommandation 2 (réglementaire)

Selon les règles de radioprotection, il n'est pas recommandé de recourir au CBCT si les informations utiles sont apportées ou peuvent être apportées par la radiographie conventionnelle 2D moins irradiante (par ex, téléradiographie de profil et/ou panoramique) ou par des alternatives non irradiantes (par ex, modèle d'étude virtuel).

Recommandation 3 (réglementaire)

Si lors de l'examen clinique à visée orthodontique, un examen CBCT s'avère d'emblée nécessaire pour le diagnostic et la planification du traitement ou encore, si un examen CBCT récent est disponible, il n'est pas recommandé de réaliser des radiographies conventionnelles 2D ciblant le même champ d'examen que le CBCT.

Recommandation 4 (réglementaire)

Lorsque l'orthodontiste adresse son patient à un autre praticien pour l'examen CBCT, toutes les informations utiles, issues de l'examen clinique et de l'anamnèse et justifiant l'examen, doivent être transmises.

De même, le réalisateur de l'acte devra transmettre au prescripteur les images réalisées, idéalement dans le format natif (DICOM), accompagnées d'un compte-rendu qui devra intégrer toutes les données d'imagerie, leur interprétation ainsi que l'information utile à l'estimation de la dose reçue par le patient. Ces données seront conservées dans le dossier du patient.

Recommandation 5 (réglementaire)

Si le recours au CBCT est justifié, son utilisation devra être optimisée afin d'obtenir une dose d'irradiation aussi faible que possible et compatible avec la qualité d'image requise (voir recommandation 8).

II. Formation requise

Une formation à la radioprotection est obligatoire pour tous les professionnels concernés, selon leur domaine de compétence initial.

Sous réserve de l'évolution réglementaire, et conformément à l'arrêté du 18 mai 2004,

« Les professionnels pratiquant des actes de radiodiagnostic, de radiothérapie, ou de médecine nucléaire à des fins de diagnostic, de traitement ou de recherche biomédicale exposant les personnes à des rayonnements ionisants et les professionnels participant à la réalisation de ces actes, à la maintenance et au contrôle de qualité des dispositifs médicaux doivent bénéficier, dans leur domaine de compétence, d'une formation théorique et pratique, initiale et continue, relative à la radioprotection des personnes exposées à des fins médicales relevant, s'il y a lieu, des articles L. 6313-1 à L. 6313-11 du code du travail » (article L. 1333-11 du code de la santé publique).

Ainsi, en France, les chirurgiens-dentistes doivent suivre et valider une formation à la radioprotection des patients, conformément à l'annexe II-4 « Objectifs et contenus des programmes spécifiques pour les chirurgiens-dentistes » de l'arrêté du 18 mai 2004, formation à réactualiser tous les 10 ans.

Des recommandations européennes⁹ ont apporté des précisions sur la qualification requise pour utiliser le CBCT :

- Les utilisateurs d'un équipement CBCT doivent avoir reçu une formation théorique et pratique adéquate pour la pratique radiologique et une compétence suffisante en radioprotection ;
- Une formation continue est nécessaire après qualification, particulièrement quand un nouveau matériel ou de nouvelles techniques sont adoptés ;
- Les chirurgiens-dentistes responsables d'un équipement CBCT qui n'ont pas reçu préalablement de formation adéquate théorique et pratique doivent subir une période additionnelle de formation théorique et pratique validée par une institution

académique (Université ou équivalent). Quand une qualification nationale de spécialité en radiologie dento-maxillo-faciale existe, la conception et la délivrance de programmes de formation en CBCT doivent impliquer un radiologue spécialisé en radiologie dento-maxillo-faciale ;

- Pour les images CBCT des dents, de leurs tissus de soutien, de la mandibule et du maxillaire jusqu'au plancher nasal (soit champs de vue 8×8 ou inférieurs), l'interprétation (« commentaire radiologique ») doit être réalisée par un radiologue spécialisé en radiologie dento-maxillo-faciale ou si ce n'est pas possible, par un chirurgien- dentiste correctement formé ;
- Pour des petits champs de vue non dentaires (par exemple os temporal) et pour toute image CBCT cranio-faciale (champs de vue s'étendant au-delà des dents, de leur tissu de soutien, de la mandibule, incluant l'ATM, et du maxillaire jusqu'au plancher nasal), l'interprétation (« commentaire radiologique ») doit être réalisée par un radiologue spécialisé en dento-maxillo-facial ou par un radiologue clinicien (radiologue médical).

III. Installation et contrôles de radioprotection

Les dispositions réglementaires de radioprotection médicale et dentaire ASN⁸, actualisées en 2016, détaillent les procédures d'installation, de surveillance et de contrôles de radioprotection.

En application des articles L. 1333-4 et R. 1333-19 (1°) du Code de la santé publique et d'un arrêté du 29 janvier 2010, les appareils CBCT sont soumis à une procédure déclarative auprès de la division territoriale de l'ASN.

La décision 2009-DC-0148 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 16 juillet 2009 définit le contenu détaillé des informations qui doivent être jointes aux déclarations dans le cadre d'une déclaration initiale ou d'une nouvelle déclaration à la suite d'une modification. Ces informations concernent le déclarant, l'établissement, l'organisation de la radioprotection, les appareils déclarés et le fonctionnement des installations qui les hébergent. Certaines informations concernent également les engagements du déclarant en matière de radioprotection des personnels et la sécurité des dispositifs appareils émetteurs de rayons X.

La décision homologuée par l'arrêté du 22 août 2013 (JO du 3 septembre 2013) impose que l'aménagement et l'accès des installations soient conformes aux exigences de radioprotection fixées par la norme NF C 15-160 dans sa version de mars 2011 et aux prescriptions qu'elle fixe dans son annexe.

En tant qu'appareil de radiologie dentaire, le CBCT est soumis à une obligation de maintenance et à des contrôles, de 3 types :

- des contrôles d'ambiance qui permettent d'évaluer l'exposition des personnels ;
- des contrôles techniques de radioprotection qui ont pour but de s'assurer de l'efficacité de l'organisation et des dispositions techniques mises en place dans le cabinet pour assurer la radioprotection des personnels mais aussi du public et de l'environnement ;
- des contrôles de qualité qui permettent d'évaluer le maintien des performances des appareils de radiologie et concourent à la radioprotection des patients.

Les contrôles des ambiances des lieux de travail (article R. 4451-30 du Code du travail) permettent de disposer d'éléments contribuant à évaluer l'exposition des personnels en poste dans les zones surveillées ou contrôlées. Ils doivent porter, en radiologie, sur une vérification du champ de rayonnement ambiant.

Les contrôles techniques de radioprotection des sources, des appareils émetteurs de rayonnements ionisants, des dispositifs de protection et d'alarme ainsi que des instruments de mesure (matériels de radioprotection) détenus et utilisés (article R. 4451-29 du Code du travail) doivent comprendre :

- un contrôle à la réception dans l'établissement ;
- un contrôle avant la première utilisation ;
- un contrôle en cas de modification des conditions d'utilisation ;
- un contrôle périodique des sources et appareils émetteurs de rayonnements ionisants ;
- un contrôle périodique des dosimètres opérationnels et des instruments de mesure utilisés pour les contrôles (matériels de radioprotection).

Les contrôles techniques d'ambiance, prévus à l'article R. 4452-13 du Code du travail, doivent permettre l'évaluation de l'exposition externe et interne des travailleurs. Les contrôles techniques internes sont trimestriels et réalisés pour le compte de l'employeur, par la PCR, ou un organisme agréé ou l'IRSN ; les contrôles techniques externes sont réalisés tous les 5 ans par l'IRSN ou par un organisme agréé par l'ASN (distinct de celui assumant la fonction de personne compétente en radioprotection).

Les modalités des contrôles de radioprotection sont fixées par un arrêté du 21 mai 2010¹⁴.

Les résultats des contrôles de radioprotection sont consignés dans le document unique d'évaluation des risques prévu à l'article R. 4121-1 du code du travail. L'employeur doit également y joindre un relevé actualisé des sources et des appareils émettant des rayonnements ionisants utilisés ou stockés dans l'établissement, les informations détaillant les éventuelles modifications apportées aux sources et appareils détenus et les observations formulées par les organismes agréés à l'issue d'un contrôle (article R. 4451-37 du code du travail). Ces éléments doivent être tenus à la disposition notamment des inspecteurs de la radioprotection de l'ASN (articles L. 1333-17 et L. 1333-18 du CSP).

Recommandation 6 (réglementaire)

Tout praticien utilisateur et responsable d'un équipement CBCT doit se conformer aux obligations réglementaires en termes de formation spécifique (adaptée au champ utilisé), d'installation, de contrôles d'ambiance et de contrôles techniques de radioprotection.

REFERENCES

- 1- IRSN. Rapport « Exposition de la population française aux rayonnements ionisants ». 2015
- 2- Pearce MS, Salotti JA, Little MP, et al. Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study. *Lancet*. 2012; 380: 499-505.
- 3- Mathews JD, Forsythe AV, Brady Z, Butler MW, Goergen SK, Byrnes GB, et al. Cancer risk in 680,000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: data linkage study of 11 million Australians. *BMJ* 2013; 346: f2360. doi: 10.1136/bmj.f2360
- 4- IRNS: Note de lecture Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study. 13 Juin 2012
- 5- Commission Internationale de Protection Radiologique. Recommandations 2007 de la Commission internationale de protection radiologique. Paris: Lavoisier; 2009.
- 6- International Atomic Energy Agency. Radioprotection des patients et radiographie dentaire. https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/InformationFor/HealthProfessionals/6_OtherClinicalSpecialities/Dental/DentalPatientProtection.htm.
- 7- Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire. http://www.irsn.fr/FR/professionnels_sante/faq/Pages/faq_radiologie_dentaire.aspx
- 8- Autorité de Sûreté Nucléaire, Dispositif réglementaire de radioprotection applicable en radiologie médicale et dentaire ; Octobre 2016.
- 9- European commission (2012) Radiation protection: cone beam CT for dental and maxillofacial radiology (evidence-based guidelines). SEDENTEXCT. Chapter 4. Justification and referral criteria. The developing dentition.
- 10- Isaacson, K. G., and A. R. Thom (4ème édition). 2015. Guidelines for the use of radiographs in clinical Orthodontics. British Orthodontic Society, London.
- 11- Swiss Association of Dentomaxillofacial Radiology. Guidelines for the use of CBCT in Oral and maxillofacial surgery, temporomandibular joint disorders and orthodontics. *Swiss dental Journal* vol 124: 1170–1183 (2014)
- 12- American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. Clinical recommendations regarding use of cone beam computed tomography in orthodontics. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2013; 116: 238–57. doi: 10.1016/j.oooo.2013.06.002
- 13- American Dental Association Council on Scientific Affairs. The use of cone-beam computed tomography in dentistry: an advisory statement from the American Dental Association Council on Scientific Affairs. *J Am Dent Assoc* 2012; 143: 899–902
- 14- Arrêté du 21 mai 2010 portant homologation de la décision n° 2010-DC-0175 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 4 février 2010 précisant les modalités techniques et les périodicités des contrôles prévus aux articles R. 4452-12 et R. 4452-13 du code du travail ainsi qu'aux articles R. 1333-7 et R. 1333-95 du code de la santé publique.

Comment évaluer et diminuer le risque lié aux radiations ?

I. Rappel terminologique

Unités dosimétriques

Dose absorbée (DA) : c'est la quantité d'énergie absorbée par unité de masse de matière irradiée. Elle s'exprime en gray (Gy) ou en sous-multiple du gray (cGy, mGy, μ Gy). La dose absorbée en un point est définie par le quotient $D = dE/dm$, où dE est l'énergie moyenne cédée par le rayonnement ionisant à la matière dans un élément de volume dV de masse dm . En pratique on considère souvent la dose moyenne absorbée dans un volume ou un organe particulier : elle est égale à la moyenne des doses en chaque point. Quand le milieu considéré est l'air, on parle de dose absorbée dans l'air, DA.

Dose à l'entrée (DE) du patient (ou du fantôme) : dose absorbée dans l'air, rayonnement diffusé inclus, au point d'intersection d'entrée de l'axe du faisceau de rayons X avec la peau du patient (ou la surface du fantôme). On l'exprime généralement en milligrays (mGy).

Dose équivalente (à un tissu ou à un organe) : pour une même dose absorbée, l'effet biologique d'une irradiation va différer selon la nature du rayonnement. La dose équivalente permet de prendre en compte ce phénomène. Elle est égale à la dose moyenne absorbée par un organe ou un tissu que multiplie un facteur de pondération caractérisant le type et l'énergie du rayonnement (tableau 1). La dose équivalente s'exprime en sievert (Sv) ou en sous-multiple du sievert (mSv, μ Sv). Etant donné que pour les rayons X utilisés en radiologie le facteur de pondération est égal à 1, la dose équivalente dans ce cas est donc égale numériquement à la dose absorbée par un organe ou un tissu.

Dose efficace : elle permet de traduire une exposition locale (en mGy) en terme d'exposition globale du corps entier en faisant intervenir deux types de facteurs de pondération : ceux liés à la qualité du rayonnement et ceux liés à la radiosensibilité tissulaire. La dose efficace, E , est la somme des doses équivalentes aux organes (en mSv) pondérées par un coefficient proportionnel à la sensibilité des tissus. La dose efficace s'exprime aussi en Sv (ou mSv ou μ Sv). Elle est la quantité de dose reliée à la probabilité d'un risque théorique pour la santé, avec une exposition à de faibles doses d'une radiation ionisante.

Taille de champ

Petit : une région exposée aux radiations qui est limitée à quelques dents, un cadran et une ou deux arcades et qui a un volume sphérique avec un diamètre ou une hauteur de cylindre $\leq 10\text{cm}$.

Moyen: une région exposée aux radiations qui inclue la denture d'au moins une à deux arcades et qui a un volume sphérique de diamètre ou une hauteur de cylindre $>10\text{cm}$ et $\leq 15\text{cm}$.

Large : une région exposée aux radiations qui inclue les ATM et les points de repère anatomiques nécessaires pour la céphalométrie quantitative et/ou l'évaluation des voies aériennes et qui a un volume sphérique de diamètre ou une hauteur de cylindre $>15\text{cm}$.

II. Dosimétrie comparative CBCT vs autres techniques d'imagerie

Les données dosimétriques les plus récentes rapportées dans des RBP¹⁻², dans une méta-analyse³ et dans des études menées en orthodontie⁴⁻⁷ montrent que **la dose délivrée par les appareils CBCT est, avec des protocoles standards, inférieure à celle du scanner mais demeure significativement plus élevée que celle de la radiographie conventionnelle (panoramique et téléradiographies)**. Des données montrent toutefois une réduction des doses avec des protocoles « low dose » (tableau 1).

La comparaison d'un set de radiographies en orthodontie (téléradiographie de profil et de face + panoramique numérique) avec un examen CBCT montre que la dose délivrée au patient par le CBCT, reste 2 à 4 fois supérieure à celle délivrée par le set conventionnel, sachant que l'irradiation peut être considérablement réduite selon le protocole retenu (diminution du FOV et des paramètres d'exposition)⁴⁻⁷.

Ainsi, dans une étude dosimétrique récente⁶, un set de radiographies nécessaire en orthodontie (panoramique + téléradiographie de profil et de face) a été comparé à un examen CBCT avec 3 protocoles :

- FOV de 17 cm, 120 kV, 5 mA, temps d'exposition 3.7 s
- FOV de 13 cm, idem
- FOV de 13 cm, idem, temps exposition 2 s

Une réduction de la dose efficace a été observée en diminuant le FOV de 17cm à 13 cm soit respectivement 131.7 μSv versus 90.99 μSv et en diminuant les paramètres d'exposition pour un même champ de 13cm soit 90.99 μSv versus 77.17 μSv . Les résultats ont montré que le set de radio orthodontique demeure 2 à 4 fois moins irradiant (35.81 μSv vs 131.7 μSv) qu'un grand champ.

Tableau 1 : Dosimétrie comparative (μSv)

Technique d'imagerie	AAOM ¹ 2013	UK ² 2015	Ludlow 2015 ³ Tous protocoles confondus		Ludlow protocoles low dose		Etudes ⁴⁻⁷ spécifiques en orthodontie
			Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	
Radio intrabuccale Périapicale/bitewing		0.3-22					
Panoramique	12	2.7-38					21.5-27.1
Occlusale		8					
Téléradio de profil	5.6	2.2-5.6					2.5-5.03
Téléradio profil +face							10.4
Téléradio face							8.90
Pano+ téléradio profil+face							35.81
Scanner max-mand		250-1400					429.7
CBCT FOV<10	60	10-670	84	103	13.8	48/10	
CBCT FOV : 10-15			177	175	60/12		50-90.99
CBCT FOV >15	83	30-1100	212	175	72/18	74/15	134.2 (17 cm) - 208.9 (22cm)

III. Dosimétrie comparative selon l'âge et les paramètres techniques

Le risque est trois fois plus élevé pour le jeune âgé de moins de 10 ans et 2 fois plus élevé entre 10 et 20 ans⁸. Il est important de prendre en compte les effets cumulés des expositions aux rayonnements ionisants durant l'enfance et l'adolescence, ainsi que la radiosensibilité des glandes salivaires et de la thyroïde. Les volumes et locations des tissus diffèrent entre l'enfant et l'adulte (par exemple, la fraction de moelle osseuse rouge plus élevée ; l'os hyoïde et par conséquent la position de la glande thyroïde 2 à 3 cm plus proche du faisceau de radiation à 6 ans qu'à 16 ans).

Une méta-analyse récente³ a comparé les doses efficaces obtenues avec différents protocoles et champs de vue, chez l'adulte et l'enfant (tableau 2) à l'aide de fantômes anthropomorphes reproduisant la tête et le cou, à la surface et à l'intérieur desquels, étaient placés des dosimètres thermo-luminescents correspondant aux organes irradiés. L'analyse dosimétrique retenue a rapporté les doses efficaces obtenues au niveau de la moelle osseuse, surface osseuse, peau, thyroïde, glandes salivaires, œsophage, cerveau, en prenant en compte les recommandations de la commission internationale de protection radiologique (CIPR) 2007 définissant la sensibilité aux rayons X de différents organes et tissus selon les coefficients de pondération.

Dans cette méta-analyse, les auteurs ont inclus l'analyse de 20 études publiées ainsi que l'analyse de données complémentaires non encore publiées concernant 9 appareils CBCT. Le fantôme de l'enfant simulait les caractéristiques d'un enfant de 10 ans et le fantôme adulte un homme d'âge moyen. Les protocoles utilisés chez l'adulte étaient au nombre de 41 pour un champ de vue large, 81 pour un champ de vue moyen et 249 pour un champ de vue petit. Les protocoles utilisés chez l'enfant étaient au nombre de 8 pour un champ de vue large, 35 pour un champ de vue moyen et 103 pour un champ de vue petit.

Les résultats de dosimétrie pour des protocoles standards ont montré une réduction significative de la dose efficace avec l'utilisation d'un petit champ. Bien qu'une réduction soit observée entre champ moyen et large, cette différence n'était toutefois pas significative. Les auteurs l'expliquent par 2 facteurs.

D'une part, augmenter le champ de vue augmente le champ d'exposition anatomique en incluant les tissus cérébraux et osseux mais avec une petite augmentation de l'exposition des autres tissus pondérés ; l'augmentation de la dose efficace est alors inférieure à celle observée lorsque des petits champs de vue centrés sur la zone dentoalvéolaire s'élargissent en direction crânienne et caudale avec des volumes de champ moyen.

D'autre part, l'absence de différence significative entre champ large et moyen pour des paramètres standards s'explique aussi par les grandes variations des doses efficaces liées aux différents appareils et protocoles associés. Les doses pour un même champ de vue peuvent varier jusqu'à 15 fois entre des protocoles haute résolution et basse dose. Les auteurs ont également souligné que même si les protocoles recommandés par les fabricants intègrent désormais les nouvelles recommandations pour une exposition plus basse, la sélection de ces paramètres par les cliniciens n'est pas toujours transparente.

Une différence de dose a été observée entre la région maxillaire et mandibulaire, chez l'adulte et chez l'enfant, avec des doses plus importantes pour un champ mandibulaire pour l'œsophage, la thyroïde, les glandes salivaires et les tissus restants. Chez l'enfant, avec un champ de vue petit, la contribution de la thyroïde dans le calcul de dose efficace était significativement plus importante (37%) que chez l'adulte (20%).

Des études incluses dans la méta-analyse ont montré que **le positionnement du champ de vue influence la dose obtenue**. Avec un champ de vue <10cm, la dose est plus importante avec l'exposition de la mandibule qu'avec l'exposition du maxillaire⁹⁻¹⁰.

La dose est plus élevée avec un champ de vue positionné sur la partie postérieure de la mandibule qu'avec un champ de vue positionné sur la partie antérieure du maxillaire car, dans ce dernier cas, l'exposition des glandes salivaires et de la thyroïde est réduite¹¹⁻¹³.

Tableau 2 : Résultats méta-analyse³ doses efficaces rapportées chez l'adulte et l'enfant avec le CBCT

Champ de vue	Adulte (167)	Enfant (52)
	Doses efficaces (µSv) En gras valeur moyenne	Doses efficaces (µSv) En gras, valeur moyenne
Large	Protocole standard 46-916	Protocole standard 39-430
	Tout protocole confondu 46-1073 212	Tout protocole confondu 13-769 175
Moyen	Protocole standard 47-560	Protocole standard 39-430
	Tout protocole confondu 9-560 177	Tout protocole confondu 13-769 175
Petit	Protocole standard Vue max : 5-140 53 + mand : 18-488 102	Protocole standard Vue max : 16-177 67 + mand : 24-331 128
	Tout protocole confondu 5-652 84	Tout protocole confondu 5-582 103

Les auteurs soulignaient que la dose peut être réduite par un positionnement adéquat du patient et la sélection d'un champ de vue approprié. Les résultats de cette méta-analyse ont également montré que **la dose peut être significativement réduite par l'optimisation des paramètres d'exposition**.

Cette méta-analyse³ a montré qu'**avec un même appareil, les doses peuvent aussi varier selon le volume exploré et les paramètres techniques retenus**. Elles seront d'autant moins élevées que le champ exploré est réduit et les paramètres abaissés. De la même façon, certains appareils programmés sur mode ultra (haute résolution et champ maximal) procurent des doses proches des scanners optimisés. Ainsi, certains appareils proposent pour un même champ, des niveaux de résolution variable, par exemple « faible résolution » avec des voxels de 200µm, et « haute résolution » avec des voxels de 150 à 70µm.

Il existe donc un grand choix de paramètres adaptés aux zones à explorer. Les différentes options proposées permettent d'adapter le niveau d'exposition répondant aux besoins diagnostiques.

Enfin, les auteurs de cette méta-analyse³ ont conclu que **les praticiens, privilégiant un rapport élevé signal/bruit et haute résolution, doivent comprendre le risque associé à des doses plus élevées afin d'obtenir des volumes d'images. Ils doivent désormais appliquer le concept « as low as diagnostically acceptable (ALADA) »**

En 2015, une revue systématique¹⁴ a également analysé la dose efficace obtenue avec le CBCT, avec différents champs de vue.

Les auteurs ont souligné la grande variabilité entre les études pour les méthodes de mesure des doses de radiation, type et nombre de dosimètres, type et taille de fantômes, pour les paramètres d'exposition et les protocoles. Les auteurs ont conclu que les preuves étaient encore insuffisantes pour déterminer les protocoles recommandés afin d'obtenir une image de qualité en respectant le principe ALADA.

Les résultats rapportés ont également montré que la taille du champ est un facteur déterminant (tableau 3).

La dose obtenue avec un champ de vue dont la hauteur est comprise entre 5.1 et 10 cm est réduite de 38% par rapport à la dose efficace moyenne obtenue avec un champ >10 cm.

La dose obtenue avec un champ de vue, dont la hauteur est inférieure à 5.1 cm, est réduite de 59% par rapport à la dose efficace moyenne obtenue avec un champ compris entre 5.1 et 10 cm.

Toutefois, pour un même champ de vue, les écarts entre la valeur la plus basse et la plus élevée étaient importants. Les auteurs ont estimé qu'il était difficile d'évaluer précisément quel paramètre influait les résultats de dose efficace.

Tableau 3 : Résultats revue systématique¹⁴ dosimétrie et différents champs de vue

Champ de vue	Dose efficace	Valeur moyenne
≤ 5cm	9.7-197	28.5
5.1-10.0 cm	3.9- 674	69.9
>10 cm	8.8-1073	114

Enfin, la protection de la thyroïde est recommandée^{1,8}.

Dans des études récentes ^{6,15}, les résultats ont montré que le port d'une protection de la thyroïde réduisait significativement la dose absorbée au niveau de la thyroïde, chez l'enfant, avec un grand champ de vue.

Conclusions de la littérature

Les résultats des études dosimétriques mettent en évidence que la dose efficace varie avec les paramètres biologiques (âge) et techniques : technologie des récepteurs, champ de vue, mAs, kVp (tension maximale), et résolution.

La dose efficace est plus élevée chez l'enfant et est influencée par les protocoles retenus ; elle diminue avec une résolution plus basse, une réduction des paramètres d'exposition (kVp, mA, temps de pose) et de la projection du nombre d'images.

Les résultats rapportés montrent que la taille du champ est un facteur déterminant.

Recommandation 7 (Grade B)

Avant de recourir à l'examen CBCT, il est recommandé d'évaluer le risque lié à l'irradiation en prenant en compte :

- les valeurs estimatives de dose efficace liées à un examen CBCT et/ou à la radiographie 2D conventionnelle (par ex téléradiographie et/ou panoramique- voir tableau dosimétrie comparative p14),
- l'âge du patient sachant que le niveau relatif de risque est plus élevé chez le sujet jeune (risque multiplié par 2 ou 3),
- l'exposition potentielle préalable du patient à des radiations (historique des clichés, radiothérapie..).

Recommandation 8 (Grade B)

Afin de réduire le risque, il est recommandé de recourir à des protocoles optimisés avec :

- une réduction des paramètres techniques (kVp, mAs et temps de pose) ;
- une résolution et un champ de vue aussi petits que possible, compatibles avec la qualité d'image requise et centrés uniquement sur la zone intéressante à explorer.

Il est recommandé d'appliquer le concept : « Aussi bas qu'acceptable à des fins diagnostiques ».

Recommandation 9 (AE)

Le groupe d'experts recommande de prendre en compte les résultats à venir des études d'évaluation concernant les bénéfices des protocoles basse dose ; ces derniers pourraient ultérieurement se substituer aux radiographies conventionnelles 2D (panoramique et/ou téléradiographies).

Recommandation 10 (Grade C)

Il est recommandé d'utiliser une protection de la thyroïde chez l'enfant et l'adolescent quand elle n'interfère pas avec le champ de diagnostic ciblé.

REFERENCES

- 1- American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. Clinical recommendations regarding use of cone beam computed tomography in orthodontics. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2013; 116: 238–57. doi: 10.1016/j.oooo.2013.06.002
- 2- Isaacson, K. G., and A. R. Thom (4ème edition). 2015. Guidelines for the use of radiographs in clinical Orthodontics. British Orthodontic Society, London.
- 3- Ludlow JB, Timothy R, Walker C, Hunter R, Benavides E, Samuelson DB. Effective dose of dental CBCT—a meta-analysis of published data and additional data for nine CBCT units. *Dentomaxillofac Radiol* 2015; 44: 20140197.
- 4- Silva MA, Wolf U, Heinicke F et al (2008) Cone-beam computed tomography for routine orthodontic treatment planning: a radiation dose evaluation. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 133(640):1-5
- 5- Grunheid T, Kolbeck Schieck JR, Pliska BT et al (2012) Dosimetry of a cone-beam computed tomography machine compared with a digital X-ray machine in orthodontic imaging. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 141:436-443
- 6- Signorelli L, Patcas R, Peltomaki T, Schatzle M. Radiation dose of cone-beam computed tomography compared to conventional radiographs in orthodontics. *J Orofac Orthop* (2016) 77:9–15
- 7- Chinem LAS, Vilella BS, Mauricio CLP, Canevaro LV, Deluiz LF, Vilella OV. Digital orthodontic radiographic set versus cone-beam computed tomography: an evaluation of the effective dose. *Dental Press J Orthod*. 2016 July-Aug; 21(4):66-72.
- 8- European commission (2012) Radiation protection: cone beam CT for dental and maxillofacial radiology (evidence-based guidelines). SEDENTEXCT
- 9- Roberts JA, Drage NA, Davies J, Thomas DW. Effective dose from cone beam CT examinations in dentistry. *Br J Radiol* 2009; 82: 35–40. doi: 10.1259/bjr/31419627
- 10- Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL. Dosimetry of two extraoral direct digital imaging devices: NewTom cone beam CT and Orthophos Plus DS panoramic unit. *Dentomaxillofac Radiol* 2003; 32: 229–34.
- 11- Pauwels R, Beinsberger J, Collaert B, Theodorakou C, Rogers J, Walker A, et al. Effective dose range for dental cone beam computed tomography scanners. *Eur J Radiol* 2012; 81: 267–71. doi: 10.1016/j.ejrad.2010.11.028
- 12- Okano T, Matsuo A, Gotoh K, Yokoi M, Hirukawa A, Okumura S, et al. Comparison of absorbed and effective dose from two dental cone beam computed tomography scanners. [In Japanese.] *Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi* 2012; 68: 216–25.
- 13- Al-Okshi A, Nilsson M, Petersson A, Wiese M, Lindh C. Using GafChromic film to estimate the effective dose from dental cone beam CT and panoramic radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 2013; 42: 20120343. doi: 10.1259/dmfr.20120343
- 14- Al-Okshi A, Lindh C, Sal'e H, Gunnarsson M, Rohlin M. Effective dose of cone beam CT (CBCT) of the facial skeleton: a systematic review. *Br J Radiol* 2015; 88:20140658.
- 15- Hidalgo A, Davies J, Horner K, Theodorakou C. Effectiveness of thyroid gland shielding in dental CBCT using a paediatric anthropomorphic phantom. *Dentomaxillofac Radiol* 2015; 44: 20140285.

Quelles sont les indications pour lesquelles l'utilisation du CBCT peut être justifiée en orthodontie ?

Ce chapitre aborde les indications potentielles du CBCT en orthodontie.

Pour chacune des indications identifiées, la méthode retenue a été la suivante :

- en présence de revues systématiques de la littérature récentes, la rédaction du chapitre est basée sur la synthèse de ces revues ;
- en l'absence de revues systématiques, la rédaction est basée sur l'analyse des études les plus récentes.

Dans chaque indication, les recommandations européennes¹ de 2012 et les recommandations américaines² de 2013 sont rappelées dans un tableau (voir méthodologie d'élaboration de ces recommandations en annexe I).

Les bénéfices associés au CBCT ou son efficacité peuvent se concevoir en termes de :

- efficacité technique, qualité d'image, fiabilité et reproductibilité des mesures,
- efficacité diagnostique (sensibilité, spécificité, fiabilité, reproductivité),
- capacité à modifier un diagnostic préétabli,
- capacité à modifier un plan de traitement préétabli,
- impact sur les résultats du traitement.

I. Analyse Céphalométrique/ dysmorphoses et anomalies squelettiques

Pour analyser les dysmorphoses squelettiques, un des avantages du CBCT par rapport à la radiographie conventionnelle est d'apporter des informations volumétriques, de surface et sectionnelles sur les structures cranio-faciales.

Elle pallie certaines limites de la radiographie 2D telles que le manque de perspective, des erreurs de projection, l'agrandissement, la distorsion géométrique, la superposition de structures et la position inconstante de la tête³.

L'analyse céphalométrique tridimensionnelle est destinée à caractériser les paramètres indispensables au diagnostic orthodontique, tout en permettant la quantification objective des dysmorphoses. Elle va associer l'analyse de profil permettant de faire le diagnostic des dysharmonies sagittales et une autre incidence transversale (ou frontale) et axiale pour observer la largeur des structures anatomiques et mesurer d'éventuelles asymétries.

La simulation des objectifs de traitement est un complément du bilan et une option d'aide à la décision (par exemple, extraire ou non) qui prend en compte les prévisions de croissance chez l'enfant, et qui objective la faisabilité du traitement chez l'adulte³.

L'analyse céphalométrique 3D est un outil pour estimer la croissance chez l'enfant, pour évaluer la faisabilité d'un traitement orthodontique voire chirurgical, pour l'optimiser, voire le corriger.

Plusieurs méthodes d'analyse céphalométrique sont utilisées⁴ :

- la méthode la plus ancienne se base sur les méthodes de la céphalométrie en 2D en les appliquant sur les mesures angulaires et linéaires issues de l'image 3D. Cette méthode diminue toutefois l'intérêt du CBCT en réalisant des mesures 2D à partir d'une image 3D ;
- la méthode de superposition de 2 images 3D analyse les changements représentés par une carte colorée avec la méthode « iterative closest point » prenant en compte les distances les plus courtes entre les structures des 2 images. Cette image ne peut analyser les changements en forme mais permet de simuler le traitement ;
- la méthode, probablement d'avenir, est la correspondance des formes qui détermine le déplacement d'un point de référence entre 2 temps du traitement en le représentant comme un vecteur et une carte de couleur montrant respectivement la direction et le degré de déplacement.

Le CBCT doit pouvoir fournir des informations qui auront pour bénéfices⁴ :

- de quantifier le degré de dysmorphose voire de la malformation cranio-faciale (par ex, fente labio-alvéolo-palatine) ;
- d'améliorer le diagnostic différentiel des malocclusions d'origine squelettique, dentaire ou combinée, en identifiant les maxillaires contribuant à la malocclusion et en déterminant si la dysmorphose est uni ou bilatérale, asymétrique ou encore dans les cas de béances et d'anomalie cranio faciale ;
- d'optimiser la planification du traitement et évaluer les résultats (par ex, expansion maxillaire rapide).

I.1.Recommandations de bonne pratique (tableau 4)

Tableau 4 : RCP

Commission Européenne 2012	AAOMR 2013		
	Dysmorphoses verticales antéropostérieures transversales		Asymétries
	Difficulté du traitement		
<p>Pas d'utilisation du CBCT large champ en routine pour le diagnostic ortho.</p> <p>Pour les cas complexes d'anomalies squelettiques avec prise en charge ortho-chirurgicale, le CBCT large champ peut être justifié pour planifier la procédure définitive particulièrement quand le scanner est la méthode de référence.</p> <p>Pour l'évaluation de la fente palatine, quand l'imagerie préconisée est le scanner, le CBCT avec le plus petit champ possible peut être préféré s'il est moins irradiant.</p>	Prétraitement		
	Léger	FOV,m,l potentiellement indiqué	FOV,m,l potentiellement indiqué
	Modéré	FOV,m,l potentiellement indiqué	FOV,m,l potentiellement indiqué
	Sévère	FOV,m,l potentiellement indiqué	FOV,m,l potentiellement indiqué
	Pré-chirurgical	FOV,m,l potentiellement indiqué	FOV,m,l potentiellement indiqué
	Après traitement	FOV,m,l potentiellement indiqué	FOV,m,l potentiellement indiqué

FOV : Field Of View ; s : small, m : medium, l : large

I.2. Données de la littérature

La littérature publiée sur le CBCT, ces dernières années, est abondante.

Des revues systématiques récentes ont compilé l'ensemble des études afin d'évaluer l'apport du CBCT pour analyser les dysmorphoses.

Ces revues systématiques ont été retenues pour rédiger ce chapitre ; elles apportent une sélection et une synthèse des données qui permettent de formuler des conclusions.

La céphalométrie 3D a pour objectif de préciser la dysmorphose et la contribution squelettique à la malocclusion.

Au niveau strictement dentaire, certains auteurs ont recherché l'intérêt des images 3D issues du CBCT pour préciser les relations inter-dentaires par comparaison avec les données obtenues avec les modèles digitaux. Une revue⁵ a comparé les mesures linéaires (surplomb, recouvrement, dimensions dentaires mésio-distales, mandibulaire et maxillaire, de 1^{ère} molaire à 1^{ère} molaire et largeurs inter-molaires et inter-canines maxillaires et mandibulaires) obtenues sur des modèles en plâtre et sur des modèles virtuels obtenus par laser ou à partir du CBCT. Cette revue a conclu que la fiabilité et la reproductibilité des mesures étaient bonnes et comparables entre les 3 méthodes.

D'autres études^{6,7} ont montré que les modèles obtenus avec le CBCT sont comparables, en termes de fiabilité et précision, à ceux obtenus avec les modèles virtuels obtenus avec les logiciels OrthoCAD® ou in VivoDental®3D ; la superposition des 2 modèles ne montre pas de différence significative entre les images.

L'efficacité diagnostique de la céphalométrie 3D, scanner et CBCT confondus, a été analysée en 2014 dans 2 revues systématiques^{8,17} (tableau 5).

Une de ces revues⁸ a analysé la précision et la reproductivité de mesures céphalométriques 3D, angulaires et linéaires, en les comparant aux mesures obtenues in vitro (8 études pour le CBCT⁹⁻¹⁶). La fiabilité et la reproductibilité intra et inter-observateur ont été également analysées pour les points de référence. Cette revue systématique a montré qu'il existait une bonne reproductibilité (niveau d'accord élevé < 1mm) entre les mesures in vitro et les mesures obtenues par céphalométrie 3D ainsi qu'une bonne reproductibilité pour un grand nombre de points de référence.

Par contre les mesures linéaires (0,04 -7,49 mm) et angulaires (0,99° - 9,30°) différaient significativement ce qui a conduit les auteurs à souligner que la céphalométrie 3D n'était pas une méthode diagnostique totalement précise et qu'il était nécessaire de développer des standards de traitement d'image (valeurs seuils) et d'affiner la technique.

Dans la seconde revue systématique¹⁷, les résultats (CBCT et scanner confondus) de la céphalométrie 3D (20 études pour le CBCT^{9-12, 16-32}) ont été également rapportés en termes de précision diagnostique : identification des points de référence, mesures linéaires et angulaires, asymétrie faciale.

En l'absence d'études de bon niveau de preuve (petit échantillon de populations, absence de protocole standard) et du fait de leur hétérogénéité, aucune méta-analyse n'a pu être faite par les auteurs et cette revue est à nouveau une revue qualitative descriptive.

Dans cette revue¹⁷, l'analyse des résultats issus des études avec le CBCT a montré que, la fiabilité des mesures et de l'identification des points de référence, était comparable à celle obtenue avec la céphalométrie traditionnelle 2D ; toutefois une variabilité a été observée, liée vraisemblablement aux méthodes d'analyse et aux machines différentes. En effet, la reproductibilité des mesures et la reproductibilité de certains points de référence différaient selon les études (respectivement ICC intra-observateur : 0,70-0,90 ; inter-observateur 0,64-0,90 et ICC intra-observateur : 0,86–0,99; inter-observateur 0,76–0,99).

Dans la plupart de ces études, l'analyse céphalométrique 3D était basée sur les versions initiales 2D et les auteurs interrogent la pertinence de l'utilisation de ces valeurs normatives 2D pour une analyse 3D.

Les auteurs ont conclu que les données étaient encore insuffisantes et qu'il était nécessaire de conduire des études plus centrées sur le matériel et les méthodes d'analyse céphalométrique 3D, avec des protocoles standardisés, des tailles de populations plus importantes et une analyse statistique plus optimale.

Une revue ultérieure³³ a évalué, en 2015, la céphalométrie 3D en retenant des études recourant au CBCT (n=18). Elle a analysé la fiabilité et la reproductivité pour identifier des points de repère céphalométriques et pour déterminer les références anatomiques les plus fréquemment utilisées. Dans l'ensemble, la fiabilité était bonne pour identifier les références céphalométriques 3D cependant les auteurs de la revue ont souligné la grande variabilité concernant les paramètres d'acquisition de l'image, le logiciel, le type de visualisation et les références anatomiques.

Parmi les repères, ceux de la ligne sagittale médiane ainsi que les repères dentaires avaient la meilleure fiabilité tandis que ceux sur le condyle, porion et orbital avaient la plus basse fiabilité. Le point S devait être marqué sur les vues multiplans lors de la reconstruction 3D. Les auteurs ont conclu par ailleurs que des études supplémentaires étaient nécessaires pour évaluer les points de repères des tissus mous.

Tableau 5 : revues systématiques céphalométrie 3D/études concernant le CBCT

Auteur/année N études Critères de sélection	Etudes		Critères de jugement retenus
Smektala ⁸ 2014 N : 8 ⁹⁻¹⁶ Critères de validité interne et externe Fiabilité Objectivité	Lagravere 2009 Lagravere 2010 Ludlow 2009 de Oliveira 2009	Medelnik 2011 Fuyamada 2011 Schlicher 2012 Zamora 2012	Précision dans l'identification des points de référence Reproductibilité intra et inter points de référence Précision mesures Reproductibilité mesures angulaires et linéaires
Pittayat ¹⁷ 2014 N: 20 ^{9-12, 16-32} Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies (QUADAS)	Periago 2008 Brown 2009 Oliveira 2009 Lagravère 2009 Chien 2009 Ludlow 2009 Lagravere 2010 Lagravere 2011 Van Vlijmen 2010 Van Vlijmen 2011	Damstra 2011 Damstra 2011 Gribel a 2011 Gribel b 2011 Schlicher 2012 Shibata 2012 Zamora 2012 Olszewski 2013 Olszewski 2013 Hassan 2012	
Identification points de repère : fiabilité/précision/reproductibilité			
Olszewski 2013	Intra-observateur distance moyenne CBCT(1.395) <CT low dose (1.761mm) p=0.000075 Inter: CBCT (1.745mm) <CT low dose (2.072) p=0.00087		
Ludlow 2009	Corrélation globale : 0.98 13 sur 24 points de réf moins de variabilité : p<0.05 Inter obs: 1.16 mm pour axe x, 1.5 mm pour axe y et 1.67 mm pour axe z		
Schlicher 2012	Consistance moyenne:1.64 mm, précision moyenne 0.87 mm. Selle turcique la plus consistante 0.50mm et précise 0.23. Orbitale-droit : la plus imprécise : 1.81mm Porion-droit : la plus inconsistante 2.72mm		
Hassan 2012	Précision des mesures entre : 0.29± 0.17 mm et 2.82±7.53 mm		
Zamora 2012	Reproductibilité des points de référence intra et inter ICC >0.99 avec mieux pour axe z		
Chien 2009	Différence inter-observateur : 2D (ICC 0.35-1.00)>3D (0.64-1.00) p<0.05 Diff intra-obs 2D (ICC 0.57-1.00)>3D (0.70-1.00)		
Lagravere 2009	Intra observateur: 0.52 mm axe x, 0.51 mm axe y et 0.71 mm axe z Inter obs: 0.96 mm axe x, 0.92 mm axe y, 1.11 mm axe z		
de Oliveira 2009	Inter-obs: ICC>0.90 Intra-obs: ICC>0.90		
Medelnick 2011	Déviation moyenne 3D: 0.51 mm pour axe x, 0.43 mm pour axe y, 0.31 mm pour axe z.		
Fuyamada 2011	Déviation moyenne Procédure 1 : 0.84 mm pour axe x, 1.07 mm pour axe y et, 0.80 mm pour axe z Procédure 2: 0.43 mm pour axe x, 0.49 mm pour axe y et 0.45 mm pour axe z		
Mesures linéaires et angulaires			
Damstra 2011 Damstra 2011	Intra obs : ICC 0.86–0.99 Inter obs: 0.76–0.99		
Gribel 2011	Différence moyenne entre mesures: 0.01 mm; déviation standard: 0.04 mm		
Van vijmen 2011	Intra obs 0.42–0.98		
Periago 2008	Différence significative (SN, Ba-Na, ANS-PNS, In -B, Na-Me, On-ANS, Ba-ANS, Pog-Go droit, Go-Me gauche, Go-Gn gauche/droit, Po- Or gauche/droit) Ecart différence moyenne: 0.85 mm-3.32 mm		
Brown 2009	Différence moyenne: pour 9 : 3.1±0.12mm-0.56±0.07mm Pour 1: 3.3±0.12mm		
Zamora 2012	Mesures linéaires: déviation standard: 3.65 mm-7.49mm Mesures angulaires: déviation standard : 5.45° et 9.30°		
Asymétrie faciale			
Van vijmen 2009	intra-observateur : CL: 0.23-0.99 et CBCT: 0.42–0.93 CL>CBCT Différence moyenne: -3.12 à 0.83		
Yannes 2011	Erreur intra-obs : 0.78, 1.05 et 1.07 mm pour axes x, y, et z Erreurs mesures linéaires et angulaires : 1.36 et 0.91°		
Damstra 2011	Différence NS entre mesures: p = 0.25–0.97 Accord fort: r = 0.85–1.00 Erreur moyenne faible : 0.39 mm; 95%CI = 0.31–0.47mm		

Pour les cas complexes d'anomalies squelettiques nécessitant une prise en charge ortho-chirurgicale, le CBCT peut être justifié pour planifier la procédure définitive.

Une revue systématique³⁴ a évalué, en 2014, l'apport des technologies 3D pour analyser les tissus mous, la morphologie squelettique et la dentition chez les patients (plus de 5 ans d'âge) avec une fente labio-palatine ainsi que pour planifier le traitement et évaluer les résultats. Les conclusions de cette revue systématique étaient les suivantes :

- la fiabilité des mesures obtenues avec les 2 techniques, scanner et CBCT, pour planifier la chirurgie orthognatique et évaluer les différences anatomiques nasales, afin de planifier et évaluer les résultats des greffes osseuses, est acceptable. Le CBCT moins irradiant doit être préféré au scanner pour évaluer le volume osseux et pour planifier le traitement. Toutefois, des données supplémentaires sont nécessaires pour déterminer les bénéfices thérapeutiques du CBCT (planification, résultats, évaluation des résultats).
- Les modèles dentaires numériques obtenus à partir de l'imagerie 3D (scanner laser de surface, scanner, CBCT, photographie avec moiré) utilisée pour la reconstruction des modèles ou pour scanner les empreintes, sont une bonne alternative aux modèles en plâtre pour évaluer les résultats du traitement avec un indicateur de mesure ainsi que pour évaluer la largeur des arcades et la morphologie palatine. La fiabilité est également bonne pour évaluer le volume osseux au niveau des dents voisines de la greffe, l'éruption et les anomalies dentaires. Toutefois, des données supplémentaires sont nécessaires pour déterminer les bénéfices diagnostiques et thérapeutiques du CBCT, pour la dentition, par rapport aux techniques 2D.

Conclusions de la littérature

Les données dentaires issues d'un modèle en plâtre ou d'un modèle 3D numérique obtenu par scanner direct intraoral ou par CBCT sont comparables.

Les performances techniques du CBCT, fiabilité et reproductibilité des mesures linéaires et angulaires, précision et fiabilité dans l'identification des points de référence céphalométriques, ont été mises en évidence dans de nombreuses études. L'efficacité technique pour l'analyse céphalométrique 3D est comparable à celle obtenue avec la radiographie 2D.

Les bénéfices cliniques en termes d'amélioration du diagnostic ou du plan de traitement n'ont pas été mis en évidence par les auteurs et, à ce jour, aucune méthode standardisée n'a été validée.

Les études montrent une bonne fiabilité des mesures obtenues avec le CBCT pour évaluer une fente labio-alvéolo-palatine et des structures telles que les canines et l'os alvéolaire adjacent à la fente, ainsi que pour planifier la prise en charge ortho-chirurgicale avec des greffes osseuses et en évaluer les résultats.

Toutefois, des données supplémentaires sont nécessaires pour déterminer les bénéfices thérapeutiques du CBCT.

Recommandation 11 (Grade C)

Pour un diagnostic orthodontique visant strictement à préciser les relations occlusales, le CBCT n'est pas recommandé pour le diagnostic et la planification du traitement. Le CBCT n'est pas justifié pour la réalisation sur patient de modèles d'études.

Recommandation 12 (Grade C)

A ce jour, le recours au CBCT ne saurait être recommandé pour une analyse céphalométrique en routine (voir recommandation 9).

Recommandation 13 (Grade C)

Le CBCT peut être recommandé, à la place du scanner plus irradiant, pour évaluer des dysmorphoses cranio-faciales afin d'optimiser une prise en charge ortho-chirurgicale et pour évaluer les résultats.

II. Expansion Maxillaire Rapide et dysmorphose transversale

Les déséquilibres transversaux maxillaires sont une cause fréquente de malocclusions avec un articulé inversé postérieur et un encombrement et/ou un surplomb augmenté.

Afin d'élargir la dimension palatine transversale chez l'enfant en cours de croissance et rétablir une occlusion normale postérieure transversale, le traitement par EMR peut être envisagé afin d'élargir la suture palatine médiane et accroître la longueur de l'arcade.

L'évaluation de la dysharmonie transversale permet de préciser le diagnostic et les objectifs thérapeutiques, particulièrement quand une expansion est programmée. Cette évaluation s'appuie fréquemment sur une évaluation clinique, un modèle en plâtre et une téléradiographie frontale.

Ces dernières années, des cliniciens ont abandonné l'utilisation en routine de la téléradiographie frontale du fait de ses limites (erreurs d'identification des points de référence, superposition, agrandissement, distorsion, et rotation de la tête) et des erreurs de calcul et diagnostic possibles. Le CBCT a été introduit pour pallier ces limitations.

Dans une revue systématique récente³⁵, basée sur 9 études avec des patients en denture mixte ou permanente ayant tous leurs 1ères molaires permanentes en bouche, la précision et la fiabilité des différentes méthodes, utilisées pour le diagnostic des dysmorphoses transversales et pour la planification du traitement, ont été évaluées.

Trois études³⁶⁻³⁹ ont comparé l'identification et l'analyse des points de référence transversaux avec la téléradiographie frontale versus CBCT ; une³⁶ utilisait les mesures directes sur squelette comme référence standard versus mesures obtenues avec les 2 autres modalités d'imagerie. Les résultats des mesures ont montré que la fiabilité des images obtenues avec

le CBCT était supérieure à celle obtenue avec la téléradiographie frontale. Toutefois, aucune donnée de sensibilité et spécificité n'a été identifiée et les auteurs ont conclu qu'à ce jour, la supériorité du CBCT, en termes d'efficacité diagnostique, n'était pas validée.

Deux études^{40,41} ont mis en évidence la fiabilité et la reproductibilité de 2 méthodes, utilisées pour les mesures angulaires et linéaires transversales avec le CBCT mais, aucune donnée comparative n'a été rapportée. Les auteurs soulignaient la nécessité de développer une norme de référence standard.

Un grand nombre d'études ont évalué les résultats du traitement EMR à l'aide de l'imagerie 3D pour pallier les limites de la radiographie 2D liées à la superposition des structures.

Une revue systématique⁴² a décrit les résultats d'une EMR rapide en période de croissance mis en évidence avec l'imagerie 3D (scanner et CBCT). Les changements dentaires et squelettiques, maxillaires et péri-maxillaires, dans les mesures linéaires et angulaires du sens transversal voire vertical et sagittal, ont été analysés.

Trois études⁴³⁻⁴⁵ concernaient l'analyse des résultats avec l'utilisation du CBCT ; 2 d'entre elles contrôlées randomisées comparaient 2 méthodes⁴³ et 2 types de dispositifs⁴⁴.

Les données obtenues mettaient en évidence des augmentations significatives des dimensions transversales au niveau de l'ouverture de la suture palatine^{44,45}, de la cavité nasale⁴⁵, avec une expansion alvéolodentaire supérieure à l'expansion squelettique^{43,45}. Au-delà de l'ouverture et de l'expansion des sutures, ces études montraient aussi une bascule dentaire d'environ 6°5, la bascule étant moindre chez les plus jeunes.

Le CBCT peut également présenter un intérêt pour mieux discerner les effets indésirables liés au traitement d'expansion.

Une revue systématique⁴⁶ a analysé les effets de l'EMR, en période de croissance, sur la suture palatine, sur la dimension verticale squelettique et sur les structures dentaires et parodontales, à partir des données issues de l'imagerie 3 D. Les résultats des études ont montré que l'EMR ouvre toujours la suture chez l'enfant en phase de croissance (1,6mm à 4,3mm dans la région antérieure et 1,2 mm à 4,4 mm dans la région postérieure). A la fin de l'activation, on observe un léger mouvement inférieur du maxillaire (SN-PNS +0,9 mm; SN-ANS +1,6 mm) et une augmentation de la bascule des dents ancrées (3,4° à 9,2°). Les changements verticaux sont mineurs et transitoires et, à long terme, on observe une verticalité des dents ancrées tandis que les structures parodontales ne sont pas affectées.

Une classification de la maturation de la suture palatine, s'appuyant sur l'utilisation du CBCT, a été proposée afin de mieux orienter la décision thérapeutique et afin d'éviter les effets indésirables et l'échec de l'EMR ou encore afin d'éviter le recours à une expansion chirurgicale inutile, chez l'enfant et le jeune adolescent⁴⁷.

Les auteurs⁴⁷ stipulent que l'obtention de données plus précises sur les caractéristiques globales antéropostérieures de la suture palatine, sans superposition d'autres structures anatomiques, permet de mieux programmer son traitement en évaluant les effets possibles au niveau des dents et les effets orthopédiques ou la résistance possible au niveau des sutures.

Conclusions de la littérature

L'efficacité technique du CBCT est satisfaisante en termes de précision et fiabilité des mesures linéaires et angulaires pour évaluer les dysmorphoses intermaxillaires transversales.

Le CBCT peut permettre de mieux orienter la décision thérapeutique en fonction du degré de maturation de la suture. Il présente un intérêt pour évaluer les résultats de l'EMR voire les effets indésirables au niveau de la suture palatine ainsi qu'au niveau alvéolo-dentaire et squelettique.

Recommandation 14 (Grade C)

Le CBCT ne saurait être recommandé en routine pour l'évaluation des dysmorphoses intermaxillaires transversales.

Cependant, afin de pallier les limitations de la téléradiographie 2D conventionnelle, dans des cas où une amélioration de la visualisation des structures est nécessaire afin de mieux orienter la décision thérapeutique, afin de planifier l'EMR ou l'expansion chirurgicale et dans certains cas, afin d'en évaluer les résultats voire les effets indésirables, le CBCT peut être recommandé.

III. Evaluation des parois alvéolaires

La qualité et la quantité d'os alvéolaire conditionnent l'adaptabilité osseuse durant le mouvement dentaire orthodontique ainsi que la morphologie après le positionnement des dents. La largeur alvéolaire est modifiée par le mouvement des dents avec les appareils orthodontiques.

Le CBCT pourrait présenter l'avantage d'évaluer l'os alvéolaire en 3D, en incluant l'os entourant la dent en vestibulaire et lingual, ainsi qu'en évaluant les conditions des parois alvéolaires défavorables au traitement orthodontique telles que des déhiscences et fenestrations osseuses.

III.1. Recommandations de bonne pratique (tableau 6)

Tableau 6 : RCP

Commission Européenne 2012	AAOMR 2013	
	Difficulté du traitement	
NR	Prétraitement	Léger Modéré Sévère
	Durant traitement Après traitement	
		FOV _{s,m} potentiellement indiqué
		FOV _{s,m} probablement non indiqué

FOV: Field Of View; s: small, m: medium, l: large, NR: Non Rapporté

III. 2. Données de la littérature

Aucune revue systématique n'a été identifiée. Les études sont nombreuses ; leur sélection n'est pas exhaustive mais prend en compte la présence d'une évaluation de l'efficacité technique et diagnostique.

L'efficacité technique du CBCT a été validée dans plusieurs études *ex-vivo*⁴⁸⁻⁵²; la précision et la fiabilité du CBCT pour les mesures osseuses alvéolaires sont satisfaisantes. Toutefois, des risques de surestimation des mesures concernant les défauts osseux, déhiscences et fenestrations ont été mis en évidence⁵². L'efficacité diagnostique du CBCT a été évaluée *in vivo* dans les cas de fenestrations et déhiscences en se basant sur la sensibilité et spécificité, la valeur prédictive positive et la valeur prédictive négative⁵³ (tableau 7). Les résultats ont montré le risque de surestimation des mesures des défauts alvéolaires.

Une étude⁵¹ a évalué, sur pièce d'autopsie, la précision des mesures de la hauteur et de l'épaisseur de l'os alvéolaire vestibulaire, en modifiant les paramètres d'acquisition de l'image (taille voxels, nombre projection d'images, durée). Les résultats obtenus avec 3 mesures successives, avec 2 paramétrages différents, « long scan » (LS : 619 projection images, révolution 360°, durée 26.9 s et taille voxels 0.2 mm) et « short scan » (SS : 619 projection images, révolution 180°, durée 4.8 s et taille voxels 0.3 mm) n'ont pas mis en évidence de différence significative entre les mesures (LS : 0.17±0.12 mm pour hauteur et 0.10±0.07 mm pour épaisseur, SS : 0.41±0.32 mm pour hauteur et 0.12 ±0.11 mm pour épaisseur. L'accord (CCC) était plus élevé pour les mesures concernant la hauteur (LS : 0.99, SS = 0.97) versus mesures d'épaisseur (LS = 0.94, SS = 0.88).

Les auteurs concluaient qu'un paramétrage d'acquisition « short scan » avec une réduction de la durée, était acceptable pour évaluer l'os alvéolaire.

Une étude antérieure⁵² avait comparé, sur pièces d'autopsie, les mesures osseuses verticales et horizontales ainsi que les bords marginaux alvéolaires obtenus avec le CBCT (résolutions différentes, voxels de 0.125 mm et 0.4 mm). La précision était bonne et les différences moyennes non significatives (-0.13 à +0.13 mm); toutefois, en variant la résolution, l'accord était moindre avec une différence moyenne pouvant atteindre 2.01mm.

Tableau 7: étude⁵³ efficacité diagnostique du CBCT

Auteur année	Mesures réelles vs CBCT	Spécificité	Sensibilité	Valeur prédictive négative	Valeur prédictive positive
Sun 2015	In vivo (durant chirurgie orthognatique)	Fenestrations, déhiscences >0.7	Fenestrations, Déhiscences >0.7	Dehiscence, 0.82 Fenestration, 0.98	Dehiscence, 0.75 Fenestration, 0.16

Conclusions de la littérature

Les études identifiées montrent que l'efficacité technique du CBCT est satisfaisante pour évaluer les dimensions osseuses alvéolaires ; toutefois, la précision varie avec la résolution utilisée et les données in vivo montrent un risque de surestimation des défauts osseux (déhiscences et fenestrations).

Aucun bénéfice thérapeutique n'a été mis en évidence.

Recommandation 15 (Grade C)

A ce jour, le CBCT ne saurait être recommandé pour évaluer les défauts des parois alvéolaires avant un traitement orthodontique.

VI. Ancrage osseux temporaire

Les mini-vis sont des ancrages osseux temporaires utilisés pour déplacer les dents pendant le traitement orthodontique ou orthopédique. Les 2 points essentiels pour ces ancrages sont la sécurité (éviter de léser la racine voisine durant la mise en place) et la stabilité intra-osseuse.

Le CBCT peut être utile pour visualiser des structures anatomiques voisines du site d'insertion telles que les racines dentaires, le sinus ou un paquet vasculo-nerveux et ce, afin d'éviter des dommages ou des complications. Le CBCT peut également aider à évaluer la qualité et la quantité osseuse qui peuvent être potentiellement compromises et qui sont déterminantes pour la stabilité de la vis et le choix du site optimal⁵⁴.

Une étude comparative⁵⁵ a analysé les facteurs, proximité radiculaire, angle d'insertion de la vis, longueur de contact et densité osseuse, potentiellement associés à un échec. Cette même étude a comparé les données de la radiographie péri-apicale vs CBCT, avant et après l'insertion des mini-vis (n=190). Les résultats ont montré des différences significatives pour le taux de réussite au maxillaire versus mandibulaire (90,67 % vs 70,69 %) et entre les 2 imageries (taux de concordance 46,5 %). La proximité de la racine était le facteur majeur affectant le taux de succès dans cette étude.

Les résultats obtenus pour l'insertion des mini-vis après évaluation initiale du site (sur 20 squelettes) par différentes modalités, insertion à l'aveugle, radiographie péri-apicale, panoramique et CBCT petit champ, ont été comparés en recherchant la survenue d'une perforation radiculaire⁵⁶. Les différences dans le taux de perforations étaient significatives entre les différentes modalités, respectivement 55 % pour la pose en aveugle, 60 % avec la radiographie péri-apicale, 50 % avec la panoramique et 5 % avec le CBCT.

L'insertion palatine des mini-vis est utilisée pour ancrer les dispositifs de recul molaire. Une revue systématique⁵⁷ a analysé les résultats de 16 études évaluant la hauteur osseuse palatine verticale paramédiane pour la pose de mini-vis. Quatre études⁵⁸⁻⁶¹ ont utilisé le CBCT et 6 études⁶²⁻⁶⁷ le scanner ; 3 études⁶⁸⁻⁷⁰ ont présenté les résultats sur coupes histologiques *ex-vivo* et 3 études⁷¹⁻⁷³ ont utilisé l'orthopantomographie 2D avec un céphalostat.

Aucune méta-analyse n'a été possible. Malgré les limites des études (hétérogénéité des patients, différents sites de mesure, différentes méthodes de scanner et logiciels associés), les auteurs ont compilé toutes les données et formulé des conclusions :

- la zone palatine antérieure paramédiane à 3-4 mm derrière le foramen incisif et latéralement à 3-9 mm de la suture médiane ainsi que la zone palatine à 12 mm du foramen et latéralement à 9-12 mm de la suture médiane palatine fournissent une hauteur verticale osseuse suffisante pour l'insertion.
- L'imagerie CBCT est indiquée pour les patients pour lesquels la céphalométrie de routine a mis en évidence la probabilité d'un os de qualité ou quantité insuffisante et le risque de complications.

Il est intéressant d'analyser la seule étude comparative intégrée dans cette revue. Elle a évalué la valeur diagnostique des radiographies latérales et la nécessité ou pas de recourir au CBCT avant de poser une mini-vis palatine d'ancrage orthodontique⁷².

Parmi les patients observés (n=91), 98 % des évaluations osseuses étaient fiables et suffisantes avec une radiographie latérale et la quantité osseuse était confirmée lors de l'acte de pose de la mini-vis. Pour 2 patients, une image complémentaire 3D (scanner pour l'un et CBCT pour l'autre) était nécessaire afin d'analyser plus précisément une hauteur osseuse verticale marginale. Les auteurs concluaient que le CBCT n'était pas recommandé, en première intention, pour l'évaluation préopératoire avant l'insertion de mini-vis palatines.

Conclusions de la littérature

Les données de la littérature mettent en évidence une réduction du taux d'échecs (perforation, proximité radiculaire, absence d'intégration dans un os inadéquat) en recourant à une évaluation préalable à la pose des mini-vis, avec le CBCT.

Au niveau de la zone palatine antérieure paramédiane à 3-4 mm derrière le foramen incisif et latéralement à 3-9 mm de la suture médiane ainsi que la zone palatine à 12 mm du foramen et latéralement à 9-12 mm de la suture médiane palatine (qui fournissent une hauteur verticale osseuse suffisante pour l'insertion), le CBCT n'est pas indiqué en première intention.

Recommandation 16 (Grade C)

Préalablement à la pose d'une mini-vis, l'évaluation préopératoire avec le CBCT petit champ est recommandée si la radiographie de routine (rétro-alvéolaire et/ou téléradiographie de profil) a mis en évidence un risque de complications (proximité ou anatomie radiculaire pouvant entraîner une perforation) ou la probabilité d'un os inadéquat pour la stabilité de la vis.

Dans la zone palatine antérieure et paramédiane où le volume osseux est favorable, le CBCT est rarement recommandé.

V. Anomalies dentaires

V.1. Recommandations de bonne pratique (tableau 8)

Tableau 8 : RCP

Commission Européenne 2012	AAOMR 2013	
Pour l'évaluation localisée d'une dent incluse (voire la résorption d'une dent adjacente), le CBCT doit être préféré au scanner plus irradiant.	Difficulté du traitement	
	Prétraitement	FOV _s probablement indiqué
Pour l'évaluation localisée d'une dent incluse (voire la résorption d'une dent adjacente), le CBCT peut être indiqué lorsque la radiographie de référence conventionnelle (moins irradiante) ne fournit pas des informations adéquates.	Léger	FOV _s probablement indiqué
	Modéré	FOV _s probablement indiqué
	Sévère	FOV _s probablement indiqué
Durant traitement	FOV _s potentiellement indiqué	
Après traitement	FOV _s probablement non indiqué	

FOV: Field Of View; s: small, m: medium, l: large

V.2. Données de la littérature

V.2.1. Dent incluse

Il est important de diagnostiquer précocement une dent incluse afin d'optimiser les résultats de la prise en charge visant à favoriser l'éruption de la dent et afin d'éviter les risques associés à l'inclusion et plus particulièrement les résorptions radiculaires des dents adjacentes.

Dans ses recommandations de bonne pratique sur les canines incluses, la SFSCMFCO⁷⁴ mentionne en 2015 :

« L'analyse tridimensionnelle peut être recommandée afin d'améliorer la localisation de la dent incluse, l'évaluation de la sévérité de l'inclusion et de la complexité du traitement et afin de mieux visualiser les structures associées (notamment la résorption des dents adjacentes). Le Cone Beam peut alors être proposé pour améliorer la prise en charge du patient.

Pour rappel, le risque lié aux radiations ionisantes étant significativement plus élevé chez le jeune, la nécessité de justification et d'optimisation des examens radiographiques est d'autant plus recommandée ».

« Le groupe de travail précise que le Cone Beam, lorsqu'il est accessible, peut être directement proposé en substitution aux examens radiologiques conventionnels lorsque, en regard des règles de radioprotection, il présente une irradiation inférieure à ces derniers »

Les performances techniques du CBCT en termes de qualité d'image, précision de la localisation de la dent incluse dans les 3 dimensions, évaluation de la résorption radiculaire des dents adjacentes, ont été mises en évidence dans plusieurs études⁷⁵⁻⁷⁸. L'analyse comparative par 11 évaluateurs⁷⁸, de 60 clichés panoramiques versus CBCT (2 groupes avec 2 appareils CBCT différents), a mis en évidence des différences significatives pour la largeur de la couronne de la canine et son angulation par rapport au plan occlusal ($p < 0.001$) ainsi que pour la localisation de la canine ($p = 0.0074$ et $p = 0.0008$) et la détection de résorption sur les dents adjacentes ($p = 0.0201$ et $p < 0.001$). Les auteurs concluaient que la sensibilité du CBCT était supérieure à celle de la radiographie 2D pour localiser la canine et identifier les résorptions radiculaires sur les dents voisines.

Une revue⁷⁹ précise toutefois en 2011 que des études complémentaires sont nécessaires pour évaluer l'efficacité diagnostique du CBCT (sensibilité, spécificité, et valeurs prédictives).

Des études prospectives⁸⁰⁻⁸³ ont analysé l'impact du CBCT sur la précision diagnostique et sur la planification du traitement en comparant les différences dans les plans de traitement obtenus avec le CBCT versus 2D (tableau 9).

Une première étude⁸⁰ comparant les diagnostics et plans de traitement (25 canines évaluées par 7 universitaires) établis avec des radiographies conventionnelles versus CBCT, a mis en évidence des différences significatives entre les évaluateurs et ce, en faveur du CBCT. Une absence d'accord était observée pour l'évaluation de la position mésio-distale de la pointe cuspidienne et la position vestibulo-palatine (respectivement 21 % et 16 % de désaccord) et pour l'évaluation de la résorption radiculaire (36 % de désaccord). Pour les plans de traitement, 27 % étaient modifiés après l'examen des images obtenues avec le CBCT ($p=0.035$).

Des résultats comparables ont été observés dans une étude postérieure⁸¹. La différence d'informations concernant la localisation de la canine et l'estimation de l'espace au niveau de l'arcade, obtenues avec l'imagerie 2D (panoramique, téléradiographie de profil et radiographies avec plusieurs projections) versus CBCT, a conduit les auteurs à préciser le diagnostic et réorienter le plan de traitement.

Soixante-quatre canines incluses chez des patients référés pour une approche chirurgicale ont été évaluées par 6 observateurs, avec l'imagerie CBCT versus 2D⁸². Cette étude prospective a montré que le niveau de confiance des cliniciens était significativement plus élevé (96,3 % versus 61,9 % $p=0.001$) avec le CBCT.

Les orthodontistes ont estimé l'apport des données obtenues conventionnellement insuffisant dans 22,5 % versus 1,3 % pour les données obtenues avec le CBCT et ont demandé des radiographies complémentaires dans 63 % des cas pour la radiographie conventionnelle et 0,5 % pour le CBCT.

Alors que les évaluations de la position de la couronne, de ses rapports adjacents et de la résorption radiculaire des incisives latérales étaient significativement différentes entre les 2 modalités, les évaluations pré et péri-opératoires ne différaient pas et étaient associées à des plans de traitement comparables.

Les bénéfices thérapeutiques, en termes de résultats du traitement, ont été analysés dans une étude⁸³. En comparant les résultats obtenus avec l'aide du CBCT (cas les plus sévères avec un niveau de difficulté plus élevé) ou de la radiographie conventionnelle, aucune différence significative n'a été mise en évidence en termes de choix thérapeutique (interception et/ou autre modalité, extraction ou non), taux de succès de traitement et durée d'intervalle. Par contre, une différence significative ($p= 0.023$) a été observée pour la durée de traitement, plus courte pour le groupe CBCT (4 mois).

Les auteurs ont conclu que le CBCT améliore le diagnostic des canines incluses sévères et améliore le taux de succès dans les cas les plus difficiles, taux comparable à celui obtenu pour des cas simples évalués avec l'imagerie 2D. Le CBCT peut également réduire la durée du traitement.

Enfin, des données⁸⁴ concernant l'évaluation de la position, de la probabilité d'alignement de canines incluses et leur relation aux dents adjacentes ont montré qu'un accord sur la position de la canine entre l'imagerie 2D et 3D était obtenu dans 64 % des patients et que les suggestions thérapeutiques (alignement ou extraction chirurgicale) étaient identiques entre l'imagerie 2D et 3D dans 82 % des cas. ¼ des régions apicales n'étaient pas identifiables sur la radio 2D. L'inclinaison de la canine visible sur la radiographie panoramique était le facteur essentiel influençant la proposition thérapeutique. Les différences obtenues entre les 2 types d'imagerie ont conduit les auteurs à préconiser l'utilisation du CBCT, en plus de la radiographie panoramique, pour améliorer le diagnostic et la planification du traitement dans les cas où l'inclinaison de la canine par rapport à la ligne médiane perpendiculaire dépassait 30°, pour des canines dilacérées et pour des résorptions des dents voisines.

V.2.2. Dent surnuméraire

Dans une série de cas comparative⁸⁵, les résultats ont montré que les informations obtenues avec le CBCT versus radiologie conventionnelle, étaient plus précises en termes de localisation de la pathologie, résorption radiculaire et plan de traitement.

Comme pour la dent incluse, il est important de bien localiser la dent surnuméraire et sa relation avec les dents adjacentes voire les structures anatomiques voisines, spécialement si une extraction est indiquée. Ces informations peuvent être utiles pour déterminer l'approche chirurgicale la plus adaptée afin de protéger les racines des dents voisines et le traumatisme des tissus voisins⁸⁶⁻⁸⁷.

Tableau 9 : canine incluse : planification du traitement/bénéfices thérapeutiques CBCT vs 2D

Auteur Année	N canine 2D vs CBCT Modalités	Résultats
Boticelli 2011	N: 39 Panoramique + téléradio de profil et radios périapicales vs NewTom 3G® 8 opérateurs ; 2 sets	<u>Accord inter-observateur</u> Evaluation complexité : 46 (p<0.05) en faveur CBCT Stratégie thérapeutique : 70 (p=0.008) en faveur CBCT <u>Choix de traitement 2D vs 3D</u> Extraction canine temporaire 26 12 Observation/plan de traitement 63 50 Extraction canine permanente 6 15 Exposition chirurgicale/traitement ortho 211 230 Transplantation chirurgicale canine 6 5
Haney 2010	N: 25 Panoramique + occlusale + 2 radios péri-apicales vs Hitachi MercuRay® 7 opérateurs ; 2 sets	<u>Choix de traitement</u> Différence significative entre 2 et 3D : p <0.0001 Changement de plan de traitement pour 27% des dents: p=0.035 <u>Accord inter-observateur¶</u> Plan de traitement ortho 0.72 Plan de traitement ortho (récupération) 0.75 Plan de traitement ortho (extraction) 0.81 Accord total pour 36% des dents Choix du vecteur de récupération p=0.0001 Nombre de vecteurs de récupération 0.54 Vecteur de récupération initial 0.47 Accord total pour 12% Demande de radio complémentaire p = 0.0016 Confiance dans le diagnostic (score) 8.6 vs 9.4 Confiance dans le plan de traitement 8.6 vs 9.2
Alqerban 2014	N : 64 Panoramique + téléradio de profil + modèles plâtre Vs 3D Accuitomo 170® 4 observateurs ; 2 sets	<u>Choix de traitement</u> Pas de traitement squelettique : 73.75% vs 79.38 NS Modification orthopédique croissance 23.75% vs 17.50 % Chirurgie orthognatique 2.50% vs 3.13% Nombre de méthodes interceptives 20.63% vs 18.75% NS Pas d'extraction 71.88% vs 73.83% NS Pas de chirurgie 50.39% vs 51.95% NS Niveau de confiance élevé : 61.9% vs 96.3 p<0.0001 Appréciation niveau de traitement simple 23.13% vs 42.50% p<0.0008 Demande de radio complémentaire 63.1% vs 0.63 p = 0.0001
Alqerban 2014	N : 81 Conventionnel : Panoramique + téléradio de profil + modèles plâtre + photos vs N : 74 Conventionnel + CBCT Scanora® 3D®: 58	<u>Résultats traitement CBCT vs conventionnel</u> Succès thérapeutique Non : 6 (10%) vs 8 (13%) Oui: 52 (90%) vs 52 (87%) Durée de traitement (mois) p = 0.023 Moyenne : 30.1 (9.4%) vs 34.1 (7.7%) Durée intervalle (mois) Moyenne: 8.2 (6.3) vs 10.4 (6.6) Complications durant traitement Non: 52 (70%) vs 73 (90%) Oui: 22 (30) vs 8 (10) Présence de résorption après traitement Non: 9 (26%) 34 (42%) Oui : 55 (74) 47 (58)

V.2.3. Résorption radiculaire

En présence d'une canine incluse, il est important de bien visualiser l'état radiculaire de l'incisive latérale. L'image tridimensionnelle peut conduire à modifier un plan de traitement (par ex, une incisive latérale résorbée pourra être extraite à la place d'une prémolaire saine).

L'efficacité technique et diagnostique de l'appareil CBCT pour diagnostiquer la résorption radiculaire des dents adjacentes, a été mise en évidence dans plusieurs études. Ces dernières rapportent une bonne fiabilité (accord inter-observateur satisfaisant) et soulignent la différence d'identification de la résorption entre les 2 modalités d'imagerie^{80-81,84}.

L'analyse comparative⁸³ de 406 clichés panoramiques versus CBCT (2 groupes avec 2 appareils CBCT différents), a mis en évidence, au-delà des différences significatives concernant la canine, des différences significatives concernant la détection de résorption sur les dents adjacentes ($p = 0.0201$ et $p < 0.001$) et les incisives centrales ($p=0.045$) ainsi qu'une différence significative entre les groupes pour la sévérité de la résorption de l'incisive latérale ($p=0.02$).

Une revue de cas rétrospective⁸⁸ ($n=45$) a mis en évidence une amélioration de 63 % du taux de détection de la résorption radiculaire associée à une canine incluse.

Conclusions de la littérature

Les études mettent en évidence les performances techniques du CBCT pour visualiser la position des dents incluses, des dents surnuméraires ainsi que pour visualiser des anomalies radiculaires, dilacération et résorption.

Des données ont montré que dans des cas d'inclusion de la canine, de résorption associée sur les dents voisines, l'amélioration de la précision diagnostique pouvait conduire à modifier le plan de traitement voire à améliorer les résultats de la chirurgie.

Recommandation 17 (Grade C)

Le recours au CBCT (petit champ) peut-être recommandé, dans les cas où des informations précises sur la position et la morphologie des dents incluses voire surnuméraires ainsi que sur le degré de résorption (inflammatoire et/ou de remplacement) des dents voisines sont nécessaires, afin d'optimiser le traitement et ses résultats.

VI. Morphologie des voies aériennes/SAHOS et dysmorphose verticale

Aucune recommandation n'a été identifiée.

La littérature concernant le CBCT et les voies aériennes est abondante.

Des revues systématiques récentes ont compilé l'ensemble des études afin d'évaluer l'apport du CBCT pour explorer les voies aériennes.

En l'absence d'un nombre suffisant d'études de bon niveau de preuve (petit échantillon de populations, absence de protocole standard) et du fait de leur hétérogénéité, aucune méta-analyse n'a pu être faite par les auteurs.

Ces revues systématiques ont été sélectionnées pour rédiger ce chapitre ; elles apportent une sélection des études en se référant à un score qualité et la synthèse des données rapportées dans ces revues permet de formuler des conclusions.

Une constriction des voies aériennes conduisant l'enfant à respirer avec la bouche peut contribuer à une malocclusion verticale.

La présence d'un SAHOS, son lien potentiel avec la morphologie des voies aériennes peut conduire à proposer un traitement orthodontique.

Les données d'une revue systématique⁸⁹, en 2016, ont montré que l'analyse des caractéristiques anatomiques prédominantes des voies aériennes supérieures avec le scanner ou l'IRM, mettaient en évidence que l'aire de section transversale minimum était plus petite chez les patients avec un SAHOS.

Le CBCT a été également introduit pour appréhender la mesure de la zone de constriction par l'acquisition de volumes et de coupes et évaluer les dimensions des voies aériennes. Les études rapportent son utilisation en présence du SAHOS et pour évaluer le traitement chirurgical du SAHOS, chirurgie orthognatique et expansion maxillaire et leur impact sur les dimensions des voies aériennes.

Des modèles de reconstruction des voies aériennes supérieures ont été proposés afin d'étudier précisément les possibles relations entre la restriction des voies aériennes et la croissance cranio-faciale.

En 2012, une revue systématique⁹⁰ (16 études) a analysé la précision, validité (accord dans les mesures entre le logiciel ou algorithme de segmentation et le modèle de référence standard/vérité de terrain) et fiabilité (ICC intra et inter-observateurs) d'un modèle 3D des voies aériennes supérieures (pharyngées, nasales et para-nasales) obtenu à partir du CBCT par segmentation automatique ou semi-automatique. La majorité des études non randomisées s'appuyaient sur une analyse des voies aériennes supérieures et sur une ou plusieurs mesures (linéaires, de surface ou volumétriques).

La qualité d'analyse statistique des études était médiocre. Seules 3 études⁹¹⁻⁹³ avaient un groupe contrôle (méthode standard de référence segmentation manuelle) et 3 études^{92, 94-95} ont testé correctement la fiabilité du modèle 3D des voies aériennes généré par le CBCT (ICC : 0.60-0.80).

Les auteurs de cette revue concluaient que les données scientifiques identifiées rendaient difficile la validation d'un modèle 3D généré par le CBCT.

La téléradiographie de profil est un outil standardisé pour planifier une intervention et quantifier les changements des voies aériennes avant et après l'utilisation d'une orthèse d'avancée mandibulaire ou une chirurgie mandibulaire d'avancement.

Une revue systématique de la littérature⁹⁶ (11 études) a corrélié les paramètres des voies aériennes supérieures obtenues avec les téléradiographies de profil versus CBCT (7 études) ou versus scanner (4 études) afin de déterminer l'utilité de la téléradiographie de profil pour prédire des paramètres 3D.

Les auteurs ont souligné d'emblée les limites des études avec l'absence de contrôle des facteurs confondants, position de la tête, de la langue, respiration et déglutition pouvant affecter la taille des voies aériennes.

Un coefficient moyen de corrélation faible a été observé entre les mesures obtenues avec la téléradiographie de profil (position assise) et le scanner (position allongée).

Un large écart pour les coefficients de corrélation entre les mesures obtenues avec la téléradiographie de profil et le CBCT, a été rapporté pour le segment nasopharyngé, (coefficient de corrélation faible à fort : $-0,78 \leq r$ et $r \leq 0,93$). La corrélation entre le ratio adénoïde-nasopharynx obtenu avec la téléradiographie de profil conventionnelle et le volume nasopharyngé obtenu avec le CBCT était fortement négative ($r = -0,78$).

Les mesures linéaires, épine nasale postérieure (PNS) à mur pharyngé postérieur, obtenues avec la téléradiographie de profil permettaient de prédire la surface nasopharyngée ($r = 0,81$). De plus, dans le céphalogramme généré par le CBCT, la profondeur sagittale supérieure des voies nasopharyngées permettait de prédire fortement le volume du nasopharynx ($r = 0,93$).

Pour le segment oropharyngé, le coefficient de corrélation entre les mesures linéaires obtenues avec le céphalogramme généré par la téléradiographie de profil versus CBCT était fort ($r \leq 0,71$). La corrélation était également forte ($r = 0,83$) pour les mesures de surface obtenues avec la téléradiographie de profil conventionnelle et les mesures volumétriques obtenues avec le CBCT.

Pour le segment hypopharyngé, la corrélation des mesures obtenues avec la téléradiographie de profil versus CBCT était faible.

Une autre revue⁹⁷ en 2016 montre que la céphalométrie 2D permet de mettre en évidence une dysharmonie cranio-faciale associée au SAHOS avec des paramètres significativement modifiés par rapport à la normale : espace aérien pharyngé réduit, os hyoïde positionné plus bas et hauteur faciale antérieure augmentée.

Conclusions de la littérature

Les études ont montré que le ratio adénoïde-nasopharynx et les mesures linéaires (épine nasale postérieure à mur pharyngé postérieur) obtenues avec la téléradiographie de profil étaient corrélées avec les mesures de surface et volumétriques du nasopharynx obtenues avec le CBCT. Les mesures de la région oropharyngée étaient également fortement corrélées tandis qu'aucune corrélation n'a été observée pour la région hypopharyngée.

Des études supplémentaires sont nécessaires pour obtenir un modèle validé 3D des voies aériennes avec le CBCT

Recommandation 18 (Grade C)

Le CBCT n'est pas recommandé pour une évaluation 3D à visée orthodontique des données volumétriques de la zone oropharyngée.

Il peut être recommandé, à la place du scanner, pour des patients ayant des SAHOS, afin d'optimiser des interventions chirurgicales spécifiques associées à un traitement orthodontique ainsi que pour en évaluer les résultats.

VII. Pathologies de l'Articulation Temporo Mandibulaire

Des atteintes pathologiques des composants osseux de l'ATM peuvent induire des dysmorphoses squelettiques et dentaires dans les 3 sens de l'espace.

Les informations concernant les anomalies osseuses de l'articulation, l'intégrité osseuse corticale et les anomalies osseuses sous-corticales peuvent être apportées par le CBCT et le scanner mais l'évaluation d'un processus inflammatoire et d'anomalies des tissus mous relève d'un examen IRM.

VII.1. Recommandations de bonne pratique (tableau 10)

Tableau 10 : RCP

Commission Européenne 2012	AAOMR 2013		
	Difficulté du traitement		
Le CBCT ne doit être utilisé que lorsque le scanner hélicoïdal est nécessaire; dans ce cas, le CBCT est préféré pour son irradiation moindre	Prétraitement	Léger Modéré Sévère	FOV _{s,m} probablement non indiqué FOV _{m,l} potentiellement indiqué FOV _{,m,l} potentiellement indiqué
	Durant traitement Après traitement		FOV _{,m,l} potentiellement indiqué FOV _{m,l} potentiellement indiqué

FOV: field of view; s :small; m:moyen; l:grand; AAOMR: American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology

VII.2. Données de la littérature

Une revue descriptive de la littérature⁹⁸, en 2015, a compilé les résultats de plusieurs études concernant l'efficacité diagnostique du CBCT pour évaluer les pathologies de l'ATM (ostéoarthrose, polyarthrite rhumatoïde et autres conditions articulaires associées).

Malgré des études hétérogènes (appareils et protocoles différents), les auteurs ont émis des conclusions. Globalement, la précision du CBCT est acceptable pour le diagnostic des anomalies osseuses de l'ATM (érosions/ostéophytes, défauts du condyle) ; les petites lésions pouvant toutefois être omises. La sensibilité dans la plupart des études est élevée (72,9-87,5 %). L'efficacité du CBCT semble comparable à celle du scanner.

Les auteurs d'une revue systématique ultérieure⁹⁹ ont conduit une méta-analyse à partir de 8 études¹⁰⁰⁻¹⁰⁷. Les résultats ont souligné la qualité de la précision du CBCT pour détecter les défauts osseux de l'ATM. La sensibilité combinée était moins bonne que la spécificité combinée (tableau 11). L'analyse en sous-groupe, recherchant la différence d'efficacité en intégrant la taille des voxels, a ramené l'hétérogénéité à une valeur 0 (tableau 12). Les auteurs ont conclu que le CBCT a des performances diagnostiques élevées pour les modifications osseuses de l'ATM ; cependant, la fiabilité de la précision diagnostique reste limitée. Afin d'améliorer la précision du diagnostic et l'application clinique, des études complémentaires avec une bonne méthodologie sont nécessaires. Enfin, la taille des voxels ne semble pas être un facteur influençant la précision diagnostique.

Tableau 11: Résultats méta-analyse Ma⁹⁹

Etudes retenues	Sensibilité (IC 95%)	Spécificité (IC 95%)
Hintze 2007 Honda 2006 Librizzi 2011 Marque 2010 Yadav 2015 Zan-alabdeen 2012 Zhang 2013 Zhang 2014	0.67 [0.56-0.76] I ² = 87.50 [83.32-91.67]	0.87 [0.78-0.93] I ² = 87.13 [82.80-91.46]

Tableau 12: Analyse en sous-groupes méta-analyse Ma⁹⁹

Taille voxel	Sensibilité combinée	I ² value (%)	Spécificité combinée	I ² value (%)
≤ 0.2	0.73	0.0	0.68	72.7
> 0.2, ≤ 0.3	0.60	82.7	0.79	43.2
> 0.3, ≤ 0.4	0.64	28.1	0.69	61.5
> 0.4, ≤ 0.5	0.83	71.2	1.000	0.0

Une seule étude¹⁰⁸ a évalué l'apport du CBCT pour la prise en charge de 128 patients avec des troubles de l'ATM. Un diagnostic initial basé sur l'examen clinique et un orthopantomogramme, a été réévalué avec une imagerie CBCT. Le diagnostic initial a été modifié dans 25 % des cas (33 patients) ; des procédures diagnostiques complémentaires ont été requises dans 45 % des cas (57 patients) et le traitement a été modifié dans 12 % des cas (15 patients), 4 étant orientés vers une solution moins invasive. Au total, 58 % des patients ont eu leur diagnostic et leur plan de traitement modifiés avec le CBCT.

Conclusions de la littérature

Les résultats des études mettent en évidence la précision diagnostique du CBCT pour révéler les atteintes osseuses de l'articulation temporo-mandibulaire. Toutefois, la fiabilité n'est pas encore optimale et en termes de performances diagnostiques, la spécificité est meilleure que la sensibilité. La taille des voxels ne semble pas influencer sur la précision diagnostique.

Le CBCT peut conduire à modifier les choix thérapeutiques issus de la radiographie 2D.

Recommandation 19 (Grade B)

Le CBCT en une seule incidence bouche fermée en occlusion, peut-être recommandé, à la place du scanner, afin de préciser le diagnostic de pathologies osseuses (et non des tissus mous) de l'ATM lorsque des signes cliniques le nécessitent.

REFERENCES

- 1- European commission (2012) Radiation protection: cone beam CT for dental and maxillofacial radiology (evidence-based guidelines). SEDENTEXCT
- 2- American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. Clinical recommendations regarding use of cone beam computed tomography in orthodontics. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2013; 116: 238–57. doi: 10.1016/j.oooo.2013.06.002
- 3- HAS. Bilan de dysmorphoses dento-maxillo-faciale. Evaluation actes. Mars 2006
- 4- Kapila SD, Nervina JM. CBCTCT in orthodontics: assessment of treatment outcomes and indications for its use. *Dentomaxillofac Radiol* 2015; 44: 20140282.
- 5- Luu N; Nikolcheva LG, Retrouvey JM, Flores-Mir C, El-Bialy T, Carey JP, Major PW. Linear measurements using virtual study models. A systematic review *Angle Orthod*. 2012; 82:1098–1106.)
- 6- Lighthart KG, English JD, Kau CH, Akyalcin S, Bussa HI Jr, McGrory KR, et al. Surface analysis of study models generated from OrthoCAD and cone-beam computed tomography imaging. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2012; 141: 686–93. doi: 10.1016/j.ajodo.2011.12.019
- 7- Creed B, Kau CH, English JD, Xia JJ, Lee RP. A comparison of the accuracy of linear measurements obtained from cone beam computerized tomography images and digital models. *Semin Orthod* 2011; 17: 49–56.
- 8- Smektała T, Jędrzejewski M, Szyndel J, Sporniak-Tutak K, Olszewski R. Experimental and clinical assessment of three-dimensional cephalometry: a systematic review. *J Craniomaxillofac Surg*. 2014 Dec;42(8):1795-801. doi: 10.1016/j.jcms.2014.06.017. Epub 2014 Jun 15
- 9- Lagravere MO, Gordon JM, Guedes IH, Flores-Mir C, Carey JP, Heo G et al. Reliability of traditional cephalometric landmarks as seen in three dimensional analysis in maxillary expansion treatments. *Angle Orthod* 2009; 79:1047–56.
- 10- Lagravere MO, Low C, Flores-Mir C, Chung R, Carey JP, Heo G et al. Intraexaminer and interexaminer reliabilities of landmark identification on digitized lateral cephalograms and formatted 3-dimensional conebeam computerized tomography images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010; 137:598–604.
- 11- Ludlow JB, Gubler M, Cevidanes L, Mol A. Precision of cephalometric landmark identification: cone-beam computed tomography vs conventional cephalometric views. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009; 136: 312 e1–10; discussion 12-3.
- 12- de Oliveira AE, Cevidanes LH, Phillips C, Motta A, Burke B, Tyndall D. Observer reliability of three-dimensional cephalometric landmark identification on cone-beam computerized tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009; 107:256–65.
- 13- Medelnik J, Hertrich K, Steinhäuser-Andresen S, Hirschfelder U, Hofmann E: Accuracy of anatomical landmark identification using different CBCTCT- and MSCT based 3D images: an in vitro study. *J Orofac Orthop* 72: 261e278, 2011
- 14- Fuyamada M, Nawa H, Shibata M, Yoshida K, Kise Y, Katsumata A, et al: Reproducibility of landmark identification in the jaw and teeth on 3-dimensional cone-beam computed tomography images. *Angle Orthod* 81: 843e849, 2011
- 15- Schlicher W, Nielsen I, Huang JC, Maki K, Hatcher DC, Miller AJ. Consistency and precision of landmark identification in three-dimensional cone beam computed tomography scans. *Eur J Orthod* 2012; 34:263–75.
- 16- Zamora N, Llamas JM, Cibrian R, Gandia JL, Paredes V. A study on the reproducibility of cephalometric landmarks when undertaking a three-dimensional (3D) cephalometric analysis. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2012; 17: 678–88.
- 17- Pittayapat P1, Limchaichana-Bolstad N, Willems G, Jacobs R. *Orthod Craniofac Res*. Three-dimensional cephalometric analysis in orthodontics: a systematic review. 2014 May; 17(2):69-91. doi: 10.1111/ocr.12034. Epub 2013 Dec 22.
- 18- Periago DR, Scarfe WC, Moshiri M, Scheetz JP, Silveira AM, Farman AG. Linear accuracy and reliability of cone beam CT derived 3-dimensional images constructed using an orthodontic volumetric rendering program. *Angle Orthod* 2008; 78:387–95.
- 19- Brown AA, Scarfe WC, Scheetz JP, Silveira AM, Farman AG. Linear accuracy of cone beam CT derived 3D images. *Angle Orthod* 2009; 79:150–7.

- 20- Chien PC, Parks ET, Eraso F, Hartsfield JK, Roberts WE, Ofner S. Comparison of reliability in anatomical landmark identification using two-dimensional digital cephalometrics and three dimensional cone beam computed tomography in vivo. *Dentomaxillofac Radiol* 2009; 38:262–73.
- 21- Lagravere MO, Gordon JM, Flores-Mir C, Carey J, Heo G, Major PW. Cranial base foramen location accuracy and reliability in cone-beam computerized tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011; 139:203–10.
- 22- van Vlijmen OJ, Maal T, Berge SJ, Bronkhorst EM, Katsaros C, Kuijpers-Jagtman AM. A comparison between 2D and 3D cephalometry on CBCT scans of human skulls. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2010; 39: 156–60.
- 23- van Vlijmen OJ, Rangel FA, Berge SJ, Bronkhorst EM, Becking AG, Kuijpers- Jagtman AM. Measurements on 3D models of human skulls derived from two different cone beam CT scanners. *Clin Oral Investig* 2011; 15:721–7.
- 24- Damstra J, Fourie Z, Huddleston Slater JJ, Ren Y. Reliability and the smallest detectable difference of measurements on 3-dimensional cone-beam computed tomography images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011; 140: 107–14.
- 25- Damstra J, Fourie Z, Ren Y. Comparison between two-dimensional and midsagittal three-dimensional cephalometric measurements of dry human skulls. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2011; 49:392–5.
- 26- Damstra J, Fourie Z, De Wit M, Ren Y. A three-dimensional comparison of a morphometric and conventional cephalometric midsagittal planes for craniofacial asymmetry. *Clin Oral Investig* 2012; 16:285–94.
- 27- Gribel BF, Gribel MN, Frazao DC, McNamara JA Jr, Manzi FR. Accuracy and reliability of craniometrics measurements on lateral cephalometry and 3D measurements on CBCT scans. *Angle Orthod* 2011; 81:26–35.
- 28- Gribel BF, Gribel MN, Manzi FR, Brooks SL, McNamara JA Jr. From 2D to 3D: an algorithm to derive normal values for 3-dimensional computerized assessment. *Angle Orthod* 2011; 81:3–10.
- 29- Shibata M, Nawa H, Kise Y, Fuyamada M, Yoshida K, Katsumata A et al. Reproducibility of three dimensional coordinate systems based on craniofacial landmarks. *Angle Orthod* 2012; 82:776–84.
- 30- Olszewski R, Frison L, Wisniewski M, Denis JM, Vynckier S, Cosnard G et al. Reproducibility of three dimensional Cephalometric landmarks in cone-beam and low-dose computed tomography. *Clin Oral Investig* 2013; 17: 285–92.
- 31- Hassan B, Nijkamp P, Verheij H, Tairie J, Vink C, Stelt PV et al. Precision of identifying cephalometric landmarks with cone beam computed tomography in vivo. *Eur J Orthod* 2013; 35:38–44.
- 32- Yanez-Vico RM, Iglesias-Linares A, Torres-Lagares D, Gutierrez-Perez JL, Solano-Reina E. Three-dimensional evaluation of craniofacial asymmetry: an analysis using computed tomography. *Clin Oral Investig* 2011; 15:729–36.
- 33- Lisboa O, Masterson D, Motta AF, Motta AT. Reliability and reproducibility of three-dimensional cephalometric landmarks using CBCT: a systematic review *J Appl Oral Sci.* 2015; 23(2):112-9
- 34- Kuijpers MA, Chiu YT, Nada RM, Carels CE, Fudalej PS. Three-dimensional imaging methods for quantitative analysis of facial soft tissues and skeletal morphology in patients with orofacial clefts: a systematic review. *PLoS One.* 2014 Apr 7; 9(4):e93442. doi: 10.1371/journal.pone.0093442. Collection 2014.
- 35- Cheung G, Goonewardene MS, Islam SM, Murray K, Koong B. The validity of transverse intermaxillary analysis by traditional PA cephalometry compared with cone-beam computed tomography. *Aust Orthod J.* 2013; 29:86–95.
- 36- Tai B, Goonewardene MS, Murray K, Koong B, Islam SM. The reliability of using postero-anterior cephalometry and cone-beam CT to determine transverse dimensions in clinical practice. *Aust Orthod J.* 2014; 30:132–142.
- 39- Lee KM, Hwang HS, Cho JH. Comparison of transverse analysis between posteroanterior cephalogram and cone-beam computed tomography. *Angle Orthod.* 2014; 84:715–719.
- 40- Miner RM, Al Qabandi S, Rigali PH, Will LA. Cone beam computed tomography transverse analysis. Part I: Normative data. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2012; 142:300- 7
- 41- Podesser B, Williams S, Bantleon HP, Imhof H. Quantitation of transverse maxillary dimensions using computed tomography: a methodological and reproducibility study. *Eur J Orthod* 2004; 26:209-15.

- 42- Bazargani F, Ingalill Feldmann I, Bondemark L. Three-dimensional analysis of effects of rapid maxillary expansion on facial sutures and bones. A systematic review. *Angle Orthod.* 2013; 83: 1074–1082
- 43- Lagravere MO, Carey J, Heo G, Toogood RW, Major PW. Transverse, vertical, and anteroposterior changes from bone-anchored maxillary expansion vs traditional rapid maxillary expansion: a randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137:304.1–12.
- 44- Weissheimer A, de Menezes LM, Mezomo M, Dias DM, de Lima EM, Rizzato SM. Immediate effects of rapid maxillary expansion with Haas-type and hyrax-type expanders: a randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011; 140: 366–376.
- 45- Christie KF, Boucher N, Chung CH. Effects of bonded rapid palatal expansion on the transverse dimensions of the maxilla: a cone-beam computed tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010; 137:S79–85.
- 46- Lione R, Franchi L, Cozza P. Does rapid maxillary expansion induce adverse effects in growing subjects? *Angle Orthod.* 2013; 83:172– 182.
- 47- Angelieria F, Cevidanes L, Franchi L, Gonçalves J, Benavidese E, McNamara J. Midpalatal suture maturation: Classification method for individual assessment before rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* November 2013; 144(5): 759–769. doi:10.1016/j.ajodo.2013.04.022.
- 48- Misch KA, Yi ES, Saent DP. Accuracy of cone beam computed tomography for periodontal defect measurements. *J Periodontol.* 2006 ; 77(7):1261-6.
- 49- Lund H, Grondahl K, Grondahl HG. Accuracy and precision of linear measurements in cone beam computed tomography Accutomo tomograms obtained with different reconstruction techniques. *Dentomaxillofac Radiol.* 2009; 38(6):379-86.
- 50- Timock AM, Cook V, McDonald T, Leo MC, Crowe J, Benninger BL, Covell DA Jr. Accuracy and reliability of buccal bone height and thickness measurements from cone-beam computed tomography imaging. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011 Nov; 140(5):734-44. doi: 10.1016/j.ajodo.2011.06.021.
- 51- Cook V. C., Timock A. M, Crowe J. J., Wang M., Covell D. A. Jr. Accuracy of alveolar bone measurements from cone beam computed tomography acquired using varying settings *Orthod Craniofac Res* 2015; 18(Suppl.1): 127–136. 2015
- 52- Patcas R, Muller L, Ullrich O, Peltomaki T. Accuracy of cone-beam computed tomography at different resolutions assessed on the bony covering of the mandibular anterior teeth. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2012; 141:41–50.
- 53- Sun L, Zhang L, Shen G, Wang B, Fang B. Accuracy of cone-beam computed tomography in detecting alveolar bone dehiscences and fenestrations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2015 Mar; 147(3):313-23.
- 54- Chang HP, Tseng YC. Miniscrew vis applications in contemporary Orthodontics *Kaohsiung Journal of Medical Sciences* (2014) 30, 111-115 <http://www.kjms-online.com>
- 55- Watanabe H., Deguchi T., Hasegawa M., Ito M., Kim S., Takano-Yamamoto T. Orthodontic miniscrew failure rate and root proximity, insertion angle, bone contact length, and bone density *Orthod Craniofac Res* 2013; 16:44–55.
- 59- Landin M, Jadhav A, Yadav S, Aditya Tadinada A. A comparative study between currently used methods and Small Volume-Cone Beam Tomography for surgical placement of mini viss. *Angle Orthodontist*, Vol 85, No 3, 2015
- 57- Winsauer H, Vlachoianis C, Bumann A, Vlachoianis J et Chrubasik S. Paramedian vertical palatal bone height for mini-vis insertion: a systematic review. *European Journal of Orthodontics* 36 (2014) 541–549
- 58- Gracco A, Lombardo L, Cozzani M, Siciliani G. 2008 Quantitative cone beam computed tomography evaluation of palatal bone thickness for orthodontic miniscrew placement. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 134: 361–369
- 59- Lai R F, Zou H, Kong W D, Lin W. 2010 Applied anatomic site study of palatal anchorage viss using cone beam computed tomography. *International Journal of Oral Science* 2: 98–104

- 60- Baumgaertel S. 2009 Quantitative investigation of palatal bone depth and cortical bone thickness for mini-vis placement in adults. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 136: 104–108
- 61- Taghizadeh N 2010 Mediane und paramediane Bestimmung der Knochendicke des Palatum durum bei Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen mittels digitaler Volumentomographie. Thesis, Charité Berlin
- 62- Gahleitner A, Podesser B, Schick S, Watzek G, Imhof H. 2004 Dental CT and orthodontic vis: imaging technique and assessment of available bone volume in the hard palate. *European Journal of Radiology* 51: 257–262
- 63- Bernhart T, Freudenthaler J, Dörtbudak O, Bantleon H P, Watzek G. 2001 Short epithetic vis for orthodontic anchorage in the paramedian region of the palate. A clinical study. *Clinical Oral Viss Research* 12: 624–631
- 64- Kang S, Lee S J, Ahn S J, Heo M S, Kim T W. 2007 Bone thickness of the palate for orthodontic mini-vis anchorage in adults. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 131: S74–S81
- 65- Moon S H, Park S H, Lim W H, Chun Y S. 2010 Palatal bone density in adult subjects: implications for mini vis placement. *The Angle Orthodontist* 80: 137–144
- 66- King K S, Lam E W, Faulkner M G, Heo G, Major P W. 2007 Vertical bone volume in the paramedian palate of adolescents: a computed tomography study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 132: 783–788
- 67- Kyung S H 2004 A study on the bone thickness of midpalatal suture area for miniscrew insertion. *Korean Journal of Orthodontics* 34: 63–70
- 68- Stockmann P, Schlegel K A, Srour S, Neukam F W, Fenner M, Felszeghy E. 2009 Which region of the median palate is a suitable location of temporary orthodontic anchorage devices? A histomorphometric study on human cadavers aged 15-20 years. *Clinical Oral Viss Research* 20: 306–312
- 69- Wehrbein H. 2008 Anatomic site evaluation of the palatal bone for temporary orthodontic anchorage devices. *Clinical Oral Vis Research* 19: 653–656
- 70- Wehrbein H. 2009 Bone quality in the midpalate for temporary anchorage devices. *Clinical Oral Vis Research* 20: 45–49
- 71- Henriksen B, Bavitz B, Kelly B, Harn S D. 2003 Evaluation of bone thickness in the anterior hard palate relative to midsagittal orthodontic vis. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Vis* 18: 578–581
- 72- Jung B A, Wehrbein H, Heuser L, Kunkel M. 2011 Vertical palatal bone dimensions on lateral cephalometry and cone-beam computed tomography: implications for palatal vis placement. *Clinical Oral Vis Research* 22: 664–668
- 73- Wehrbein H, Merz B R, Diedrich P. 1999 Palatal bone support for orthodontic vis anchorage—a clinical and radiological study. *European Journal of Orthodontics* 21: 65–70
- 74- SFSCMFCO. *Recommandations de Bonne Pratique*. Juillet 2015. Prise en charge d'une canine incluse.
- 75- Walker L, Enciso R, Mah J 2005 Three-dimensional localization of maxillary canines with cone-beam computed tomography. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 128: 418–423
- 76- Liu D G, Zhang W L, Zhang Z Y, Wu Y T, Ma X C 2008 Localization of impacted maxillary canines and observation of adjacent incisor resorption with cone-beam computed tomography. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* 105: 91–98
- 77- Oberoi S, Knueppel S. Three-dimensional assessment of impacted canines and root resorption using cone beam computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2012; 113:260-267
- 78- Alqerban A, Jacobs R, Fieuws S, Willems G. Comparison of two cone beam computed tomographic systems versus panoramic imaging or localization of impacted maxillary canines and detection of root resorption. *Eur J Orthod* 2011; 33:93-102.
- 79- Guerrero ME, Shahbazian M, Elsiens Bekkering G, Nackaerts O, Jacobs R, Horner K. The diagnostic efficacy of cone beam CT for impacted teeth and associated features: a systematic review. *J Oral Rehabil.* 2011 Mar;38(3):208-16. doi: 10.1111/j.1365-2842.2010.02141.x.
- 80- Haney E, Gansky SA, Lee JS, Johnson E, Maki K. Comparative analysis of traditional radiographs and cone-beam computed tomography volumetric images in the diagnosis and treatment planning of maxillary impacted canines. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010; 137:590-7

- 81- Botticelli S, Verna C, Cattaneo PM, Heidmann J, Melsen B. Two- versus three- dimensional imaging in subjects with unerupted maxillary canines. *Eur J Orthod* 2011; 33:344- 9.
- 82- Alqerban A, Willems G ,Bernaerts C, Vangastel J, Politis C, Jacobs R. Orthodontic treatment planning for impacted maxillary canines using conventional records versus 3D CBCT. *Dentomaxillofacial Radiology* (2013) 42, 20130157. doi: 10.1259/dmfr.20130157
- 83- Alqerban A, Jacobs R, van Keirsbilck P, Aly M, Swinnen S, Fieuws S, et al. The effect of using CBCT in the diagnosis of canine impaction and its impact on the orthodontic treatment outcome. *J Orthodont Sci* 2014; 3:34-40.
- 84- Wriedt S, Jaklin J, Al-Nawas B, Wehrbein H. Impacted upper canines: examination and treatment proposal based on 3D versus 2D diagnosis. *J Orofac Orthop* 2012; 73: 28–40.
- 85- Katheria BC, Kau CH, Tate R, Chen JW, English J, Bouqurot J. Effectiveness of impacted and supernumerary tooth diagnosis from traditional radiography versus cone beam computed tomography. *Pediatr Dent* 2010; 32: 304-9.
- 86- Mossaz J, Kloukos D, Pandis N, Valerie G, Suter A, Katsaros C, Bornstein MM. Morphologic characteristics, location, and associated complications of maxillary and mandibular supernumerary teeth as evaluated using cone beam computed tomography. *European Journal of Orthodontics* 36 (2014) 708–718
- 87- Toureno L, Park JH, Cederberg RA, Hwang EH, Shin JW. Identification of supernumerary teeth in 2D and 3D: review of literature and a proposal. *J Dent Educ* 2013; 77: 43–50.
- 88- Jawad Z and all. A review of cone beam computed tomography for the diagnosis of root resorption associated with impacted canines, introducing an innovative root resorption scale. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2016 Oct 7;:-1-7)
- 89- Chen H, Aarab G, de Ruitter MH, de Lange J, Lobbezoo F, van der Stelt PF. Three-dimensional imaging of the upper airway anatomy in obstructive sleep apnea: a systematic review. *Sleep Med*. 2016 May; 21:19-27. doi: 10.1016/j.sleep.2016.01.022. Epub 2016 Apr 5.
- 90- Alsufyani NA, Flores-Mir C and Major PW. Three-dimensional segmentation of the upper airway using cone beam CT: a systematic review. *Dentomaxillofacial Radiology* (2012) 41, 276–284
- 91- Shi H, Scarfe W, Farman A. Upper airway segmentation and dimensions estimation from cone-beam CT image datasets. *Int J CARS* 2006; 1: 177–186.
- 92-Palomo JM. Measuring the airway in 3 dimensions: A reliability and accuracy study. *Am J of Orthod Dentofacial Orthop* 2010; 137: S50.1–50.9.
- 93-Schendel SA, Hatcher D. Automated 3-dimensional airway analysis from cone-beam computed tomography data. *J Oral Maxillofac Surg* 2010; 68: 696–701.
- 94- Haskell JA, McCrillis J, Haskell BS, Scheetz JP, Scarfe WC, Farman AG. Effects of mandibular advancement device (MAD) on airway dimensions assessed with cone-beam computed tomography. *Semin Orthod* 2009; 15: 132–158.
- 95- Kim YJ, Hong JS, Hwang YI, Park YH. Three-dimensional analysis of pharyngeal airway in preadolescent children with different anteroposterior skeletal patterns. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010; 137: 306.e1–306.e11.
- 96- Eslami E, Katz ES, Baghdady M, Abramovitch K, Masoud MI. Angle Orthod. Are three-dimensional airway evaluations obtained through computed and cone-beam computed tomography scans predictable from lateral cephalograms? A systematic review of evidence. 2016 Jul 27. DOI: 10.2319/032516-243.1
- 97- Neelapu BC, Kharbanda OP, Sardana HK, Balachandran R, Sardana V, Kapoor P, Gupta A, Vasamsetti S. Craniofacial and upper airway morphology in adult obstructive sleep apnea patients: A systematic review and meta-analysis of cephalometric studies. *Sleep Med Rev*. 2016 Jan 30. pii: S1087-0792(16)00016-2.
- 98- Larheim TA, Abrahamsson A-K, Kristensen M, Arvidsson LZ. Temporomandibular joint diagnostics using CBCT. *Dentomaxillofac Radiol* 2015; 44: 20140235.
- 99- Ma R et al. The detection accuracy of cone beam CT for osseous defects of the temporomandibular joint: a systematic review and meta-analysis. *Sci. Rep.* 6, 34714; doi: 10.1038/srep34714 (2016).

- 100- Hintze, H., Wiese, M. & Wenzel, A. Cone beam CT and conventional tomography for the detection of morphological temporomandibular joint changes. *Dentomaxillofacial Radiology*. 36(4), 192–197 (2007).
- 101- Honda K., Larheim T. A., Maruhashi K, Matsumoto Iwai K. Osseous abnormalities of the mandibular condyle: diagnostic reliability of cone beam computed tomography compared with helical computed tomography based on an autopsy material. *Dentomaxillofac Radiol*. 35(3), 152–157 (2006).
- 102- Librizzi, Z. T., Tadinada, A. S., Valiyaparambil, J. V., Lurie, A. G. & Mallya, S. M. Cone-beam computed tomography to detect erosions of the temporomandibular joint: Effect of field of view and voxel size on diagnostic efficacy and effective dose. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 140(1), e25–e30 (2011).
- 103- Marques, A. P., Perrella, A., Arita, E. S., Pereira, M. F. & Cavalcanti, M. G. Assessment of simulated mandibular condyle bone lesions by cone beam computed tomography. *Braz Oral Res*. 24(4), 467–474 (2010).
- 104- Yadav, S., Palo, L., Mahdian, M., Upadhyay, M. & Tadinada, A. Diagnostic accuracy of 2 cone-beam computed tomography protocols for detecting arthritic changes in temporomandibular joints. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 147(3), 339–344 (2015).
- 105- Zain-Alabdeen, E. H. & Alsadhan, R. I. A comparative study of accuracy of detection of surface osseous changes in the temporomandibular joint using multidetector CT and cone beam CT. *Dentomaxillofac Radiol*. 41(3), 185–191 (2012).
- 106- Zhang, Z. L. et al. Detection accuracy of condylar bony defects in Promax 3D cone beam CT images scanned with different protocols. *Dentomaxillofac Radiol*. 42(5), 20120241 (2013).
- 107- Zhang, Z. L., Shi, X. Q., Ma, X. C. & Li, G. Detection accuracy of condylar defects in cone beam CT images scanned with different resolutions and units. *Dentomaxillofac Radiol*. 43(3), 20130414 (2014).
- 108- de Boer EW, Dijkstra PU, Stegenga B, de Bont LG, Spijkervet FK. Value of cone-beam computed tomography in the process of diagnosis and management of disorders of the temporomandibular joint. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2014 Mar; 52(3):241-6. doi: 10.1016/j.bjoms.2013.12.007. Epub 2014 Jan 14.

PERSPECTIVES

Des recherches indépendantes, basées sur l'évolution des protocoles et des paramètres associés, sont actuellement conduites afin de réduire la dose délivrée au patient.

Des études préliminaires ont été menées par Ludlow qui a évalué la dosimétrie obtenue avec des appareils CBCT en faisant varier le champ de vue et les paramètres d'exposition, chez l'adulte et l'enfant (fantômes anthropomorphes). Ainsi, dans deux études non publiées¹, les données dosimétriques obtenues avec un protocole « low dose » ont été comparées avec les données obtenues avec des protocoles standards ou aux données obtenues avec un cliché panoramique standard.

La première étude intégrant la mesure de la qualité d'image en s'appuyant sur le rapport contraste/bruit et sur la fonction de transfert de modulation, a montré une réduction de 77 % de la dose avec le protocole « low dose » versus protocole standard. Parallèlement à cette réduction significative de dose, aucune réduction dans la qualité d'image n'a été observée, suggérant ainsi que la dose délivrée au patient pouvait être réduite sans interférer sur la qualité du diagnostic.

La deuxième étude a mis en évidence l'obtention d'une dose effective comparable avec un protocole « low dose » et champ 11x17 cm versus cliché panoramique standard.

A ce stade, des études complémentaires sont nécessaires. En effet, les études réalisées en laboratoire présentent des limites pour évaluer objectivement la qualité d'image, car en clinique la présence de mouvements potentiels du patient peut altérer la qualité d'image. De plus, l'apport diagnostique et thérapeutique des séquences d'examens reste à évaluer.

Le développement des appareils avec l'introduction de nouveaux protocoles réduisant la dose délivrée au patient tout en maintenant la qualité d'image, pourrait conduire à élargir considérablement le champ d'application du CBCT en orthodontie voir à terme, conduire à substituer certaines acquisitions 2D par des acquisitions CBCT « low dose ».

Aujourd'hui, le choix de la séquence et de la fréquence des examens relève de la responsabilité du praticien qui doit, en s'appuyant sur les signes cliniques et les symptômes, justifier son choix par des nécessités diagnostiques et thérapeutiques, en analysant le bénéfice médical attendu et le risque potentiel encouru, et ceci au regard des autres techniques alternatives disponibles.

Dans tous les cas, le choix de la séquence et de la fréquence des examens, doit impérativement respecter les principes d'optimisation visant à réduire les doses reçues et le nombre des examens radiologiques chez le jeune.

Enfin, il faut également souligner les innovations technologiques en cours concernant entre autres, la qualité d'image, la filtration, le couplage avec les modèles numériques.

¹ http://www.carestreamdental.com/ImagesFileShare/.sitecore.media_library.Files.3D_Imaging.9300.9300-

Ludlow-Abstract.pdf

<http://www.planmeca.com/globalassets/iadr-2015-planmeca-uld-poster-revised.pdf>

SYNTHESE

I. Quels sont les principes de base à respecter avant de recourir au CBCT en orthodontie?

En France, les dispositions réglementaires de radioprotection médicale et dentaire ont été actualisées en 2016. Elles soulignent la nécessité de réduire l'exposition des patients par la suppression des examens d'imagerie non justifiés et par l'utilisation préférentielle des techniques non irradiantes. Elles visent à améliorer les pratiques cliniques par la rationalisation des indications des examens d'imagerie et à servir de référentiel pour les audits cliniques.

Le principe de justification constitue le premier principe de base de la protection des patients exposés aux rayonnements ionisants. La justification est la confirmation argumentée de l'indication clinique et du choix de la technique d'imagerie.

Le deuxième principe de base de la protection des patients exposés aux rayonnements ionisants est l'optimisation. L'information recherchée devra être obtenue avec une exposition la plus faible possible. « ALARA : As Low As Reasonably Achievable » ou « ALADA : as low as diagnostically acceptable ».

Une formation à la radioprotection est obligatoire pour tous les professionnels concernés, selon leur domaine de compétence initial.

Enfin, les dispositions réglementaires de radioprotection médicale et dentaire de 2016, détaillent les procédures d'installation, de surveillance et de contrôle de radioprotection.

Recommandation 1 (réglementaire)

L'indication du CBCT ne saurait être systématique et doit être justifiée par des conditions cliniques pour lesquelles les bénéfices médicaux seront suffisants en regard du risque potentiel encouru avec l'exposition aux radiations, particulièrement chez l'enfant.

Pour cela, il est recommandé de se baser sur l'anamnèse, l'examen clinique et les clichés radiographiques antérieurs éventuellement disponibles.

Recommandation 2 (réglementaire)

Selon les règles de radioprotection, il n'est pas recommandé de recourir au CBCT si les informations utiles sont apportées ou peuvent être apportées par la radiographie conventionnelle 2D moins irradiante (par ex, téléradiographie de profil et/ou panoramique) ou par des alternatives non irradiantes (par ex, modèle d'étude virtuel).

Recommandation 3 (réglementaire)

Si lors de l'examen clinique à visée orthodontique, un examen CBCT s'avère d'emblée nécessaire pour le diagnostic et la planification du traitement ou encore, si un examen CBCT récent est disponible, il n'est pas recommandé de réaliser des radiographies conventionnelles 2D ciblant le même champ d'examen que le CBCT.

Recommandation 4 (réglementaire)

Lorsque l'orthodontiste adresse son patient à un autre praticien pour l'examen CBCT, toutes les informations utiles, issues de l'examen clinique et de l'anamnèse et justifiant l'examen, doivent être transmises.

De même, le réalisateur de l'acte devra transmettre au prescripteur les images réalisées, idéalement dans le format natif (DICOM), accompagnées d'un compte-rendu qui devra intégrer toutes les données d'imagerie, leur interprétation ainsi que l'information utile à l'estimation de la dose reçue par le patient. Ces données seront conservées dans le dossier du patient.

Recommandation 5 (réglementaire)

Si le recours au CBCT est justifié, son utilisation devra être optimisée afin d'obtenir une dose d'irradiation aussi faible que possible et compatible avec la qualité d'image requise (voir recommandation 8).

Recommandation 6 (réglementaire)

Tout praticien utilisateur et responsable d'un équipement CBCT doit se conformer aux obligations réglementaires en termes de formation spécifique (adaptée au champ utilisé), d'installation, de contrôles d'ambiance et de contrôles techniques de radioprotection.

II. Comment évaluer et diminuer le risque lié aux radiations ?

Les résultats des études dosimétriques mettent en évidence que la dose efficace varie avec les paramètres biologiques (âge) et techniques (technologie des récepteurs, champ de vue, mAs, kV, et résolution).

La dose efficace est plus élevée chez l'enfant et est influencée par les protocoles retenus ; elle diminue avec une résolution plus basse et une réduction des paramètres d'exposition (kV, mA, temps de pose) et de la projection du nombre d'images.

Les résultats rapportés montrent que la taille du champ est un facteur déterminant.

Le port d'une protection de la thyroïde diminue la dose

Recommandation 7 (Grade B)

Avant de recourir à l'examen CBCT, il est recommandé d'évaluer le risque lié à l'irradiation en prenant en compte :

- les valeurs estimatives de dose efficace liées à un examen CBCT et/ou à la radiographie 2D conventionnelle (par ex, téléradiographie+ panoramique - voir tableau dosimétrie comparative p14),
- l'âge du patient sachant que le niveau relatif de risque est plus élevé chez le sujet jeune (risque multiplié par 2 ou 3),
- l'exposition potentielle préalable du patient à des radiations (historique des clichés, radiothérapie...).

Recommandation 8 (Grade B)

Afin de réduire le risque, il est recommandé de recourir à des protocoles optimisés avec :

- une réduction des paramètres techniques (kVp, mAs et temps de pose),
- une résolution et un champ de vue aussi petits que possible, compatibles avec la qualité d'image requise et centrés uniquement sur la zone intéressante à explorer.

Il est recommandé d'appliquer le concept : « Aussi bas qu'acceptable à des fins diagnostiques ».

Recommandation 9 (AE)

Le groupe d'experts recommande de prendre en compte les résultats à venir des études d'évaluation concernant les bénéfices des protocoles basse dose qui pourraient ultérieurement se substituer aux radiographies conventionnelles 2D (panoramique et/ou téléradiographies).

Recommandation 10 (Grade C)

Il est recommandé d'utiliser une protection de la thyroïde chez l'enfant et l'adolescent quand elle n'interfère pas avec le champ de diagnostic ciblé.

III. Quelles sont les indications pour lesquelles le recours au CBCT peut être justifié en orthodontie ?

III.1. Analyse Céphalométrique/ dysmorphoses et anomalies squelettiques

Les données dentaires issues d'un modèle en plâtre ou d'un modèle 3D numérique obtenu par scanner direct intraoral ou par CBCT sont comparables.

Les performances techniques du CBCT, fiabilité et reproductibilité des mesures linéaires et angulaires, précision et fiabilité dans l'identification des points de référence céphalométriques ont été mises en évidence dans les nombreuses études. L'efficacité technique pour l'analyse céphalométrique 3D est comparable à celle obtenue avec la radiographie 2D.

Les bénéfices cliniques en termes d'amélioration du diagnostic ou du plan de traitement n'ont pas été mis en évidence par les auteurs et, à ce jour, aucune méthode standardisée n'a été validée.

Les études montrent une bonne fiabilité des mesures obtenues avec le CBCT pour évaluer une fente labio-alvéolo-palatine et des structures telles que les canines et l'os alvéolaire adjacent à la fente, ainsi que pour planifier la prise en charge ortho-chirurgicale avec des greffes osseuses et en évaluer les résultats.

Toutefois, des données supplémentaires sont nécessaires pour déterminer les bénéfices thérapeutiques du CBCT.

Recommandation 11 (Grade C)

Pour un diagnostic orthodontique visant strictement à préciser les relations occlusales, le CBCT n'est pas recommandé pour le diagnostic et la planification du traitement. Le CBCT n'est pas justifié pour la réalisation sur patient de modèles d'études.

Recommandation 12 (Grade C)

A ce jour, le recours au CBCT ne saurait être recommandé pour une analyse céphalométrique en routine (voir recommandation 9).

Recommandation 13 (Grade C)

Le CBCT peut être recommandé, à la place du scanner plus irradiant, pour évaluer des dysmorphoses cranio-faciales afin d'optimiser une prise en charge ortho-chirurgicale et pour évaluer les résultats.

III.2. Expansion Maxillaire Rapide / Dysmorphose transversale

Les études identifiées montrent que l'efficacité technique du CBCT, en termes de précision et fiabilité des mesures linéaires et angulaires, est satisfaisante pour évaluer les dysmorphoses intermaxillaires transversales.

Le CBCT peut permettre de mieux orienter la décision thérapeutique en fonction du degré de maturation de la suture. Il présente un intérêt pour évaluer les résultats de l'EMR voire les effets indésirables au niveau de la suture palatine ainsi qu'au niveau alvéolodentaire et squelettique.

Recommandation 14 (Grade C)

Le CBCT ne saurait être recommandé en routine pour l'évaluation des dysmorphoses intermaxillaires transversales.

Cependant, afin de pallier les limitations de la téléradiographie 2D conventionnelle, dans des cas où une amélioration de la visualisation des structures est nécessaire afin de mieux orienter la décision thérapeutique, afin de planifier l'EMR ou l'expansion chirurgicale et d'en évaluer les résultats voire les effets indésirables, le CBCT peut être recommandé.

III.3. Evaluation des parois alvéolaires

Les études identifiées montrent que l'efficacité technique du CBCT est satisfaisante pour évaluer les dimensions osseuses alvéolaires ; toutefois, la précision varie avec la résolution utilisée et les données in vivo montrent un risque de surestimation des défauts osseux (déhiscences et fenestrations).

Aucun bénéfice thérapeutique n'a été mis en évidence.

Recommandation 15 (Grade C)

A ce jour, le CBCT ne saurait être recommandé pour évaluer les défauts des parois alvéolaires avant un traitement orthodontique.

III.4. Ancrage osseux temporaire

Les données de la littérature mettent en évidence une réduction du taux d'échecs (perforation, proximité radiculaire, absence d'intégration dans un os inadéquat) en recourant à une évaluation préalable à la pose des mini-vis, avec le CBCT.

Au niveau de la zone palatine antérieure paramédiane à 3-4 mm derrière le foramen incisif et latéralement à 3-9 mm de la suture médiane ainsi que dans la zone palatine à 12 mm du foramen et latéralement à 9-12 mm de la suture médiane palatine (qui fournissent une hauteur verticale osseuse suffisante pour l'insertion), le CBCT n'est pas indiqué en première intention.

Recommandation 16 (Grade C)

Préalablement à la pose d'une mini-vis, l'évaluation préopératoire avec le CBCT petit champ est recommandée si la radiographie de routine (rétro-alvéolaire et/ou téléradiographie de profil) a mis en évidence un risque de complications (proximité ou anatomie radiculaire pouvant entraîner une perforation) ou la probabilité d'un os inadéquat pour la stabilité de la vis.

Dans la zone palatine antérieure et paramédiane où le volume osseux est favorable, le CBCT est rarement recommandé.

III.5. Anomalies dentaires

Les études mettent en évidence les performances techniques du CBCT pour visualiser la position des dents incluses, des dents surnuméraires ainsi que pour visualiser des anomalies radiculaires, dilacération et résorption.

Des données ont montré que dans des cas d'inclusion de la canine, de résorption associée sur les dents voisines, l'amélioration de la précision diagnostique pouvait conduire à modifier le plan de traitement voire à améliorer les résultats de la chirurgie.

Recommandation 17 (Grade C)

Le recours au CBCT (petit champ) peut-être recommandé, dans les cas où des informations précises sur la position et la morphologie des dents incluses voire surnuméraires et sur le degré de résorption (inflammatoire et/ou de remplacement) des dents voisines sont nécessaires, afin d'optimiser le traitement et ses résultats.

III.6. Morphologie des voies aériennes /SAHOS

Les études ont montré que le ratio adénoïde-nasopharynx et les mesures linéaires (épine nasale postérieure à mur pharyngé postérieur) obtenues avec la téléradiographie de profil étaient corrélées avec les mesures de surface et volumétriques du nasopharynx obtenues avec le CBCT. Les mesures de la région oropharyngée étaient également fortement corrélées tandis qu'aucune corrélation n'a été observée pour la région hypopharyngée.

Des études supplémentaires sont nécessaires pour obtenir un modèle validé 3D des voies aériennes avec le CBCT.

Recommandation 18 (Grade C)

Le CBCT n'est pas recommandé pour une évaluation 3D à visée orthodontique des données volumétriques de la zone oropharyngée.

Il peut être recommandé, à la place du scanner, pour des patients ayant des SAHOS, afin d'optimiser des interventions chirurgicales spécifiques associées à un traitement orthodontique et pour en évaluer les résultats.

III.8. Pathologies de l'ATM

Les résultats des études mettent en évidence la précision diagnostique du CBCT pour révéler les atteintes osseuses de l'articulation temporo-mandibulaire. Toutefois, la fiabilité n'est pas encore optimale et en termes de performances diagnostiques, la spécificité est meilleure que la sensibilité. La taille des voxels ne semble pas influencer sur la précision diagnostique.

Le CBCT peut conduire à modifier les choix thérapeutiques issus de la radiographie 2D.

Recommandation 19 (Grade B)

Le CBCT en une seule incidence bouche fermée en occlusion, peut-être recommandé, à la place du scanner, afin de préciser le diagnostic de pathologies osseuses (et non des tissus mous) de l'ATM lorsque des signes cliniques le nécessitent.

ANNEXE I : RBP ET CBCT

Des recommandations de bonne pratique² ont abordé le champ d'application du CBCT en orthodontie : recommandations américaines spécifiques à l'orthodontie et recommandations européennes plus larges avec un chapitre dédié à l'orthodontie. Leur qualité méthodologique est reportée ci-dessous (tableau 15).

La British Orthodontic Society a réactualisé, en 2015, ses recommandations dédiées à la radiographie en orthodontie, en incorporant les recommandations européennes concernant le CBCT.

Tableau 15: Méthodologie des RBP

Auteur Année,	Titre	Recherche systématique de la littérature	Gradation	Groupe d'experts pluridisciplinaire	Lecture externe Validation externe
European Commission 2012	CBCT pour la radiologie dentaire et maxillo-faciale. Recommandations fondées sur les preuves	oui	oui	oui	oui
AAOMFR 2013	Recommandations cliniques concernant l'utilisation du CBCT en orthodontie. Consensus d'experts	oui	non	oui	non
SADMFR 2013	Recommandations concernant l'utilisation du CBCT en chirurgie maxillo-faciale, pathologies de l'ATM et orthodontie. Consensus d'experts	non	non	oui	oui

² American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. Clinical recommendations regarding use of cone beam computed tomography in orthodontics. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol 2013; 116: 238–57. doi: 10.1016/j.oooo.2013.06.002

I. METHODOLOGIE D'ELABORATION

Ces recommandations professionnelles ont été élaborées en s'appuyant sur plusieurs étapes :

- cadrage du thème avec le comité de pilotage ;
- phase de revue systématique de la littérature et synthèse critique des données identifiées ;
- rédaction de l'argumentaire / version initiale des recommandations, concises et gradées selon les niveaux de preuve identifiés ;
- soumission à un groupe pluridisciplinaire d'experts (odontologues, orthodontistes, ODMF, stomatologues) ; discussion et validation des recommandations proposées à l'issue de la réunion de travail ;
- phase de lecture externe avec un groupe de lecture pluridisciplinaire dont chaque membre rend un avis consultatif, à titre individuel ;
- finalisation et diffusion.

Ces recommandations sont donc basées sur l'analyse des données identifiées dans la littérature scientifique, sur l'avis d'experts réunis en groupe de travail et sur la consultation d'un groupe de lecture.

Pour rappel, les recommandations de bonne pratique (RBP) sont définies dans le champ de la santé comme des « propositions développées méthodiquement pour aider le praticien et le patient à rechercher les soins les plus appropriés dans des circonstances cliniques données ».

Les RBP sont des synthèses rigoureuses de l'état de l'art et des données de la science à un temps donné, décrites dans l'argumentaire scientifique. Elles ne sauraient dispenser le professionnel de santé de faire preuve de discernement dans la prise en charge du patient, qui doit être celle qu'il estime la plus appropriée, en fonction de ses propres constatations et des préférences des patients.

- Rédaction de l'argumentaire scientifique et des recommandations

La rédaction de l'argumentaire scientifique et des recommandations a été menée conformément au guide « Guide d'analyse de la littérature et gradation des recommandations. Paris: ANAES /HAS ; 2000 ».

Elle est basée sur une synthèse critique, concise et hiérarchisée de la littérature, avec mention des niveaux de preuve. En l'absence de littérature, les recommandations ne sont pas gradées mais fondées sur un accord professionnel (voir tableau grade des recommandations).

L'absence de gradation ne signifie pas que les recommandations ne sont pas pertinentes et utiles. Elle doit, en revanche, inciter à engager des études complémentaires.

European commission (2012) Radiation protection: cone beam CT for dental and maxillofacial radiology (evidence-based guidelines). SEDENTEXCT. Chapter 4. Justification and referral criteria. The developing dentition.

Swiss Association of Dentomaxillofacial Radiology. Guidelines for the use of CBCT in Oral and maxillofacial surgery, temporomandibular joint disorders and orthodontics. Swiss dental Journal vol 124: 1170–1183 (2014)

Isaacson, K. G., and A. R. Thom (4ème édition). 2015. Guidelines for the use of radiographs in clinical Orthodontics. British Orthodontic Society, London.

Grade des recommandations	
A	Preuve scientifique établie Fondée sur des études de fort niveau de preuve (niveau de preuve 1) : essais comparatifs randomisés de forte puissance et sans biais majeur ou méta-analyse d'essais comparatifs randomisés, analyse de décision basée sur des études bien menées
B	Présomption scientifique Fondée sur une présomption scientifique fournie par des études de niveau intermédiaire de preuve (niveau de preuve 2), comme des essais comparatifs randomisés de faible puissance, des études comparatives non randomisées bien menées, des études de cohorte
C	Faible niveau de preuve Fondée sur des études de moindre niveau de preuve, comme des études cas témoins (niveau de preuve 3), des études rétrospectives, des séries de cas, des études comparatives comportant des biais importants (niveau de preuve 4).
AE	Accord d'experts En l'absence d'études, les recommandations sont fondées sur un accord entre experts du groupe de travail, après consultation du groupe de lecture. L'absence de gradation ne signifie pas que les recommandations ne sont pas pertinentes et utiles. Elle doit, en revanche, inciter à engager des études complémentaires.

- Recherche documentaire

Les banques de données bibliographiques (PubMed, Embase, National Guideline Clearinghouse, Cochrane, BDSP (Banque de données en sante publique) ont été consultées ainsi que de très nombreux sites internet de différents organismes (autorités sanitaires et agences d'évaluation, sociétés savantes nationales et internationales etc.) de façon à identifier les rapports ou les recommandations de bonne pratique non publiés sur les bases automatisées de données bibliographiques.

La recherche a porté sur tout type de publication : méta-analyses, revues systématiques, ECR, études prospectives et rétrospectives. Elle a été limitée aux publications en langue anglaise et française, sur la période 2010-2016 (quelques études antérieures identifiées ont toutefois été également retenues). L'interrogation de la base de données Pubmed a été menée en utilisant soit des termes issus de thésaurus (descripteurs), soit des termes libres (du titre ou du résumé) combinés :

Les termes utilisés, combinés à l'aide des opérateurs « ET » « OU », étaient les suivants : "cone beam computed tomography"; "cone-beam" ; CBCT; "three-dimensional imaging"; "orthodontics"; "dentofacial orthopedics"; "cephalometry"; "planning"; "diagnostic"; "treatment"; "effective dose"; "dosimetry"; « radiation dosage » ; « guidelines », « position paper ». « clinical recommendation ».

Cette recherche a été complétée par les références citées dans les documents analysés.

- Groupe de travail

Le groupe de travail s'est réuni le 2 février 2017 ; il a été constitué de 14 experts (odontologues, orthodontistes (ODF, ODMF), stomatologues).

Préalablement à la réunion de travail, chaque professionnel a reçu, par voie électronique, la version initiale de l'argumentaire scientifique et la liste de propositions de recommandations. Les commentaires reçus préalablement à la réunion ont été pris en compte et intégrés dans le document provisoire.

Lors de la réunion, chaque membre a donné son avis sur le caractère approprié ou non de chacune des propositions de recommandations. Les points de vue basés sur l'expérience des participants ont été partagés et après discussion, un accord a été formalisé afin de finaliser les recommandations.

Après la réunion de travail, le document finalisé a été envoyé à tous les experts pour approbation avant validation.

- **Relecture externe**

Le texte a été soumis à un groupe de lecture. Les experts de ce groupe de lecture ont rendu un avis consultatif individuel, par voie électronique, à l'aide d'une grille de lecture globale permettant d'apprécier la qualité méthodologique et la validité scientifique des recommandations, ainsi que la lisibilité, la faisabilité et l'applicabilité du texte et à l'aide d'une grille de cotation, échelle numérique, graduée de 1 à 9 et plage de commentaires libres en regard de chaque recommandation formulée.

II. PARTICIPANTS

Comité de pilotage

Docteur Alain BERY. Administrateur FFO. Paris

Docteur Claude BOURDILLAT-MIKOL. Orthodontie - Paris

Docteur Jean-Michel FOUCART. Coordonnateur. Orthodontie - Imagerie. Paris

Docteur Jean Baptiste KERBRAT. Président SMODMF. Rouen

Docteur Françoise SAINT-PIERRE. Méthodologie. Paris

Docteur Olivier SOREL. Président SFODF. Rennes

Groupe de travail

Docteur Claude BOURDILLAT-MIKOL. Orthodontie - Paris

Docteur Romain De PAPÉ. Orthodontie - Strasbourg

Docteur Rufino FELIZARDO. Odontologie-Imagerie - Paris

Docteur Jean-Michel FOUCART. Orthodontie - Imagerie - Paris

Docteur Sandrine HERMER. Orthodontie - Compiègne

Docteur Jean-Baptiste KERBRAT. Chirurgie Maxillo-Faciale et Orthopédie Dento-Maxillo-Faciale. - Rouen

Docteur Guillaume LECOCQ. Orthodontie - Valenciennes

Docteur Yassine MESSAOUDI. Orthodontie - Lyon

Docteur Claire PERNIER. Orthodontie - Lyon

Docteur Stéphane RENGER. Orthodontie - Saint-Louis

Docteur Patrick ROUAS. Odontologie-Pédodontie - Bordeaux

Docteur Françoise SAINT-PIERRE. Méthodologie. Paris

Docteur Marc STEVE. Chirurgie Maxillo-Faciale et Orthopédie Dento-Maxillo-Faciale. - Paris

Docteur Bertrand SZUSTAKIEWICZ. Orthodontie- Limoges

Groupe de lecture

Docteur Eric ALLOUCH. Orthodontie. Levallois-Perret

Docteur Philippe AMAT. Orthodontie. La Mans

Docteur Guillaume BIDANGE. Orthodontie. Bollene

Docteur Benoit BROCHERY. Odontologie. Implantologie. Paris

Docteur Christian CHAROUSSET. Radiologie. Paris

Docteur Augustin CHAVANNE. Orthodontie. Paris

Docteur Géraldine CLEDES. Orthodontie. Nogent sur Marne

Docteur François DARQUE. Orthodontie. Bordeaux

Docteur Pascal GARREC. Orthodontie. Paris

Docteur Stéphanie GUILLEMARD KOCH. Orthodontie. Saint-Julien Les Metz

Docteur Stéphane KERNER. Odontologie-Parodontologie. Paris

Docteur Stéphane LANGANAY. Orthodontie- Le Mesnil Esnard

Docteur Sophie LECOCQ TEIXEIRA. Radiologie. Jarville La Malgrange

Docteur Leonardo MATOSSIAN. Orthodontie. Melun

Docteur Sophie MAUPILE. Odontologie-Pédodontie. Paris

Docteur Laurent PETITPAS. Orthodontie. Pont à Mousson

Aucun expert n'a déclaré de conflits d'intérêts en rapport avec le thème des recommandations.

