



HAL
open science

Le rôle du chirurgien-dentiste dans le dépistage de l'ostéoporose

Emma Maréchal

► **To cite this version:**

Emma Maréchal. Le rôle du chirurgien-dentiste dans le dépistage de l'ostéoporose. Sciences du Vivant [q-bio]. 2024. dumas-04651489

HAL Id: dumas-04651489

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04651489v1>

Submitted on 17 Jul 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

AVERTISSEMENT

Cette thèse d'exercice est le fruit d'un travail approuvé par le jury de soutenance et réalisé dans le but d'obtenir le diplôme d'État de docteur en chirurgie dentaire. Ce document est mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt toute poursuite pénale.

UNIVERSITÉ PARIS CITÉ

FACULTÉ DE SANTÉ

UFR D'ODONTOLOGIE

Année 2024

N° D037

THÈSE

POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le : 5 mars 2024

Par

Emma MARECHAL

Le rôle du chirurgien-dentiste dans le dépistage de l'ostéoporose

Dirigée par Mme le Docteur Françoise Tilotta

JURY

M. le Professeur Louis Maman

Président

Mme le Professeur Marysette Folliguet

Assesseur

Mme le Docteur Françoise Tilotta

Assesseur

M. le Docteur Hadrien Levayer

Assesseur



L'auteur s'engage à respecter les droits des tiers, et notamment les droits de propriété intellectuelle. Dans l'hypothèse où la thèse d'exercice comporterait des éléments protégés par un droit quelconque, l'auteur doit solliciter les autorisations nécessaires à leur utilisation, leur reproduction et leur représentation, auprès du ou des titulaires des droits. Le droit de citations doit s'exercer avec rigueur et discernement. Certaines citations peuvent comporter un extrait textuel de la source. Cet extrait textuel doit être relativement court (une quinzaine de lignes tout au plus), mis entre guillemets ou clairement séparé du corps du texte et bien évidemment référencé en citation. En ce qui concerne la citation sans extrait textuel (mention d'idées ou concepts originaux, données chiffrées, figures, etc.), il faut également en citer la source. Toute figure, tableau, graphique reproduit doit également être accompagné de la citation de la source. L'auteur est responsable du contenu de sa thèse d'exercice. Il garantit l'Université contre tout recours. Elle ne pourra en aucun cas être tenue responsable de l'atteinte aux droits d'un tiers.

Emma MARECHAL

Tableau des enseignants de l'UFR d'Odontologie

DÉPARTEMENTS	DISCIPLINES	PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS	MAÎTRES DE CONFÉRENCES
1. DÉVELOPPEMENT, CROISSANCE ET PRÉVENTION	ODONTOLOGIE PÉDIATRIQUE	Mme M. Molla-AUJAY DE LA DURE Mme É. DURSUN Mme S. VITAL	M. P.-J. BERAT (MCU associé) Mme A.-L. BONNET M. F. COURSON Mme A. VANDERZWALM
	ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE	Mme E. LE NORCY	M. G. DOT M. C. DUNGLAS M. P. GARREC Mme A. KAMOUN Mme B. VI-FANE
	PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ ET ODONTOLOGIE LÉGALE	Mme S. AZOGUI-LEVY M. P. PIRNAY	Mme A. GERMA Mme V. SMAÏL-FAUGERON Mme A. TENENBAUM
2. CHIRURGIE ORALE, PARODONTOLOGIE, BIOLOGIE ORALE	PARODONTOLOGIE	Mme F. ANAGNOSTOU M. M. BIOSSE DUPLAN Mme M. C. CARRA Mme M.-L. COLOMBIER Mme M. GOSSET	M. A. BRUN M. D. GUEZ M. S. KERNER
	CHIRURGIE ORALE	Mme G. LESCAILLE M. L. MAMAN Mme L. RADOŇ M. N. MOREAU	Mme V. BAAROUN M. B. COURRIER Mme A.-L. EJEIL M. F. FERRÉ M. F. GAULTIER M. T. NGUYEN Mme J. ROCHEFORT M. L. SICARD Mme I. TAÏHI M. H. TARRAGANO
	BIOLOGIE ORALE	Mme C. BARDET (PU) Mme A. BERDAL Mme C. CHAUSSAIN M. V. DESCROIX M. B. FOURNIER M. B. GOGLY Mme S. SÉGUIER	Mme C. ANDRIQUE (MCU associée) M. C.-D. ARRETO M. J. BOUCHET (MCF) Mme H. CHARDIN M. P. COLLIN Mme M.-H. COTTET Mme A. COUDERT (MCF) Mme C. GORIN Mme S. HOUARI-MEJRI Mme J. ISAAC (MCF) M. O. LE MAY M. G. LIGNON (MCU associé) M. A. NASSIF Mme N. NOWWAROTE (MCU associé) M. B. PAIVA DOS SANTOS (MCF)
3. RÉHABILITATION ORALE (DÉBUT)	DENTISTERIE RESTAURATRICE ENDODONTIE	Mme T. BOUKPESSI M. P. COLON Mme C. GAUCHER	Mme F. BERÈS Mme C. BESNAULT Mme A.-M. COLLIGNON M. F. DECUP Mme A. HARTMANN Mme K. JEDEON M. G. KUHN Mme C. MESGOUÉZ-MENEZ Mme C. MOCQUOT Mme N. PRADELLE PLASSE Mme M. ZANINI

DÉPARTEMENTS	DISCIPLINES	PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS	MAÎTRES DE CONFÉRENCES
3. RÉHABILITATION ORALE (SUITE)	PROTHÈSES	Mme M.-V. BERTERETCHE Mme A. BRAUD M. O. FROMENTIN M. C. RIGNON-BRET M. B. TAVERNIER Mme C. WULFMAN	M. J.-M. CHEYLAN Mme H. CITTERIO Mme M.-J. CRENN M. M. DAAS M. D. DOT M. L. DUPAGNE (MCU associé) M. N. EID M. S. ESCURE Mme I. FOUILLOUX Mme L. FRIEDLANDER M. P. GATEAU M. D. MAURICE M. P. MOULIN M. P. RENAULT Mme É. SARFATI M. J.-E. SOFFER M. P. TRAMBA
	FONCTION-DYSFONCTION, IMAGERIE, BIOMATÉRIAUX	M. Y. BOUCHER Mme L. JORDAN M. J.-F. N'GUYEN M. B. SALMON	M. J.-P. ATTAL M. C. AZEVEDO Mme R. BENBELAÏD Mme A. BENOÎT A LA GUILLAUME (MCF) Mme J. BOSCO M. D. BOUTER M. M. CHERRUAU M. R. FELIZARDO M. P. FRANÇOIS Mme F. MANGIONE M. A. PORPORATI (MCU associé) Mme F. TILOTTA
PROFESSEURS ÉMÉRITES		M. P. BOUCHARD Mme M.-L. BOY-LEFÈVRE Mme M. FOLLIGUET Mme M. WOLIKOW M. R. GARCIA M. J.-J. LASFARGUES M. A. LAUTROU M. G. LEVY	M. B. PELLAT Mme A. POLIARD M. J.-L. SAFFAR

Liste mise à jour le 08 décembre 2023

Remerciements

À M. le Professeur Louis Maman ; Docteur en Chirurgie dentaire ; Spécialiste qualifié en Chirurgie orale ; Docteur en Sciences odontologiques ; Habilité à Diriger des Recherches ; Professeur des Universités, UFR d'Odontologie - Université Paris Cité ; Praticien Hospitalier, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris ; Doyen honoraire de l'Université Paris Cité ;

Qui me fait l'honneur de présider cette thèse d'exercice.

Veillez trouver ici l'expression de ma gratitude et de mon estime la plus sincère.

À Mme le Professeur Marysette Folliguet ; Chevalier de l'ordre national de la Légion d'honneur ; Officier de l'ordre des palmes académiques ; Professeur émérite ;

Qui me fait l'honneur de participer au jury de cette thèse d'exercice.

Veillez trouver ici l'expression de ma gratitude et de mon estime la plus sincère.

À Mme le Docteur Françoise Tilotta ; Docteur en Chirurgie dentaire ; Docteur de l'Université Paris Descartes ; Maître de Conférences des Universités, UFR d'Odontologie - Université Paris Cité ; Praticien Hospitalier, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris ;

Qui me fait l'honneur de participer au jury de cette thèse.

Je vous remercie d'avoir eu la gentillesse de la diriger et de me guider à travers ce sujet. Ce fut un privilège de travailler sous votre direction. Merci infiniment pour votre précieux accompagnement tout au long de ma thèse. Vos conseils, vos relectures et votre bienveillance ont été essentiels pour la réussite de ce projet.

Veillez trouver ici l'expression de ma gratitude et de mon estime la plus sincère.

À M. le Docteur Hadrien Le Vayer ; Docteur en Chirurgie dentaire ; Chef de Clinique des Universités - Assistant des Hôpitaux, UFR d'Odontologie - Université Paris Cité ;

Qui me fait l'honneur de participer au jury de cette thèse d'exercice.

Veillez trouver ici l'expression de ma gratitude et de mon estime la plus sincère.

Résumé et indexation en français et anglais

Résumé :

Ce travail de thèse met en lumière le rôle du chirurgien-dentiste dans le dépistage de l'ostéoporose au moyen d'aides radiologiques et cliniques. L'ostéoporose est une maladie systémique, progressive et diffuse du squelette, caractérisée par une densité osseuse diminuée et une détérioration de la microarchitecture du tissu osseux, responsables d'une fragilité osseuse. En raison du risque fracturaire qui lui est associé, elle est considérée comme une maladie ayant un très gros impact sur la qualité de vie. Certaines études ont montré une corrélation positive entre la densité minérale osseuse mandibulaire et systémique. Ces résultats évoquent le rôle que pourrait jouer le chirurgien-dentiste dans la prévention, le repérage et la prise en charge de l'ostéoporose. Notre thèse a été divisée en trois grandes parties. Nous commencerons par détailler l'ostéoporose, puis nous évoquerons les conséquences de l'ostéoporose sur la cavité buccale et enfin nous terminerons par le rôle du chirurgien-dentiste dans le dépistage et la prise en charge de cette maladie.

Discipline ou spécialité :

Anatomie dentaire

Mots clés français (fMeSH et Rameau) :

fMeSH : Densité osseuse ; Fractures mandibulaires

Rameau : Ostéoporose -- Complications (médecine) ; Radiodiagnostic

Forme ou Genre :

fMeSH : Dissertation universitaire

Rameau : Thèses et écrits académiques

Title : The role of the dentist in the detection of osteoporosis

Abstract :

This research highlights the role of the dental surgeon in the detection of osteoporosis using radiological and clinical aids. Osteoporosis is a systemic, progressive and diffuse disease of the skeleton, characterized by reduced bone density and a degradation of the microarchitecture of bone tissue, responsible for bone fragility. Due to the risk of fracture associated with it, it is considered a disease having a very big impact on quality of life. Some studies have shown a positive correlation between mandibular and systemic bone mineral density. These results suggest the role that the dental surgeon could play in the prevention, detection and management of osteoporosis. Our these have been divided into three main parts.

Branch or specialty :

Dental Anatomy

English keywords (MeSH) :

Bone Density ; Mandibular Fractures

Publication type (MeSH) :

Academic Dissertation

Liste des abréviations

- DMO : Densité Minérale Osseuse
- DXA : Dual energy X-ray Absorptiometry)
- FRAX : Fracture Risk Assessment Tool
- ICM : Indice Cortical Mandibulaire
- IK : Indice de Klemetti
- IM : Indice Mentonnier
- IMC : Indice de Masse Corporelle
- IMP : Indice Mandibulaire Panoramique
- IOF : Fondation Internationale de l'Ostéoporose
- LCM : Largeur Corticale Mandibulaire
- OMS : Organisation Mondiale de la Santé
- OR : Odds ratio
- OST : outil d'Auto-Evaluation de l'Ostéoporose
- QCT : Quantitative Computed Tomography
- SERM : Modulateurs Sélectifs des Récepteurs aux Oestrogènes
- VPP : Valeur Prédictive Positive
- VPN : Valeur Prédictive Négative

Table des matières

INTRODUCTION2

1 : L'OSTEOPOROSE3

1.1 DEFINITION

1.2 DIAGNOSTIC

1.3 COMPLICATION DE L'OSTEOPOROSE

1.4 FACTEURS DE RISQUE DE L'OSTEOPOROSE

1.4.1 L'âge

1.4.2 Le genre

1.4.3 Autres facteurs de risque

2 : CONSEQUENCE DE L'OSTEOPOROSE SUR LA CAVITE BUCCALE11

2.1 LA PARODONTITE

2.1.1 Définition

2.1.2 Facteurs de risque communs

2.1.3 Etude de la corrélation entre l'ostéoporose et la maladie parodontale

2.2 LA STRUCTURE DE L'OS MANDIBULAIRE

2.2.1 Architecture osseuse de l'os mandibulaire

2.2.2 Conséquence de l'ostéoporose sur le tissu osseux mandibulaire

3 : LE ROLE DU CHIRURGIEN-DENTISTE19

3.1 LE ROLE DU CHIRURGIEN-DENTISTE DANS LE DEPISTAGE DE L'OSTEOPOROSE

3.1.1 Le questionnaire médical

3.1.2 Evaluation clinique de la maladie parodontale

3.1.3 Signe radiologique de la maladie parodontale

3.1.4 Le diagnostic différentiel

3.2 LA PRISE EN CHARGE D'UN PATIENT OSTÉOPOROTIQUE

CONCLUSION34

BIBLIOGRAPHIE35

TABLE DES FIGURES40

TABLE DES TABLEAUX41

Introduction

L'ostéoporose est définie par l'Organisation Mondiale de la Santé comme une maladie généralisée du squelette atteignant la microarchitecture et la densité osseuse et prédisposant au risque de fracture. D'après la Caisse d'Assurance Maladie, en 2013, 177 000 personnes de plus de 50 ans ont été hospitalisées en France pour une fracture ostéoporotique. Certaines fractures sévères, comme les fractures de l'extrémité supérieure du fémur ou des vertèbres, ont des conséquences graves, parfois responsables d'une dépendance et d'une augmentation de la mortalité.

Le diagnostic d'ostéoporose reste cependant complexe et il associe des éléments cliniques (perte de taille, pathologie osseuse métabolique, médicaments inducteurs de perte osseuse, etc.), des données biologiques et une mesure de densité minérale osseuse (DMO) périphérique.

Le repérage précoce de l'ostéoporose et la prévention du risque fracturaire constituent donc des enjeux majeurs de santé publique.

Chez l'humain, de nombreux travaux transversaux ont retrouvé une corrélation positive entre la DMO périphérique et la DMO mandibulaire estimée sur des clichés radiologiques dentaires (rétro-alvéolaires ou panoramique) (1).

L'objectif de cette thèse est donc de définir le rôle du chirurgien-dentiste dans la prévention de l'ostéoporose et dans le repérage et la prise en charge des patients ostéoporotiques.

Pour cela, après avoir rappelé les éléments diagnostiques, les complications et les facteurs de risque de l'ostéoporose, notre approche consistera à décrire et analyser, par le biais de différentes études cliniques, les manifestations orales cliniques et radiologiques de l'ostéoporose.

Enfin, nous montrerons que les examens cliniques et radiologiques de routine réalisés par le chirurgien-dentiste peuvent permettre de repérer cette maladie et contribuer à l'orientation précoce de ces patients pour une prise en charge optimisée.

1 : L'ostéoporose

1.1 Définition

L'ostéoporose est définie par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) comme une maladie systémique, progressive et diffuse du squelette, caractérisée par une densité osseuse diminuée et une détérioration de la microarchitecture du tissu osseux, responsables d'une fragilité osseuse et donc d'un risque de fracture.

L'ostéopénie correspond à la phase précoce de fragilité osseuse qui précède l'ostéoporose. La densité minérale osseuse commence à diminuer, mais reste à un niveau suffisamment élevé pour ne pas atteindre le seuil de diagnostic de l'ostéoporose.

La prévalence de l'ostéoporose dans le monde est de 18% et elle atteint 23% chez les femmes (2).

En raison du risque fracturaire qui lui est associé, elle est considérée comme une maladie ayant un très gros impact sur la qualité de vie, tant sur le plan fonctionnel que social. Sa gravité, son évolution et son pronostic varient d'un patient à l'autre.

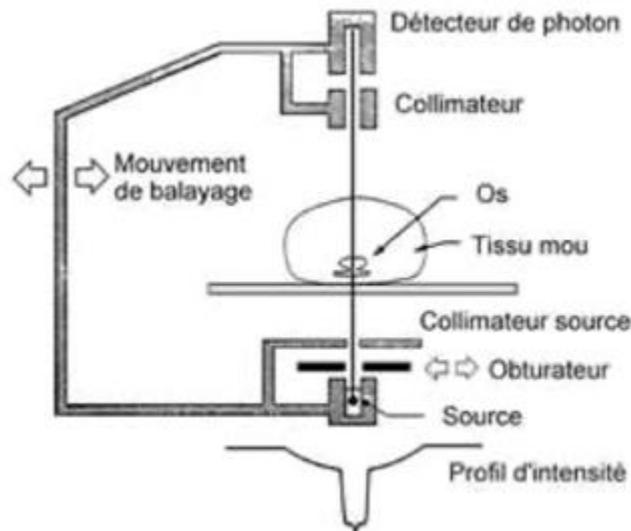
1.2 Diagnostic

1.2.1 Ostéodensitométrie biphotonique ou DXA (Dual energy X-ray Absorptiometry)

La densitométrie par absorptiométrie biphotonique à rayons X est la technique de référence actuelle pour mesurer la densité minérale osseuse et poser le diagnostic de l'ostéoporose (3). C'est un examen simple, rapide, non invasif et peu coûteux. Elle est la méthode la mieux développée sur le plan technique et la mieux validée sur le plan clinique (OMS, 2003).

L'ostéodensitométrie par absorptiométrie biphotonique à rayons X consiste à faire passer deux faisceaux de rayons X de différentes énergies à travers le corps du patient. Ces faisceaux traversent les tissus mous et sont absorbés différemment par l'os en fonction de sa densité minérale. Un détecteur positionné de l'autre côté du patient mesure l'intensité des rayons X qui ont traversé le corps. Cette technique repose donc sur la mesure de l'atténuation des rayons X par le corps humain. Elle fournit une valeur proportionnelle au contenu minéral osseux du segment analysé (4).

Figure 1 : Schéma de l'absorption biphotonique à rayon X



Source : Périard, « L'ostéodensitométrie aux photons rayons X et gamma pour le diagnostique clinique »

Les appareils de DXA mesurent le contenu minéral osseux (hydroxyapatite) rapporté à une surface. La densité surfacique mesurée est exprimée en g/cm^2 .

La dose de rayonnement reçue par le patient est faible, de l'ordre de 5 à 20 μSv par examen. La reproductibilité varie de 1 à 2 % selon le site mesuré (ANAES, 2000).

Les sites osseux explorés sont généralement le rachis lombaire, l'extrémité supérieure du fémur ou le poignet. La mesure doit être effectuée sur deux sites différents.

L'examen est rapide, généralement réalisé en quelques minutes.

Le résultat est présenté sous la forme d'un graphique indiquant la densité minérale osseuse. Il est exprimé sous forme de valeur numérique par le T-score ou le Z-score :

- Le T-score compare la valeur de DMO mesurée chez un individu donné à la valeur moyenne de la population normale jeune de même ethnie et de même sexe. Il est exprimé en déviation standard (*standard deviation SD*) par rapport à la moyenne de la population de référence.
- Le Z-score compare la valeur de la DMO mesurée chez un individu donné à la valeur moyenne de la population normale de mêmes âge, sexe et ethnie. La valeur moyenne du Z-score est égale à 0. Il est exprimé en valeur d'écart-type par rapport à la moyenne.

Les catégories diagnostiques de la classification réalisée par l'OMS en 1994 ont été élaborées à partir de valeurs obtenues chez des femmes ménopausées majoritairement caucasiennes.

Le T-score est utilisé par l'OMS pour évaluer le degré d'ostéoporose chez la femme ménopausée et le classer selon quatre catégories (4, 5) (Figures 2 et 3) :

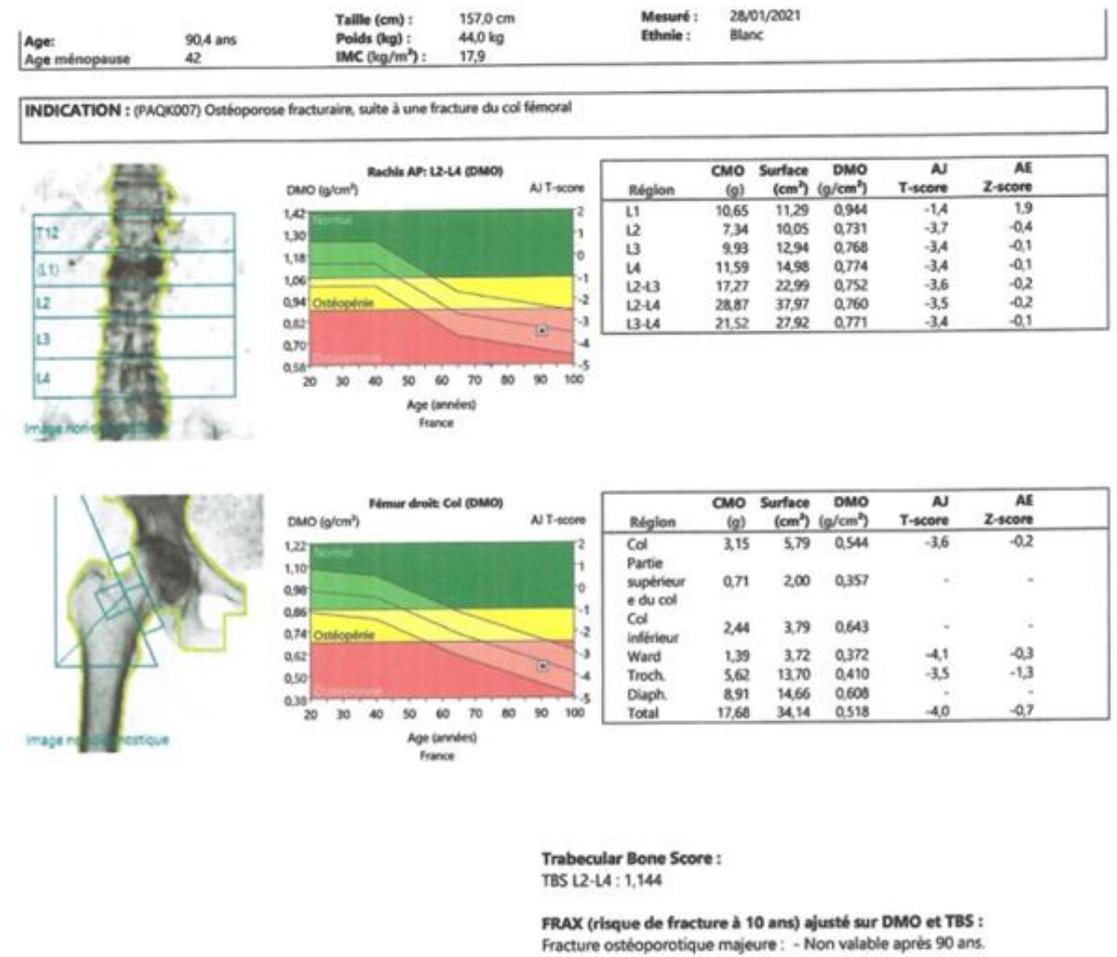
- T-Score > -1 : densité normale
- 2,5 < T-Score ≤ -1 : ostéopénie
- T-Score ≤ -2,5 : ostéoporose
- T-Score ≤ -2,5 et fracture(s) : ostéoporose sévère

Figure 2 : le T-score

T-Score supérieur à -1	Densité normale
T-Score compris entre -1 et -2,5	Ostéopénie
T-Score inférieur à -2,5	Ostéoporose
T-Score inférieur à -2,5 et antécédent de fracture	Ostéoporose sévère

Source : UCB Cares, Ostéoporose, 2024.

Figure 3 : Exemple de compte-rendu d'ostéodensitométrie. Femme de 90 ans présentant une importante ostéoporose densitométrique associée à des antécédents de fractures multiples



Source : Dr Tilotta, Cas clinique.

D'autres techniques telles que la tomодensitométrie quantitative ou l'ostéodensitométrie ultrasonore peuvent également être utilisées pour mesurer la DMO (6).

1.2.2 La tomодensitométrie quantitative ou Quantitative Computed Tomography (QCT)

Cette technique est basée sur l'utilisation d'un scanner classique équipé d'un organe d'étalonnage. Contrairement à l'absorptiométrie biphotonique à rayons X qui mesure la densité osseuse en surface, le QCT permet d'obtenir une mesure volumique de la DMO. La mesure est généralement effectuée au niveau de la colonne vertébrale ou du bassin puis comparée à des valeurs de référence calculées en fonction de l'âge du sujet.

Le QCT permet une mesure plus précise de la densité osseuse que le DXA, car il prend en compte à la fois la densité minérale et le volume réel de l'os. Cela peut être particulièrement utile dans des situations où la densité osseuse est affectée par des facteurs tels que la taille ou la forme des os. Le QCT apparaît plus sensible que le DXA pour la détection de l'ostéoporose (7). Par ailleurs, cette mesure est la seule capable de fournir une véritable densité, exprimée en unité de volume. Cependant, le résultat obtenu est très influencé par certains paramètres indépendants de l'ostéoporose tels que l'évolution graisseuse de la moelle osseuse vertébrale constatée lors du vieillissement. L'utilisation d'appareils à double énergie permet de pallier ce défaut (7). Autre inconvénient, les courbes de référence ne sont pas validées et la définition de l'ostéoporose basée sur les T et Z-scores ne peut en toute rigueur pas s'appliquer. Enfin, le QCT est moins largement disponible, plus coûteux et associé à une dose de rayonnement nettement plus élevée, plus de 100 fois supérieure à celle délivrée par l'absorptiométrie (8). Pour toutes ces raisons, la mesure de la DMO par QCT est actuellement réservée aux centres de recherche (9).

1.2.3 Mesure de la densité osseuse par ultrasons

La mesure de la DMO par ultrasons a été développée en raison des possibilités qu'offre cette technique, d'explorer des paramètres osseux non quantitatifs. Ces analyses sont faciles à réaliser, économiques, peuvent être effectuées facilement grâce à la portabilité des appareils et n'utilisent pas de radiations ionisantes. Les principales mesures validées sont celles obtenues au niveau du calcaneum (10, 11). Le signal ultrasonore utilisé a une fréquence basse de 200 à 600 kHz. Par comparaison, la fréquence du signal utilisé en obstétrique est supérieure à 1 MHz.

L'atténuation du signal peut refléter à la fois la densité et l'architecture de l'os. La vitesse du signal traduit la densité et des propriétés biomécaniques comme l'élasticité (12).

Il n'existe pas de seuil diagnostique de l'ostéoporose pour les mesures par ultrasons. La sensibilité aux changements est faible, et le suivi de la maladie et de son traitement n'est pas possible.

1.3 Complication de l'ostéoporose

La principale conséquence de l'ostéoporose est la survenue de fractures en raison de la fragilité osseuse. Aujourd'hui, il est estimé que 40 % des femmes de plus de 50 ans connaîtront au moins une fracture au cours de leur vie. Après l'âge de 80 ans, 70 % des femmes souffrent d'ostéoporose et 60 % d'entre elles ont eu une ou plusieurs fractures. Ces données font du dépistage et de la prise en charge

de l'ostéoporose un problème majeur de santé publique, d'autant plus que le coût hospitalier annuel de cette maladie est estimé à 600 millions d'euros (6, 13).

Chaque année en France, on enregistre 50 000 fractures de l'extrémité supérieure du fémur. Ces fractures entraînent une morbidité et une mortalité élevées, provoquant une perte d'autonomie chez environ 15 % des personnes âgées, avec un risque de décès 2 à 4 fois plus élevé par rapport à la population générale au cours de l'année suivante.

L'incidence des fractures vertébrales est difficile à évaluer en raison du grand nombre de fractures asymptomatiques et du fait qu'un grand nombre d'entre elles passent inaperçues. La fréquence des fractures vertébrales augmente avec l'âge, passant de 5,5 par 1 000 habitants et par an chez les femmes de 55 à 59 ans à 29,3 chez les femmes de 75 à 79 ans. Ces fractures ont un impact significatif, provoquant des douleurs chroniques, une perte de taille, une cyphose et, de manière générale, une diminution de la qualité de vie. Bien que moins graves que les fractures de l'extrémité supérieure du fémur, elles témoignent néanmoins d'une réelle fragilité osseuse, avec un risque 2,8 fois plus élevé de voir survenir une nouvelle fracture (14).

L'épidémiologie des fractures liées à la fragilité s'intéresse également aux chutes, en particulier chez les personnes âgées, étant donné leur contribution au risque de fracture. Les chutes surviennent chez un tiers des individus de plus de 65 ans, et 5 % d'entre elles conduisent à une fracture (14). Il est donc essentiel d'identifier les facteurs de risque et de mettre en place des mesures de prévention des chutes dans le cadre d'une stratégie visant à réduire l'incidence des fractures.

Le risque fracturaire individuel peut être déterminé par l'outil « FRAX® » (Fracture Risk Assessment Tool), publié en 2008 par John Kanis et un groupe d'épidémiologistes (15). Cet algorithme a été développé par l'OMS à partir de douze cohortes de population et est validé dans de nombreux pays, dont la France. Il est accessible en ligne à tous (www.shef.ac.uk/FRAX). Il permet de calculer, chez les femmes et les hommes âgés de 40 à 90 ans, le risque individuel de fracture dans les 10 prochaines années en se basant sur les facteurs de risque suivants : âge, indice de masse corporelle, antécédent personnel de fracture, antécédent parental de fracture de l'extrémité supérieure du fémur, consommation de tabac en cours, traitement par corticoïdes, polyarthrite rhumatoïde, consommation excessive d'alcool et densité osseuse mesurée au col fémoral.

Le résultat est une probabilité de fracture ostéoporotique majeure à 10 ans, c'est-à-dire de l'extrémité supérieure du fémur, d'une vertèbre, du poignet ou de l'épaule.

Cependant, le FRAX a ses limites :

- Il ne prend pas en compte l'effet dose de certains facteurs de risque : « traitement par corticoïdes » ou « antécédent personnel de fracture » sont des items binaires : oui ou non. Or il est évident que la dose et la durée du traitement par corticoïdes influent sur le risque.
- Il ne prend en compte qu'un seul site de mesure, l'extrémité supérieure du fémur, et non le rachis lombaire, où la DMO mesurée est souvent plus basse chez les femmes ménopausées les plus jeunes, ainsi qu'en cas d'ostéoporose cortisonique.

En raison de ces limites, il ne doit pas être utilisé dans certaines situations où la décision thérapeutique est évidente comme chez le patient ayant une ou plusieurs fracture(s) ostéoporotique(s), traité par corticoïdes, et ayant un T score très bas $\leq -3,5$.

1.4 Facteurs de risque de l'ostéoporose

L'ostéoporose est une maladie inflammatoire multifactorielle dont les principaux facteurs de risque sont :

1.4.1 L'âge

L'âge est un facteur de risque indépendant pour l'ostéoporose et le risque fracturaire, avec un risque de fracture ostéoporotique chez la femme doublé à chaque décennie à partir de la ménopause (16). À partir de 40 ans, il existe une perte osseuse minimale chez les deux sexes, prédominant au niveau de l'os trabéculaire, d'environ 3 % tous les dix ans. À la ménopause, la perte osseuse s'accélère en raison de la carence oestrogénique avec une perte initiale rapide de l'ordre de 2 % par an pendant une dizaine d'années. La perte osseuse devient ensuite plus lente, pour à nouveau s'accélérer après 75 ans. En moyenne, la perte osseuse trabéculaire chez la femme entre 20 et 80 ans est de 40 % et de 25 % chez l'homme du même âge (17).

Le vieillissement n'est pas la seule cause de la diminution de la DMO caractérisant l'ostéoporose et les fractures qui en résultent.

1.4.2 Le genre

On distingue habituellement l'ostéoporose primitive, plus fréquente chez la femme, des ostéoporoses secondaires induites par certaines pathologies ou certains traitements, plus fréquentes chez l'homme (18). L'ostéoporose primitive est deux à trois fois plus fréquente chez la femme en raison de la privation hormonale post-ménopausique. En effet, les oestrogènes contrôlent le remodelage osseux en

diminuant la résorption osseuse et en augmentant l'ostéogénèse. Chez l'homme, l'ostéoporose primitive survient à un âge plus avancé.

1.4.3 Autres facteurs de risque

En plus de l'âge et du sexe féminin, la Fondation Internationale pour l'Ostéoporose (IOF) a identifié plusieurs facteurs de risque d'ostéoporose et de fractures chez les femmes ménopausées (19):

- La carence oestrogénique, consécutive à la ménopause
- Des facteurs génétiques tels que les antécédents familiaux de fractures ostéoporotiques
- Des facteurs nutritionnels tels qu'un indice de masse corporelle (IMC) inférieur à 19, un faible apport en calcium ou une carence en vitamine D
- Des facteurs environnementaux tels que la consommation de tabac ou d'alcool ou encore la sédentarité
- La survenue d'un premier évènement fracturaire ou d'un tassement vertébral
- Un traitement par corticoïdes pendant une durée supérieure à trois mois
- Certaines pathologies telles que la polyarthrite rhumatoïde, l'hyperthyroïdie, l'hyperparathyroïdie, l'hypercorticisme (production anormalement élevée de cortisol par les glandes cortico-surrénales)
- Un mauvais état de santé général.

Pour Reddy et al, les principaux facteurs de risque d'ostéoporose et de fractures associées chez les femmes ménopausées caucasiennes sont les suivants (20):

- Antécédents de fracture chez un parent
- Antécédents personnels de fracture à l'âge adulte
- Corticothérapie orale d'une durée supérieure à trois mois
- Tabagisme
- Faible indice de masse corporelle.

2 : Conséquence de l'ostéoporose sur la cavité buccale

2.1 La parodontite

2.1.1 Définition

La parodontite est une maladie inflammatoire chronique multifactorielle qui affecte les tissus parodontaux. D'un point de vue physiopathologique, la parodontite correspond à une perte d'attache : on observe une destruction de l'attache des fibres de collagène au ciment entraînant une migration apicale de l'épithélium de jonction. Les événements inflammatoires associés à la perte d'attache du tissu conjonctif conduisent également à la résorption de l'os alvéolaire supportant les dents et à la formation de poches parodontales (21).

La résorption de l'os alvéolaire peut être responsable, à terme, de la perte des dents.

La parodontite est un problème de santé publique. Selon la Global Burden Disease Study (2015), la prévalence des maladies parodontales a augmenté de 25,4 % entre 2005 et 2015 et le coût mondial a été estimé à 442 milliards USD (22). En France, Bourgeois et al estiment que environ 50 % de la population française est atteinte de parodontite (23). Passé 50 ans, il s'agit de la première cause de perte des dents. Par ailleurs, cette même étude estime que seulement 25 % de la population atteinte de parodontite a reçu un traitement adapté.

2.1.2 Facteurs de risque communs

L'ostéoporose et la parodontite sont des affections complexes et multifactorielles, avec des mécanismes physiopathologiques distincts. En comparant les facteurs de risque associés à l'ostéoporose et à la parodontite, il semble clair qu'il existe des similitudes entre ces deux maladies qui se manifestent toutes les deux par un déséquilibre du métabolisme osseux en faveur de la résorption.

Les principaux facteurs de risque de l'ostéoporose et de la parodontite sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Facteurs de risque de l'ostéoporose et de la parodontite

Facteurs de risque de l'ostéoporose	Facteurs de risque communs	Facteurs de risque de la parodontite
Sexe féminin	Tabac	Plaque dentaire
Hérédité	Âge	Stress
Ménopause	Corticothérapie	Diabète
Régime alimentaire	Déficiences immunitaires	Changements hormonaux
Carence en calcium, vitamine D		Trouble médical associé
Alcool		Ostéoporose
Sédentarité		
Faible masse squelettique		
Ethnie caucasienne ou asiatique		
Trouble médical associé		

Source : Chhina, « Ostéoporosis : a risk factor in periodontal disease », 2010.

Lee et Kim ont montré que les carences en vitamine D et en calcium, qui sont des indicateurs de risque d'ostéoporose, peuvent également avoir un impact négatif sur l'évolution des maladies parodontales (24). Les carences en vitamine D et en calcium seraient ainsi considérées comme des facteurs de risque communs entre l'ostéoporose et la parodontite et agiraient en augmentant le stress oxydatif et en altérant la réponse de l'hôte à l'inflammation.

Une étude expérimentale réalisée sur des rats femelles, a montré que l'ovariectomie favorise la perte osseuse alvéolaire. Des résultats similaires ont été retrouvés chez le singe (25).

Binte Anwar et al ont analysé les changements microstructuraux de l'os alvéolaire chez des singes ovariectomisés et ont comparé ces données à la densité minérale osseuse lombaire (26). Ils ont ainsi montré que, chez ces singes, la carence en œstrogènes entraîne une fragilité de la structure trabéculaire de l'os alvéolaire dans les secteurs molaires, et que cette fragilité est inversement corrélée à la densité minérale osseuse lombaire.

La présence de facteurs de risque communs peut brouiller la véritable corrélation entre ces deux maladies. Darcey et coll. n'ont pas trouvé de preuves évidentes de l'effet de l'ostéoporose sur la parodontite. Ces auteurs considèrent que le tabac, l'âge et l'hygiène bucco-dentaire sont les facteurs les plus déterminants au développement de la maladie parodontale et qu'ils peuvent influencer à la fois la santé parodontale et la densité osseuse, ce qui rend difficile la détermination de la relation causale directe entre l'ostéoporose et la parodontite (27).

2.1.3 Étude de la corrélation entre l'ostéoporose et la maladie parodontale

Plusieurs études ont analysé la corrélation entre l'ostéoporose et la perte d'attache parodontale, considérée comme le gold-standard pour la détermination de la parodontite. Ces études ont permis de montrer :

- Une sévérité accrue et une augmentation du nombre de sites présentant une perte d'attache parodontale modérée à sévère chez les patients ostéopéniques/ostéoporotiques (28 , 29, 30) ;
- Une corrélation inverse entre la profondeur de sondage (28 , 29 , 30) le saignement au sondage (28) et la DMO bien que d'autres études n'aient pas réussi à démontrer cette association;
- Une perte osseuse crestale inter-proximale augmentée chez les patients atteints d'ostéoporose (28 , 31);
- Une corrélation inverse entre l'indice gingival et la DMO (30, 32);
- Une corrélation inverse entre l'inflammation gingivale, des récessions parodontales et la DMO chez des individus jeunes (33);
- Une destruction parodontale plus sévère chez les individus atteints ostéoporose (32, 34).

D'autres études apportent cependant des résultats plus contradictoires en particulier sur la mobilité dentaire. Certaines suggèrent que le nombre de sites présentant une mobilité dentaire est augmenté chez les patients présentant une faible DMO (29), tandis que d'autres ne retrouvent pas d'association (35). De même, les études menées sur l'association entre le nombre de dents restantes/la perte dentaire et l'ostéoporose donnent des résultats contradictoires : certaines mettent en évidence une corrélation entre l'ostéoporose et un nombre réduit de dents restantes (30), tandis que d'autres ne retrouvent pas de corrélation.

Taguchi et al. ont mis en évidence une relation entre le nombre de dents restantes et la probabilité de survenue de fractures vertébrales, montrant l'intérêt du maintien d'un état bucco-dentaire correct chez les patients ostéoporotiques (36).

Inagaki et al. associent une perte de dents importante à l'ostéoporose, suggérant que le nombre de dents restantes peut être considéré comme un indicateur de faible densité minérale osseuse métacarpienne, bien que les auteurs considèrent que cet indicateur ne doit pas être utilisé seul. La corrélation est plus forte chez les patients plus âgés, ce qui suggère que la perte de dents est plus importante lorsque l'ostéoporose existe depuis de nombreuses années (37).

Dans une étude portant sur des femmes ménopausées, Ozgür Erdogan et al. ont montré que le nombre de dents restantes, ainsi que leur perte d'attache clinique, sont corrélés à une faible DMO mesurée au niveau de la colonne lombaire (35).

Ki-Mo Jang et al. confirment également la corrélation entre la perte dentaire et une faible densité minérale osseuse squelettique, et montrent qu'une parodontite plus sévère est observée chez les patients atteints d'ostéoporose par rapport à ceux dont la DMO est normale (38).

Kety Nicopoulou-Karayianni et al. confirment une corrélation inverse entre le nombre de dents perdues, considérée comme le stade terminal de la parodontite et la DMO (39).

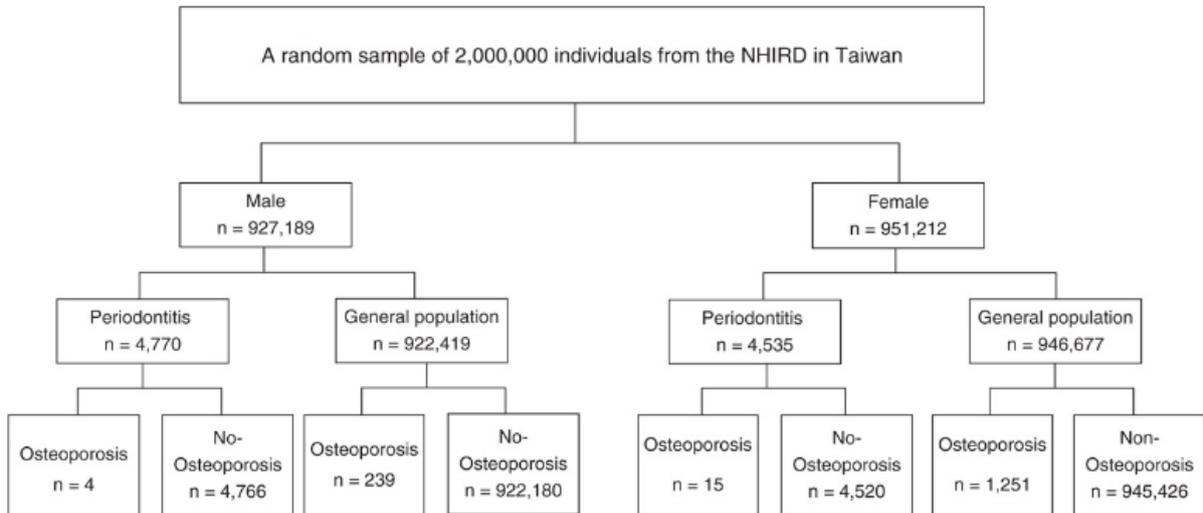
Anuradha Singh et al. n'ont pas réussi à établir une relation statistiquement significative entre la perte de dents et l'ostéoporose, bien qu'ils suggèrent qu'il existe une corrélation positive entre la parodontite et la DMO.

Bien que de nombreuses études rapportent une association entre les paramètres parodontaux tels que la perte d'attache clinique, la profondeur de sondage, l'indice gingival et le saignement au sondage, et l'ostéoporose, suggérant que le parodonte est réduit chez les individus atteints d'ostéoporose, il est important de noter que certaines études sont basées sur des données transversales avec un échantillon de patients limité (28, 29, 30, 31, 32).

Néanmoins, trois études longitudinales évaluant la corrélation entre l'ostéoporose et la parodontite à partir d'échantillons significatifs ont été retrouvées dans la littérature :

- En 2014, Wei Pin Chang et al. ont mené une étude sur 5 ans sur 2527 patients (40). Ils ont montré que les patients atteints d'ostéoporose présentent un risque accru de parodontite, le rapport de risque ajusté de parodontite chez les patients atteints d'ostéoporose par rapport aux individus sans ostéoporose au cours du suivi de 5 ans étant de 1,14.
- En 2015, Tzu Hsienn Lin et al. ont évalué la corrélation entre l'ostéoporose et la parodontite en fonction du sexe sur 1 878 401 individus dont 927 189 hommes et 951 212 femmes (41). Ils ont montré que la corrélation entre la parodontite et l'ostéoporose est significative chez les femmes (Figure 4).

Figure 4 : Flow chart issu de l'étude de Tzu Hsienn Lin et al.



Flow chart of subjects selected from the National Health Insurance Research Database.

Source : Lin et al, « Association between periodontal disease and osteoporosis by gender : a nationwide population-based cohort study », 2015

- Lamonte et al. ont mené une étude sur 1 025 femmes ménopausées, âgées de 53 à 83 ans chez qui ils ont effectué des examens cliniques bucco-dentaires initiaux entre 1997 et 2001 (34). Ces participantes ont été suivies pendant 5 ans, entre 2002 et 2006. La maladie parodontale a été caractérisée par l'évaluation de la profondeur de sondage (PD), du niveau d'attache clinique (CAL), de la hauteur de la crête alvéolaire (ACH) et de la perte dentaire. Les auteurs ont montré que les changements parodontaux chez les femmes ménopausées en bonne santé étaient, en moyenne, faibles, tandis que chez les femmes ayant des antécédents de parodontite grave ou d'ostéoporose, la perte alvéolaire s'accélérait.

Les résultats des études longitudinales ont ainsi montré que le risque de parodontite est plus important chez les individus ostéoporotiques (31 , 40, 41).

2.2 La structure de l'os mandibulaire

2.2.1 Architecture osseuse de l'os mandibulaire

Le corps mandibulaire est composé de deux types de tissu osseux : l'os cortical, plus minéralisé et plus compact, qui enveloppe l'os spongieux ou trabéculaire composé de travées et de lacunes.

L'os cortical a une fonction mécanique. C'est un tissu qui présente une plus grande résistance mécanique et une plus grande densité. Il constitue la partie externe de la mandibule (42). Il est organisé sous forme d'unités fonctionnelles cylindriques appelées ostéons, centrés par un canal de Havers dont l'orientation est grossièrement parallèle à l'axe de la pièce osseuse. Ils sont reliés par des canaux transversaux, appelés canaux de Volkmann (42).

L'os trabéculaire (ou os spongieux) occupe une position plus centrale et forme des espaces communicants occupés par la moelle osseuse et les vaisseaux sanguins. Il est constitué de travées en forme de plaques ou de colonnes reliées entre elles et entourées par du tissu adipeux et hématopoïétique richement vascularisé (42). Les travées forment ainsi un réseau tridimensionnel dont l'orientation est ajustée par les sollicitations mécaniques. L'unité de base est cette fois un hémiostéon en forme de croissant ouvert sur la moelle. L'os trabéculaire mandibulaire se densifie de la puberté jusqu'à l'âge adulte jeune. Il devient ensuite plus espacé chez la plupart des femmes alors qu'il semble se maintenir chez les hommes (42).

En raison de sa structure en réseau de travées, de plaques et de tiges, l'os trabéculaire présente une surface totale dix fois plus grande que l'os compact. Par conséquent, il a plus de surfaces endostéales et plus de cellules. L'os trabéculaire représente ainsi une surface d'échange considérable avec les liquides interstitiels. Son renouvellement est plus rapide que celui de l'os cortical, jouant ainsi un rôle majeur dans l'équilibre phosphocalcique (42).

Au maxillaire, le rapport entre l'os compact et l'os trabéculaire est d'environ 10% d'os compact et 90% d'os trabéculaire. À la mandibule, ce rapport est proche de celui des autres os longs, soit 80% d'os compact et 20% d'os trabéculaire. L'os alvéolaire mandibulaire constitue le support osseux des dents mandibulaires. Avec les fonctions de mastication et de déglutition, la dent effectue des micro-mouvements dans l'alvéole. Ces micro-mouvements vont solliciter l'ensemble du parodonte, et favoriser le renouvellement de l'os alvéolaire en réponse aux sollicitations exercées par la dent. Bien que comparable à l'ensemble du tissu trabéculaire du reste du squelette, l'os alvéolaire présente la particularité de se résorber lorsque la dent est absente.

2.2.2 Conséquence de l'ostéoporose sur le tissu osseux mandibulaire

Le remodelage osseux est un processus qui résulte d'un équilibre entre l'activité des ostéoblastes formateurs d'os, les ostéoclastes résorbeurs d'os et les ostéocytes, cellules qui participent à la régulation de l'équilibre grâce à leurs mécanorécepteurs. Le processus de remodelage est régulé de manière systémique par des hormones et localement par des facteurs de croissance et des cytokines (20). Dans l'ostéoporose, l'équilibre est rompu en faveur de la résorption osseuse.

Le taux de renouvellement du tissu osseux mandibulaire est probablement le plus rapide du corps en raison des nombreuses sollicitations dues à la fonction masticatoire. La vitesse à laquelle le remodelage osseux se produit a été étudiée chez des chiens adultes par Huja et al. (43). Les auteurs ont observé que le remodelage osseux de l'os mandibulaire est deux fois plus rapide que celui de l'os maxillaire (37 % par an contre 19 % par an), et six fois plus rapide que celui du fémur (6,4 % par an). De plus, le taux de remodelage osseux de la crête alvéolaire est deux fois supérieur à celui observé au niveau du canal mandibulaire, et trois à cinq fois supérieur à celui de la partie basale de la mandibule.

De nombreuses études ont recherché une éventuelle corrélation entre la densité minérale osseuse systémique et celle de la mandibule. Il s'agit pour la plupart d'études transversales assez hétérogènes ayant étudié différentes populations et utilisé différentes méthodes pour évaluer la DMO. L'analyse des données recueillies par ces études semblent indiquer une corrélation entre la DMO systémique et la DMO mandibulaire (Tableau 2). Des études ont également observé des différences de densité osseuse mandibulaire entre des groupes de sujets sains et ostéoporotiques. Par exemple, l'étude de Von Wowern et al. (1994) a montré que la densité minérale osseuse mandibulaire était moindre chez les sujets ostéoporotiques.

Tableau 2 : Relation entre DMO systémique et DMO mandibulaire

Auteurs & année	Type d'étude	Nombre de patients	Objectifs	Résultats
Kribbs et al (1983)	Transversale	85 femmes ostéoporotiques 27 femmes non ostéoporotiques	Comparer la DMO mandibulaire chez les sujets ostéoporotiques et les sujets non ostéoporotiques	1.La DMO est inférieure chez les sujets ostéoporotiques 2.Le groupe ostéoporotique a un plus grand pourcentage de patientes édentées 3.Les sujets dentés du groupe ostéoporotique ont moins de dents

Von Wowern et al (1994)	Transversale	12 femmes avec des fractures ostéoporotiques et 14 femmes non ostéoporotiques	Comparer la DMO mandibulaire chez les sujets ostéoporotiques et les sujets non ostéoporotiques	La DMO mandibulaire est inférieure chez les sujets ostéoporotiques par rapport à celle des sujets sains
Jacobs et al (1996)	Longitudinale	69 femmes recevant un traitement hormonal substitutif	Évaluer l'effet de la thérapie sur la masse osseuse de la mandibule et du rachis lombaire par DXA	Effet positif de la thérapie hormonale de 5 ans sur la masse osseuse de la mandibule et du rachis lombaire
Streckfus et al (1997)	Transversale	28 femmes non ostéoporotiques âgées de 23 à 78 ans, comprenant des femmes préménoposées et des femmes ménopausées recevant une thérapie aux œstrogènes	Étudier la corrélation entre la DMO de l'os alvéolaire et la DMO du 2 ^{ème} métacarpien sur des radiographies de la main et des bitewing	1. Les femmes ménopausées sous oestrogénothérapie ont une perte osseuse alvéolaire plus importante, plus de dents absentes et une DMO réduite au niveau alvéolaire et du 2 ^{ème} métacarpien par rapport aux femmes non ménopausées 2. La DMO de l'os alvéolaire est fortement corrélée à la DMO du 2 ^{ème} métacarpien
Jeffcoat et al (1998)	Transversale	158 femmes ménopausées (âge moyen : 62,2 ans)	Étudier la corrélation entre la DMO du fémur obtenue par DXA et la DMO de la mandibule évaluée sur radiographie intra orale	Corrélation significative entre la DMO de la mandibule et la DMO du fémur
Southard et al (2000)	Transversale	41 femmes âgées de 20 à 78 ans	Corrélation entre les DMO de la mandibule, du rachis lombaire et du fémur	La DMO mandibulaire est significativement corrélée à la densité du rachis lombaire, du fémur, du radius chez les femmes non ostéoporotiques

Source : Geurs et al, « Osteoporosis and periodontal disease progression », 2003

Une association entre la DMO mandibulaire et la DMO périphérique a donc été retrouvée dans de nombreuses études cliniques. Dans ce contexte, il est légitime de s'interroger sur le rôle du chirurgien-dentiste dans le repérage de l'ostéoporose et dans la prise en charge des patients ostéoporotiques.

3 : Le rôle du chirurgien-dentiste

3.1 Le rôle du chirurgien-dentiste dans le dépistage de l'ostéoporose

Les patients ostéoporotiques sont généralement asymptomatiques jusqu'à la survenue d'une première fracture qui peut, elle aussi, rester cliniquement silencieuse.

Le dépistage précoce de l'ostéoporose est essentiel car il permet d'identifier les personnes présentant un risque élevé de fractures et de mettre en place des mesures préventives appropriées telles qu'une alimentation équilibrée, une supplémentation en calcium et vitamine D, une activité physique régulière et adaptée. Parallèlement, un éventuel traitement antirésorbeur osseux (biphosphonates, modulateurs sélectifs des récepteurs aux œstrogènes (SERM), agents stimulant la formation osseuse) peuvent être instaurés en fonction du risque individuel et de la santé globale du patient.

Le rôle du chirurgien-dentiste est de repérer les signes évocateurs d'une DMO diminuée lors de ses examens cliniques et radiologiques. Pour cela il dispose de plusieurs outils.

3.1.1 Le questionnaire médical

Lors de l'entretien médical, les antécédents familiaux d'ostéoporose, ainsi que les antécédents personnels ou familiaux de fractures doivent être recherchés, notamment pour les patientes de plus de 50 ans. Il sera également important de questionner le patientes sur les facteurs de risque tel que l'âge de survenue de la ménopause, les habitudes de consommation d'alcool et de tabac, les traitements par corticoïdes ou par hormones thyroïdiennes, et d'évaluer l'apport alimentaire en calcium.

3.1.2 Évaluation clinique de la maladie parodontale

Comme nous l'avons vu précédemment, la parodontite et l'ostéoporose sont deux maladies distinctes, ayant des corrélations et de nombreux facteurs de risque communs.

En présence de parodontite, les situations suivantes doivent conduire à suspecter une ostéoporose :

- Le patient évoque des fractures osseuses spontanées ou survenues à la suite d'un faible traumatisme. L'ostéoporose affaiblit les os, les rendant plus fragiles et susceptibles de se fracturer plus facilement.
- L'examen radiologique montre une densité osseuse mandibulaire particulièrement faible.

- Le patient évoque des dents qui semblent devenir mobiles sans cause apparente. L'os alvéolaire, qui soutient les dents, peut être affecté par la perte osseuse liée à l'ostéoporose.
- Des facteurs de risque communs de l'ostéoporose et la parodontite sont retrouvés : âge, sexe féminin, consommation de tabagisme, ménopause, alimentation pauvre en calcium et/ou en vitamine D, antécédents familiaux de fracture ou d'ostéoporose.

L'examen clinique parodontal permet d'évaluer la santé parodontale et de quantifier l'importance de la destruction des tissus profonds qui pourraient constituer des marqueurs indirects de l'ostéoporose. La parodontite se manifeste par une gencive rouge et oedémateuse, un saignement au sondage, la présence de plaque et de tartre, une hyperplasie gingivale, des poches parodontales, des récessions gingivales, des mobilités dentaires et une halitose (Figure 5).

Figure 5 : Évolution clinique de la santé parodontale à la parodontite sévère



Source : Urling, « Periodontal diseases », 2024.

La perte d'attache parodontale est l'un des indicateurs les plus importants de la sévérité de la parodontite. Elle traduit la détérioration des tissus de soutien des dents, notamment le ligament parodontal et le tissu osseux alvéolaire. Cette perte d'attache est généralement causée par une gingivite qui se propage à l'ensemble du parodonte. Au fur et à mesure que l'inflammation s'installe, les bactéries présentes dans la plaque dentaire libèrent des toxines qui endommagent les tissus de soutien. Cela entraîne une réaction inflammatoire et une destruction progressive du ligament parodontal, responsable de l'ancrage des dents dans l'os alvéolaire.

Cliniquement, la perte d'attache parodontale se traduit par une augmentation de la profondeur des poches parodontales. En raison de la détérioration des tissus de soutien, les poches parodontales deviennent plus profondes, permettant aux bactéries et aux débris de s'accumuler, ce qui aggrave

l'inflammation et la destruction tissulaire. La perte d'attache parodontale peut également entraîner des mobilités et des migrations dentaires, pouvant aller jusqu'à la perte des dents.

3.1.3 Signe radiologique de la maladie parodontale

Dans sa pratique courante, le chirurgien-dentiste utilise l'imagerie panoramique principalement pour détecter les lésions carieuses et/parodontales et visualiser les structures osseuses environnant les dents. Cependant, l'ostéoporose étant caractérisée par une atteinte osseuse, cet examen peut également révéler des signes de la maladie.

À la radiographie, l'os compact apparaît comme une *lamina dura*, organisé en couches successives. Son épaisseur n'est pas uniforme et varie selon sa localisation, généralement plus fin au niveau du maxillaire et plus épais au niveau de la mandibule notamment en vestibulaire des prémolaires et molaires mandibulaires. L'os spongieux est quant à lui organisé sous forme de trabécules. Situé majoritairement au niveau des septas inter-dentaires, en plus faibles proportions au niveau des zones vestibulaires et linguales, il abrite la moelle osseuse.

3.1.3.1 Os cortical

Chez le patient ostéoporotique, la diminution de la DMO mandibulaire liée à l'activité de résorption affecte la structure de l'os et conduit à des changements de l'aspect radiologique du bord inférieur de la mandibule qui apparaît plus fin et plus poreux (44). Des études menées sur des patientes ménopausées ont montré que des indices corticaux mandibulaires relevés sur des clichés panoramiques peuvent suggérer l'existence d'une ostéoporose. Trois principaux indices sont retrouvés dans la littérature : l'indice cortical mandibulaire (ICM) ou indice de Klemetti (KI), l'indice mentonnier (IM) et l'indice mandibulaire panoramique (IMP).

- *L'indice cortical mandibulaire*

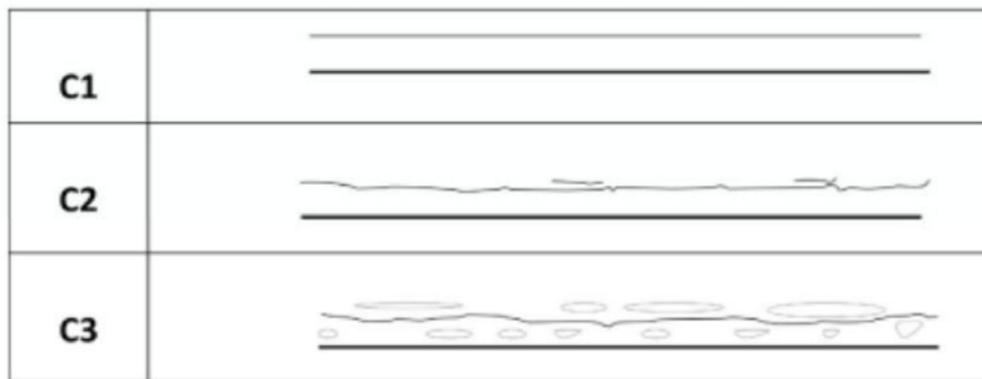
L'un des premiers indices radiographiques décrit et évalué a été l'indice cortical mandibulaire, également appelé indice de Klemetti ou érosion corticale. Celui-ci traduit la porosité du bord inférieur de la mandibule liée à la densité minérale osseuse mandibulaire. Cet indice relevé bilatéralement en distal du foramen mentonnier permet la classification de la corticale mandibulaire (figure 6) :

C1 : corticale mandibulaire régulière et intègre

C2 : érosion modérée de la corticale mandibulaire, présence de défauts semi-lunaires

C3 : érosion importante de la corticale qui apparaît poreuse

Figure 6 : L'indice visuel de Klemetti correspondant à l'aspect de la corticale mandibulaire en distal du foramen mentonnier



Source : López-López, Estrugo-Devesa et Jane-Salas, « Early diagnosis of osteoporosis by means of orthopantomograms and oral x-rays : a systematic review », 2011

Plusieurs études ont montré une corrélation entre l'ICM et la DMO vertébrale :

Klemetti et al. ont mené une étude sur 77 femmes ménopausées et ont constaté que les modifications de la corticale mandibulaire décrites sur les clichés panoramiques sont significativement liées à la DMO de la corticale de l'os mandibulaire. Toutefois, la validité de l'indice cortical mandibulaire est limitée en raison de sa faible reproductibilité et de l'importante variabilité intra- et inter-examineurs (45). Pour évaluer la reproductibilité intra-observateur de l'indice, ainsi que sa fiabilité diagnostique, les panoramiques de 100 femmes ménopausées japonaises âgées de 50 ans ou plus qui avaient également effectué des mesures de minéralité osseuse du squelette par DXA, ont été numérisées et soumises à soixante observateurs âgés de 25 à 66 ans, recrutés dans 16 pays différents (46). Ces observateurs ont évalué l'érosion corticale (C1, C2, C3), deux fois à environ deux semaines d'intervalle. L'efficacité diagnostique de l'outil d'auto-évaluation de l'ostéoporose (OST), une règle de décision clinique simple basée sur l'âge et le poids, a également été calculée et comparée à l'érosion corticale.

La sensibilité, la spécificité, la valeur prédictive positive (VPP) et la valeur prédictive négative (VPN) moyennes globales des 60 observateurs dans l'identification des femmes atteintes d'ostéoporose par l'érosion corticale sur les panoramiques étaient respectivement de 82,5, 46,2, 46,7 et 84,0 %. Ces mêmes valeurs pour l'indice OST étaient respectivement de 82,9, 43,1, 43,9 et 82,4 %.

La concordance intra-observateur dans la classification de l'érosion corticale sur les panoramiques était suffisante (valeurs kappa pondérées > 0,6) pour 36 observateurs (60 %). Cette concordance était significativement plus élevée chez les observateurs spécialisés en radiologie buccale ($P < 0,05$). Chez les 36 observateurs dont la concordance intra-observateur était suffisante, la sensibilité, la spécificité, la VPP et la VPN moyennes globales pour identifier les femmes atteintes d'ostéoporose par l'érosion

corticale étaient respectivement de 83,5, 48,7, 48,3 et 85,7 %. La VPP et la VPN moyennes étaient significativement plus élevées chez les 36 observateurs dont la concordance intra-observateur était suffisante par rapport aux 24 observateurs dont la concordance intra-observateur était insuffisante. Ces résultats tendent à confirmer l'efficacité de l'ICM dans l'identification des femmes ménopausées présentant un risque d'ostéoporose, avec une concordance intra-observateur non optimale mais jugée suffisante. Les informations recueillies par le cliché panoramique sont au moins aussi utiles que celles recueillies par l'indice clinique OST.

Un apprentissage de l'évaluation de l'ICM s'avère cependant nécessaire afin de l'utiliser de manière optimale dans le repérage de l'ostéoporose en pratique dentaire générale.

- *Mesure de la largeur de l'os cortical*

La largeur corticale mandibulaire (LCM) ou indice mentonnier (IM), ou largeur corticale est probablement l'indice le plus étudié pour évaluer l'ostéoporose sur des clichés panoramiques. Il correspond à la mesure de la largeur du bord inférieur de la mandibule en regard des deux foramens mentonniers.

Pour permettre une évaluation quantitative et contribuer au repérage de l'ostéoporose, des méthodes automatisées ou semi-automatisées d'évaluation de la LCM ont été décrites. Arifin et al (47) ont proposé une méthode semi-automatique dans laquelle les régions d'intérêt (ROI) situées sous le foramen mentonnier et identifiées par un examinateur sont traitées par un filtre passe-haut afin d'identifier les marges corticales et mesurer la LCM.

Kavitha et al (48) ont réalisé une segmentation automatique de la marge corticale à l'aide de la programmation dynamique. Une évaluation de 60 cas de formation et 40 cas de test a démontré l'utilité potentielle de cette technique avec une sensibilité de 96 % et une spécificité de 86 et 84 % pour une DMO faible au niveau de la colonne lombaire et du col du fémur, respectivement. Allen et al (49) et Roberts et al (50) ont proposé des méthodes informatisées pour déterminer les limites inférieures et supérieures de la corticale à l'aide de modèles de forme actifs et, par la suite, de modèles d'apparence actifs sans et avec points d'annotation manuels. Dans ces études, la LCM s'est avérée utile pour détecter les cas de faible DMO au niveau du col du fémur avec une sensibilité de 80 % et une spécificité d'environ 77 % dans 663 cas.

Muramatsu et al (51) ont également proposé une méthode entièrement automatisée pour la mesure de la LCM, à partir de panoramiques dentaires. Dans cette étude, la LCM moyenne pour les cas ostéoporotiques et les cas témoins était respectivement de 2,2 et 3,9 mm. Lorsqu'un seuil de 2,7 mm

a été appliqué, la sensibilité et l'ostéoporotiques est passée à

la spécificité pour l'identification des patients respectivement 88,5 et 97,3 %.

- *L'indice mandibulaire panoramique*

Un autre indice utilisé dans la littérature est l'indice mandibulaire panoramique (PMI), qui décrit le rapport entre la largeur de la corticale mandibulaire et la distance entre le foramen mentonnier et le bord inférieur de la corticale mandibulaire (52). Pour Pavicin et al (53), une valeur basse de PMI représente un signe d'alerte potentiel d'ostéoporose.

Figure 7 : a = LCM ; b = distance entre le foramen mentonnier et le bord inférieur de la corticale mandibulaire



Source : Dr Tilotta, Cas clinique.

- *Limites*

Les manifestations ne sont pas spécifiques à l'ostéoporose et peuvent avoir d'autres causes, notamment :

- Les maladies parodontales, telles que la gingivite et la parodontite, peuvent entraîner une inflammation chronique des tissus de soutien des dents, y compris l'os alvéolaire de la mandibule. Cela peut conduire à une perte osseuse autour des dents.

- Un traumatisme facial ou une fracture de la mandibule peuvent entraîner des altérations de la morphologie osseuse, y compris du bord inférieur de la mandibule.
- Certaines tumeurs ou infections osseuses, qu'elles soient bénignes ou malignes, peuvent se développer dans la mandibule et entraîner des modifications de l'architecture et de la morphologie osseuses.

Certains troubles métaboliques, tels que l'hyperparathyroïdie, peuvent affecter le métabolisme osseux et conduire à une résorption osseuse excessive, y compris dans la mandibule.

3.1.3.2 Os trabéculaire

En plus des indices relatifs à l'os cortical précédemment décrits, les indices recueillis à partir de l'os trabéculaire sont aussi importants à considérer car ils reflètent les changements structuraux et architecturaux de l'os trabéculaire et permettent donc une bonne appréciation de la densité osseuse.

Des auteurs ont montré qu'un réseau trabéculaire peu complexe est corrélé à une DMO basse (52, 54). De plus, de nombreuses études suggèrent que la densité apparente de l'os trabéculaire mandibulaire est corrélée au risque de fracture et donc par extension à l'existence voire à la sévérité de l'ostéoporose (54, 55).

L'analyse visuelle des trabéculations est privilégiée car il s'agit d'une méthode simple basée sur la lecture de radiographies intra-orales ou panoramiques, et donc compatible avec une utilisation en cabinet. L'analyse des images radiographiques permet l'évaluation de l'épaisseur des travées osseuses, de l'espace entre les travées, et de la densité des connections qu'elles établissent entre elles. Plusieurs indices ont été développés pour évaluer la densité de l'os trabéculaire.

3.1.3.2.1 *Indice visuel des trabéculations*

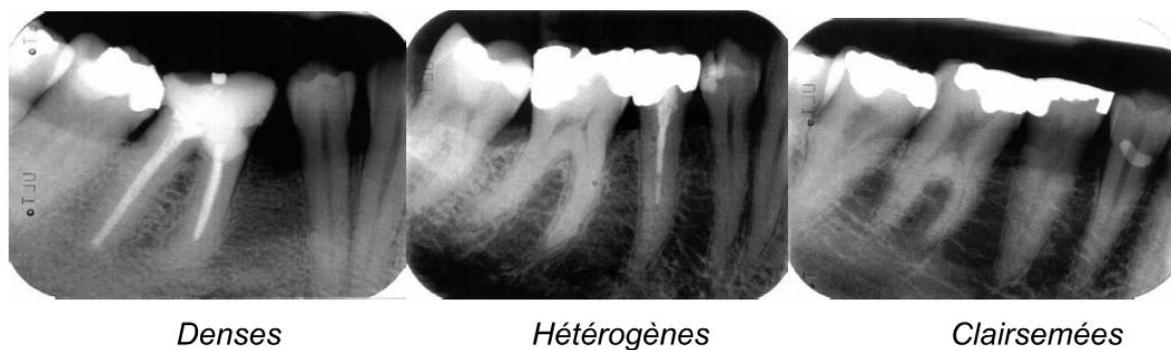
Technique :

L'indice visuel des trabéculations est déterminé par une méthode d'évaluation qualitative de la densité osseuse à partir d'une radiographie. Il s'agit d'une mesure subjective basée sur l'observation visuelle des motifs trabéculaires de l'os. Ces derniers traduisent la structure interne de l'os, constituée de petites travées ou poutres osseuses. Ils peuvent varier en termes de densité, d'épaisseur et de configuration.

Visuellement, l'évaluateur attribue une valeur subjective à l'apparence des motifs trabéculaires de la région prémolaire mandibulaire, région de référence (Figure 8) :

- Trabéculations denses : espaces inter-trabéculaires étroits et trabécules très minéralisées
- Trabéculations clairsemées : espaces inter-trabéculaires larges, localisées en particulier au niveau des crêtes, des zones dentées et de la région prémolaire
- Trabéculations hétérogènes : trabéculations éparses localisées au niveau apical majoritairement et trabéculations denses localisées majoritairement au niveau crestal.

Figure 8 : Classification des trabéculations



Source : Jonasson, Bankvall, Kiliaridis, « Association between periodontal disease and osteoporosis by gender : a nationwide population-based cohort study Estimation of skeletal bone mineral density by means of the trabecular pattern of the alveolar bone, its interdental thickness, and the bone mass of the mandible », 2001.

En 2009, Jonasson et coll rajoutent un nouvel item à la classification afin de la rendre plus précise (57). Ils divisent la classe « trabéculations hétérogènes » en deux : « trabéculations minces » et « trabéculations épaisses » :

- Classe 1 : trabéculations clairsemées
- Classe 2 : trabéculations minces
- Classe 3 : trabéculations épaisses
- Classe 4 : trabéculations denses

Une cotation plus élevée est donnée lorsque les motifs trabéculaires sont plus denses, épais et bien organisés, ce qui indique une meilleure densité osseuse. À l'inverse, une cotation plus basse est donnée lorsque les motifs trabéculaires sont moins denses, fins ou irréguliers, suggérant une densité osseuse réduite. La prise en compte de trabéculations mixtes ou espacées pour l'identification d'une densité osseuse basse est associée à une bonne sensibilité aux dépens d'une spécificité moins bonne (58).

Résultats des études cliniques :

Plusieurs études ont montré que l'indice visuel des trabéculations est un indicateur prédictif du risque d'ostéoporose (52 , 59, 60) et du risque de fracture (61 , 62).

- Une des principales études ayant étudié l'apport de l'analyse visuelle des trabéculations mandibulaires est le projet Osteodent (59). L'objectif de cette étude était d'examiner l'exactitude diagnostique de l'évaluation visuelle du schéma trabéculaire dans les radiographies rétroalvéolaires pour identifier les femmes à risque d'ostéoporose. Pour cela, un cliché rétroalvéolaire des régions prémolaires maxillaires et mandibulaires a été effectué chez 600 femmes. Cinq observateurs ont évalué le schéma trabéculaire comme étant dense, hétérogène ou clairsemé, à l'aide d'images de référence. Toutes les patientes ont également bénéficié d'un examen DXA de la hanche et de la colonne lombaire. En considérant un schéma trabéculaire clairsemé comme indicatif d'ostéoporose, la spécificité moyenne était élevée (91,6 % pour le maxillaire et 90,8 % pour la mandibule), tandis que la sensibilité était faible (28,2 % pour le maxillaire et la mandibule). La reproductivité intra-observateur moyenne était comparable pour les radiographies maxillaires et mandibulaires (kappa(w) médian de 0,53 et 0,57, respectivement).
- Jonasson et al ont montré des corrélations significatives entre la DMO du squelette et l'indice visuel des trabéculations (52). Ces auteurs concluent que l'évaluation visuelle des trabéculations de l'os alvéolaire telle qu'elle apparaît sur les radiographies intraorales est un indicateur clinique utile de la DMO du squelette. Une trabéculatation dense est un indicateur fort d'une DMO élevée, tandis qu'une trabéculatation clairsemée peut être utilisée pour prédire une faible DMO.
- Hassani-Nejad et al (62) ont évalué l'architecture de l'os trabéculaire mandibulaire sur des radiographies rétroalvéolaires à l'aide d'un indice visuel chez 277 hommes et femmes, et comparé le score visuel des trabéculations au risque de fracture. Les femmes présentaient un nombre de fractures statistiquement plus élevé et une fréquence plus élevée d'os trabéculaire mandibulaire classé comme clairsemé. L'association entre la fracture et l'indice visuel de l'os trabéculaire mesuré par la méthode de l'odds ratio (OR) était plus élevé pour le groupe masculin (OR = 5,55) et plus faible pour le groupe féminin (OR = 3,35).
- Jonasson et al (57) ont étudié l'os trabéculaire mandibulaire selon l'indice visuel à partir de radiographies rétroalvéolaires de 274 hommes et femmes (âgés de 50 à 87 ans), dont 56 avaient déjà signalé des fractures antérieures. 48% des sujets présentant une trabéculatation classée comme

clairsemée avaient signalé des fractures, contre 19 % des patients présentant une trabéculatation mixte, et 2 % des sujets présentant une trabéculatation dense. L'analyse de régression logistique a montré que la trabéculatation clairsemée (rapport de cotes [OR] = 5,9 ; IC à 95 % : 3,0-11,1 ; $P < 0,0001$) était significativement associée à un risque accru de fracture (OR = 5.9), en particulier chez les sujets âgés de 75 ans et plus (OR = 7,1).

- Jonasson et al. (61) ont également mené une étude prospective sur 731 femmes ayant bénéficié d'examen dentaires depuis 1968. L'hypothèse testée dans cette étude prospective est qu'une trabéculatation mandibulaire dense prédit un faible risque de fracture, alors qu'une trabéculatation clairsemée est prédictive d'un risque de fracture élevé. L'architecture de la trabéculatation mandibulaire a été évaluée par l'indice visuel à partir de radiographies panoramiques. Sur les 731 femmes de l'étude ayant bénéficié d'un examen dentaire initial en 1968, 222 ont eu leur première fracture au cours de la période de suivi (jusqu'en 2006). Le délai avant fracture a été déterminé et utilisé comme variable dépendante dans trois analyses. La première analyse couvrait 12 années de suivi avec des résultats auto-déclarés ; la deuxième couvrait 26 années de suivi avec des résultats vérifiés à l'hôpital ; et la troisième combinait les deux périodes de suivi, totalisant 38 années. Cette étude a montré que la trabéculatation mandibulaire était la principale variable indépendante prédisant les fractures, avec l'âge, l'activité physique, la consommation d'alcool et l'IMC comme covariables. La courbe de Kaplan-Meier indiquait une association graduelle entre la densité trabéculaire et le risque de fracture. Le rapport de risque de fracture future pour une trabéculatation mandibulaire clairsemée versus une trabéculatation mandibulaire mixte était de 2,9 (IC à 95 % : 2,2-3,8), et pour une trabéculatation dense versus une trabéculatation mixte, il était de 0,21 (IC à 95 % : 0,1-0,4). Pour les auteurs, l'aspect de l'architecture trabéculaire mandibulaire est donc un prédicteur hautement significatif du risque de fracture future.

3.1.3.2.2 Méthodes d'analyse de la texture osseuse

Technique :

L'analyse de la texture appliquée aux images de l'os trabéculaire permet d'exploiter les informations présentes sur les radiographies conventionnelles non interprétable à l'œil. Cette approche repose sur l'utilisation de techniques d'imagerie et de méthodes d'analyse d'image pour quantifier les caractéristiques structurelles de l'os trabéculaire, fournissant ainsi des informations sur sa densité, son agencement et sa résistance.

Plusieurs techniques d'imagerie peuvent être utilisées pour capturer des images de l'os trabéculaire de la mandibule. Les plus couramment utilisées sont les radiographies rétroalvéolaires et les radiographies panoramiques. Les images obtenues sont ensuite numérisées pour permettre une analyse informatisée de la texture de l'os trabéculaire.

Une fois les images numérisées, différentes méthodes d'analyse de la texture peuvent être appliquées pour extraire des paramètres quantitatifs reflétant les caractéristiques de l'os trabéculaire. Les méthodes couramment utilisées sont :

- L'analyse de l'histogramme des niveaux de gris et de la matrice de co-occurrence. Cette analyse permet de décrire la distribution des niveaux de gris dans une image. Elle fournit des mesures statistiques telles que l'énergie, l'entropie, la corrélation et la variation angulaire, qui décrivent les propriétés texturales de l'os trabéculaire.
- La transformée en « wavelet » décompose l'image en différentes échelles et orientations, capturant ainsi des détails de texture à différentes résolutions. Les coefficients de wavelet obtenus peuvent être utilisés pour quantifier des caractéristiques telles que le contraste, la rugosité et la régularité de l'os trabéculaire.
- L'analyse fractale : elle est utilisée pour caractériser la complexité géométrique de l'os trabéculaire. Elle repose sur la quantification de la rugosité et de la variation d'échelle de l'os, fournissant des mesures telles que la dimension fractale et le spectre fractal.

L'analyse de la texture de l'os trabéculaire de la mandibule fournit divers paramètres quantitatifs. Des paramètres tels que l'intensité moyenne des niveaux de gris ou les proportions de pixels trabéculaires et intertrabéculaires peuvent être utilisés pour quantifier ces mesures. L'analyse de la texture permet également de caractériser l'agencement structurel de l'os trabéculaire, comme l'orientation des trabécules, la taille des lacunes intertrabéculaires et la connectivité trabéculaire. Ces caractéristiques peuvent être évaluées à l'aide de mesures telles que l'entropie, l'anisotropie et le nombre de transitions entre les trabécules.

En combinant les paramètres de texture de l'os trabéculaire mandibulaire avec d'autres facteurs de risque, il est possible de prédire un risque fracturaire. Les analyses statistiques, telles que la régression logistique ou les modèles de survie, peuvent être utilisées pour établir des relations entre les paramètres de texture et l'incidence des fractures.

Résultats des études cliniques :

White et al (63) ont mené une étude à partir de clichés rétroalvéolaires effectués sur 11 patients atteints d'ostéoporose et 12 sujets témoins. Après les avoir numérisés à 600 dpi, les auteurs ont analysé 24 paramètres de texture caractéristiques de la morphologie des trabécules. Cette étude a montré, qu'en plus d'une faible DMO mandibulaire ou maxillaire, les patients ostéoporotiques présentent également des altérations de l'architecture trabéculaire et, plus précisément, un nombre réduit et un amincissement des plaques trabéculaires. L'os maxillaire a obtenu de meilleurs résultats dans le dépistage de l'ostéoporose que la mandibule, probablement en raison du rapport plus élevé entre l'os trabéculaire et l'os cortical.

Dans le cadre du projet Osteodent précédemment décrit (cf 3.2.1), Geraets et coll. (64) ont cherché à savoir si l'aspect de l'os trabéculaire sur les radiographies dentaires par analyse de la texture pouvait être utilisé pour prédire la DMO et identifier les sujets atteints d'ostéoporose et présentant un risque accru de fractures ostéoporotiques. Dans quatre centres cliniques, 671 femmes d'un âge moyen de 55 ans ont été recrutées. Les valeurs de DMO ont été mesurées par DXA au niveau du col fémoral, de la hanche totale et de la colonne vertébrale. Une radiographie panoramique et deux radiographies intraorales ont été réalisées. Quatre régions d'intérêt sur les radiographies ont été sélectionnées manuellement, puis numérisées. Sur toutes les régions d'intérêt, la moyenne et l'écart-type des valeurs de gris ont été mesurés, ainsi que plusieurs paramètres décrivant l'architecture de l'os trabéculaire. Cette étude a montré que l'âge expliquait 14 % de la variation de la DMO de la colonne vertébrale, et que 7 caractéristiques d'image issues de l'analyse de texture expliquaient une variation supplémentaire de 9 %. La caractéristique d'image la plus importante a été mesurée au niveau de la région d'intérêt des prémolaires sur les radiographies panoramiques, expliquant une variation de 4 %.

Les mêmes auteurs ont constaté que l'analyse des radiographies rétroalvéolaires maxillaires ou mandibulaires permettent de prédire la DMO fémorale et rachidienne de manière équivalente, mais que les résultats sont meilleurs lorsque les deux radiographies étaient utilisées en association (65).

Oliveira et al (66) ont étudié 73 radiographies panoramiques numérisées effectuées chez des femmes ménopausées en bonne santé ou atteintes d'ostéoporose. Des régions d'intérêt ont été sélectionnées dans l'angle et le corps mandibulaires afin de déterminer la dimension fractale et l'intensité des pixels. L'analyse a montré que ces valeurs étaient significativement différentes entre les patientes ostéoporotiques et non ostéoporotiques pour l'angle mandibulaire. Les résultats ne sont révélés plus

ambigus pour les analyses du corps mandibulaire car significatifs uniquement du côté gauche. Les auteurs ont conclu que l'os trabéculaire mandibulaire est globalement efficace pour détecter les changements liés à l'ostéoporose.

Southard et al (67) ont réalisé une étude in vitro sur 10 échantillons d'os alvéolaire maxillaire humain, décalcifiés progressivement pour simuler une ostéoporose. Quatre radiographies de chaque échantillon ont été effectuées à chaque étape de décalcification. L'ensemble des 560 radiographies a été numérisé, des régions d'intérêt osseuses identiques ont été sélectionnées à partir des images corrigées de densité de chaque échantillon, les régions ont été filtrées numériquement pour réduire le bruit, et la dimension fractale a été calculée ligne par ligne. Les résultats de cette étude ont montré une forte corrélation entre la déminéralisation généralisée et la diminution de la dimension fractale. Dans chaque échantillon osseux, la dimension fractale changeait de manière significative avec le changement d'angle. Malgré des résultats prometteurs, les auteurs notent que la sensibilité de la dimension fractale aux petits changements angulaires du faisceau de rayons X remet en question son application clinique.

Franciotti et al (68) ont réalisé récemment une revue systématique et méta-analyse afin d'évaluer la fiabilité des mesures de la dimension fractale dans la distinction de patients ostéoporotiques de patients témoins. Une recherche exhaustive d'articles a été menée jusqu'en septembre 2020 en utilisant les bases de données PubMed, Web of Science et SCOPUS selon les recommandations PRISMA. Un total de 19 études ont été incluses dans l'évaluation qualitative et 12 ont été considérées pour la méta-analyse. La qualité méthodologique des études récupérées était généralement faible. Dans l'ensemble, 51 % des études ont trouvé une différence significative entre le groupe témoins et les patients ostéoporotiques. La méta-analyse a montré que jusqu'à présent, les mesures de la dimension fractale sur les radiographies dentaires ne sont pas en mesure de distinguer de manière significative le groupe ostéoporose du groupe témoin. Les auteurs concluent qu'à partir des preuves actuelles, l'utilisation de la dimension fractale pour l'identification de l'ostéoporose n'est pas fiable. La revue souligne par ailleurs la nécessité de mener d'autres études afin de concevoir une procédure normalisée pour le calcul de la dimension fractale.

Par ailleurs, plusieurs études suggèrent que les radiographies panoramiques sont plus utiles pour le dépistage de l'ostéoporose lorsque la morphologie trabéculaire et l'âge sont étudiés ensemble. Verheji et al. (69) ont évalué la contribution de l'architecture de l'os trabéculaire pour la prédiction de l'ostéoporose chez 671 femmes âgées de 45 à 71 ans. Les antécédents médicaux ont été recueillis et des radiographies dentaires ont été réalisées. La DMO a été mesurée sur trois sites pour évaluer le statut ostéoporotique. Les radiographies ont été soumises à des méthodes d'analyse d'image

fournissant les données du schéma trabéculaire. Ensuite, une analyse discriminante a été utilisée pour prédire le statut ostéoporotique à l'aide du schéma trabéculaire et de l'âge. La sensibilité et la spécificité du schéma trabéculaire se sont révélées comparables à celles de l'âge. Cependant, en combinant l'âge avec le schéma trabéculaire, la sensibilité est passée de 0,71 à 0,75 et la spécificité de 0,72 à 0,78.

Garaets et al. se sont intéressés à la reproductibilité de l'analyse de texture de l'os trabéculaire sur les radiographies dentaires (70). Six régions d'intérêt ont été dessinées manuellement sur trois images radiographiques numériques de 20 femmes. Ce processus a été réalisé 10 fois, ce qui a donné 1200 échantillons d'images. Pour chaque échantillon d'image, 26 paramètres de textures ont été mesurés. Les auteurs ont pu conclure que les analyses sont bien reproductibles.

3.1.4 Le diagnostic différentiel

Face à un tableau clinique et radiologique évocateur d'ostéoporose, le chirurgien-dentiste doit établir un diagnostic différentiel avec d'autres pathologies qui s'accompagnent également d'une diminution de la densité osseuse (raréfaction des trabéculations), telles que :

- les lésions non néoplasiques infectieuses et inflammatoires, en particulier l'ostéomyélite et les ostéonécroses chimio ou radio-induites, qui se manifestent par une perte osseuse visible à la radiographie. Pour ces lésions, l'interrogatoire est crucial afin d'apporter au chirurgien-dentiste toutes les informations nécessaires sur les antécédents médicaux et le mode de vie du patient (traitement médicamenteux).
- les lésions néoplasiques bénignes comme par exemple un trouble de la minéralisation osseuse tel que l'ostéomalacie. Des tests sanguins incluant des mesures de calcium, de phosphate et d'élimination de calcium dans les urines peuvent être prescrits pour dépister une éventuelle déficience en vitamine D. Dans certains cas, une biopsie osseuse avec double marquage à la tétracycline peut être réalisée pour établir un diagnostic, particulièrement pour les formes d'ostéomalacie non liées à une carence en vitamine D.
- les lésions néoplasiques malignes comme par exemple un myélome multiple.

Ces pathologies doivent être éliminées, au moins avec un examen clinique et biologique, avant de considérer un diagnostic d'ostéoporose. La mise en relation avec le médecin traitant du patient peut être utile pour écarter certaines hypothèses diagnostiques.

3.2 La prise en charge d'un patient ostéoporotique

Dans la pratique clinique, le chirurgien-dentiste doit programmer avec ses patients une consultation annuelle, lors de laquelle il fera un interrogatoire pour évaluer le mode de vie (activité physique, alimentation...) et un dépistage clinique et radiologique. Cela permettra dans un premier temps d'identifier les patients à risque d'ostéoporose.

Lors de la consultation le chirurgien-dentiste doit enseigner une méthode complète d'hygiène buccale et éliminer toute inflammation parodontale si besoin.

Une fois les patients à risques ciblés, Il faut proposer une prise en charge qui sera adaptée. Par exemple, le praticien doit prendre en compte les traitements du patient. Il doit aussi informer les patients sur les répercussions que peut avoir l'ostéoporose sur sa cavité buccale tel que le parodonte diminué, le risque accru de parodontite, la mobilité dentaire etc. Le praticien doit motiver le patient afin de maintenir une bonne hygiène buccale et instaurer un suivi régulier et des consultations annuelles.

Enfin, il est très important que les professionnels de santé collaborent entre eux. La communication avec les différents professionnels de santé qui gravitent autour du patient afin d'améliorer la prise en charge et le suivi du patient est primordiale. Le chirurgien-dentiste peut l'adresser au médecin traitant, l'orienter vers un rhumatologue et même l'adresser à une diététicienne pour vérifier avec les patients souffrant d'ostéoporose leurs apports alimentaires en calcium de façon à mieux adapter leur alimentation.

Par ailleurs, il est indispensable que les organismes de recherche publics et privés incitent plus largement les recherches fondamentales et cliniques sur l'ostéoporose et les risques fracturaires. La poursuite des recherches est particulièrement souhaitable au sujet de :

- La place du dépistage systématique dans la population générale
- L'étude de la microarchitecture osseuse trabéculaire, et application à la mise au point de méthodes d'exploration non invasives pour compléter la mesure de la DMO
- La valeur relative des facteurs de risque fracturaire
- Le rôle des facteurs nutritionnels dans l'apparition de l'ostéoporose
- Les traitements préventifs de l'ostéoporose

Conclusion

L'ostéoporose est une maladie sévère, en raison des fractures dont elle est responsable. La fréquence de cette maladie est élevée, notamment chez la femme âgée de plus de 50 ans et ne cesse d'augmenter avec le vieillissement de la population française.

Elle est à l'origine d'un coût conséquent pour la société et affecte gravement la qualité de vie des individus concernés. La prévention de l'ostéoporose constitue ainsi un réel enjeu de santé publique.

À travers la littérature, un lien entre la densité minérale osseuse systémique et la densité minérale osseuse de la mandibule a été démontré.

Nous avons vu que des éléments radiologiques, facilement identifiables sur les clichés rétroalvéolaires et panoramiques, peuvent alerter le chirurgien-dentiste sur un diagnostic d'ostéoporose et conduire le praticien à orienter son patient vers le médecin traitant ou le rhumatologue pour une prise en charge précoce et optimisée.

La maladie parodontale et l'ostéoporose partagent des facteurs de risque et aboutissent toutes deux à un déséquilibre du métabolisme osseux en faveur de la résorption. Une association entre ces deux maladies semble incontestable bien que les mécanismes ne soient pas encore bien identifiés. Toutefois, une compréhension globale et approfondie de l'ostéoporose est nécessaire pour une bonne gestion du patient et la mise en place d'un traitement parodontal adapté.

La littérature ne propose pas de recommandations particulières destinées au chirurgien-dentiste. Il est cependant clair que le praticien dispose d'outils cliniques et radiologiques qui lui permettent d'une part, d'adapter la prise en charge des patients ostéoporotiques et d'autre part, de repérer une ostéoporose et orienter précocement son patient afin que ce dernier puisse bénéficier d'une prise en charge optimale.

Bibliographie

1. Kribbs PJ. Comparison of mandibular bone in normal and osteoporotic women. *J Prosthet Dent.* 1990;63(2):218-22.
2. Law AN, Bollen AM, Chen SK. Detecting osteoporosis using dental radiographs : a comparison of four methods. *J Am Dent Assoc.* 1996;127(12):1734-42.
3. Yu JS, Krishna NG, Fox MG, Blankenbaker DG, Frick MA, Jawetz ST, et al. ACR Appropriateness criteria® osteoporosis and bone mineral density : 2022 update. *J. Am: Coll. Radiol.* 2022;19(11s):S417-s32.
4. Haute Autorité Santé. Prévention, diagnostic et traitement de l'ostéoporose 2006. Available from: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/osteoporose_synthese.pdf.
5. Lejeune N. L'ostéoporose, influences et conséquences sur l'os alvéolaire des maxillaires [Internet] [Thèse d'exercice : Chirurgie dentaire]. Université de Lorraine; 2014. Disponible sur: <https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01731785/document>.
6. Lespessailles E, Cotté FE, Roux C, Fardellone P, Mercier F, Gaudin AF. Prevalence and features of osteoporosis in the French general population : the Instant study. *Jt Bone Spine.* 2009;76(4):394-400.
7. Otagoto J, Ota N. Correlation between periodontal disease and osteoporosis using panoramic radiographic parameters for diagnosed osteoporosis in dental clinic. *Clin Calcium.* 2003;13(5):582-6.
8. Löffler MT, Sollmann N, Mei K, Valentinitzsch A, Noël PB, Kirschke JS, et al. X-ray-based quantitative osteoporosis imaging at the spine. *Osteoporos Int.* 2020;31(2):233-50.
9. Dreux C, Menkes JC. Méthodes de mesure de la densité minérale osseuse (DMO) et examens biologiques dans la prise en charge de l'ostéoporose *Bull Acad natl méd* 2006;190(6):1275-90.
10. Wang Y, Zhou W, Hao YJ, Li GT, Deng XR, Zhao J, et al. Quantitative ultrasound scans of the calcaneus : a useful tool for screening osteoporosis in patients with connective tissue disease. *Beijing Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban.* 2013;45(5):766-9.
11. Fitzgerald GE, Anachebe T, McCarroll KG, O'Shea F. Calcaneal quantitative ultrasound has a role in out ruling low bone mineral density in axial spondyloarthritis. *Clin Rheumatol.* 2020;39(6):1971-9.
12. Drozdowska B, Pluskiewicz W, Tarnawska B. Panoramic-based mandibular indices in relation to mandibular bone mineral density and skeletal status assessed by dual energy X-ray absorptiometry and quantitative ultrasound. *Dentomaxillofac Radiol.* 2002;31(6):361-7.
13. Orcel P, Rozenbaum H, Jeandel C, Couderc P, Meunier JP, Saugnac C. Prévalence de l'ostéoporose et des facteurs de risque dans une cohorte de femmes ménopausées suivies en ville. *Rev Rhum Mal Osteoartic.* 2007;74:1110.
14. Funck-Brentano T, Orcel P. Ostéoporose. In: . EMC. Elsevier Masson.2010.
15. Kanis JA, McCloskey EV, Johansson H, Strom O, Borgstrom F, Oden A. Case finding for the management of osteoporosis with FRAX--assessment and intervention thresholds for the UK. *Osteoporos Int.* 2008;19(10):1395-408.
16. Kanis JA, Johnell O, Oden A, Dawson A, De Laet C, Jonsson B. Ten year probabilities of osteoporotic fractures according to BMD and diagnostic thresholds. *Osteoporos Int.* 2001;12(12):989-95.

17. Eastell R. Management of bone health in postmenopausal women. *Horm Res* . 2005;64 Suppl 2:76-80 *Horm Res*. 2005;64 Suppl 2:76-80
18. Ganesan K, Jandu JS, Anastasopoulou C, Ahsun S, Roane D. Secondary osteoporosis. *StatPearls* : StatPearls Publishing. Copyright © 2023, StatPearls Publishing LLC.; 2023.
19. Dervis E. Oral implications of osteoporosis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2005;100(3):349-56.
20. Reddy MS, Morgan SL. Decreased bone mineral density and periodontal management. *Periodontol 2000*. 2013;61(1):195-218.
21. Armitage GC. Clinical evaluation of periodontal diseases. *Periodontol 2000*. 1995;7:39-53.
22. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 310 diseases and injuries, 1990-2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet*. 2016;388(10053):1545-602.
23. Bourgeois D, Bouchard P, Mattout C. Epidemiology of periodontal status in dentate adults in France, 2002-2003. *J Periodontal Res*. 2007;42(3):219-27.
24. Lee K, Kim J. Dairy food consumption is inversely associated with the prevalence of periodontal disease in korean adults. *Nutrients*. 2019;11(5).
25. Miller LC, Weaver DS, McAlister JA, Koritnik DR. Effects of ovariectomy on vertebral trabecular bone in the cynomolgus monkey (*Macaca fascicularis*). *Calcif Tissue Int*. 1986;38(1):62-5.
26. Binte Anwar R, Tanaka M, Kohno S, Ikegame M, Watanabe N, Nowazesh Ali M, et al. Relationship between porotic changes in alveolar bone and spinal osteoporosis. *J Dent Res*. 2007;86(1):52-7.
27. Taguchi A, Sueti Y, Ohtsuka M, Otani K, Tanimoto K, Ohtaki M. Usefulness of panoramic radiography in the diagnosis of postmenopausal osteoporosis in women. Width and morphology of inferior cortex of the mandible. *Dentomaxillofac Radiol*. 1996;25(5):263-7.
28. Singh A, Sharma RK, Siwach RC, Tewari S, Narula SC. Association of bone mineral density with periodontal status in postmenopausal women. *J Investig Clin Dent*. 2014;5(4):275-82.
29. Aspalli SS, Shetty VS, Parab PG, Nagappa G, Devnoorkar A, Devarathnamma MV. Osteoporosis and periodontitis : is there a possible link ? *Indian J Dent Res*. 2014;25(3):316-20.
30. Cakur B, Sahin A, Dagistan S, Altun O, Caglayan F, Miloglu O, et al. Dental panoramic radiography in the diagnosis of osteoporosis. *J Int Med Res*. 2008;36(4):792-9.
31. Al Habashneh R, Alchalabi H, Khader YS, Hazza'a AM, Odat Z, Johnson GK. Association between periodontal disease and osteoporosis in postmenopausal women in jordan. *J Periodontol*. 2010;81(11):1613-21.
32. Pepelassi E, Nicopoulou-Karayianni K, Archontopoulou AD, Mitsea A, Kavadella A, Tsiklakis K, et al. The relationship between osteoporosis and periodontitis in women aged 45-70 years. *Oral Dis*. 2012;18(4):353-9.
33. Tanriover MD, Guncu GN, Oz SG, Ercan E, Karabulut E, Nazliel-Erverdi H. Low bone mineral density in young individuals is associated with greater gingival inflammation and recession. *Rheumatol Int*. 2014;34(11):1563-9.
34. LaMonte MJ, Hovey KM, Genco RJ, Millen AE, Trevisan M, Wactawski-Wende J. Five-year changes in periodontal disease measures among postmenopausal females : the Buffalo OsteoPerio study. *J Periodontol*. 2013;84(5):572-84.
35. Erdogan O, Incki KK, Benlidayi ME, Seydaoglu G, Kelekci S. Dental and radiographic findings as predictors of osteoporosis in postmenopausal women. *Geriatr Gerontol Int*. 2009;9(2):155-64.

36. Taguchi A, Tanimoto K, Suei Y, Otani K, Wada T. Oral signs as indicators of possible osteoporosis in elderly women. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1995;80(5):612-6.
37. Inagaki K, Kurosu Y, Yoshinari N, Noguchi T, Krall EA, Garcia RI. Efficacy of periodontal disease and tooth loss to screen for low bone mineral density in Japanese women. *Calcif Tissue Int.* 2005;77(1):9-14.
38. Jang KM, Cho KH, Lee SH, Han SB, Han KD, Kim YH. Tooth loss and bone mineral density in postmenopausal South Korean women : the 2008-2010 Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *Maturitas.* 2015;82(4):360-4.
39. Nicopoulou-Karayianni K, Tzoutzoukos P, Mitsea A, Karayiannis A, Tsiklakis K, Jacobs R, et al. Tooth loss and osteoporosis : the osteodent Study. *J Clin Periodontol.* 2009;36(3):190-7.
40. Chang WP, Chang WC, Wu MS, Pai JT, Guo YC, Chen KC, et al. Population-based 5-year follow-up study in Taiwan of osteoporosis and risk of periodontitis. *J Periodontol.* 2014;85(3):e24-30.
41. Lin TH, Lung CC, Su HP, Huang JY, Ko PC, Jan SR, et al. Association between periodontal disease and osteoporosis by gender: a nationwide population-based cohort study. *Medicine (Baltimore).* 2015;94(7):e553.
42. Kyrgidis A, Tzellos TG, Toulis K, Antoniadis K. The facial skeleton in patients with osteoporosis: a field for disease signs and treatment complications. *J Osteoporos.* 2011;2011:147689.
43. Huja SS, Fernandez SA, Hill KJ, Li Y. Remodeling dynamics in the alveolar process in skeletally mature dogs. *Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol.* 2006;288(12):1243-9.
44. Gomes CC, de Rezende Barbosa GL, Bello RP, Bóscolo FN, de Almeida SM. A comparison of the mandibular index on panoramic and cross-sectional images from CBCT exams from osteoporosis risk group. *Osteoporos Int.* 2014;25(7):1885-90.
45. Jowitt N, MacFarlane T, Devlin H, Klemetti E, Horner K. The reproducibility of the mandibular cortical index. *Dentomaxillofac Radiol.* 1999;28(3):141-4.
46. Taguchi A, Asano A, Ohtsuka M, Nakamoto T, Suei Y, Tsuda M, et al. Observer performance in diagnosing osteoporosis by dental panoramic radiographs : results from the osteoporosis screening project in dentistry (OSPD). *Bone.* 2008;43(1):209-13.
47. Arifin AZ, Asano A, Taguchi A, Nakamoto T, Ohtsuka M, Tsuda M, et al. Computer-aided system for measuring the mandibular cortical width on dental panoramic radiographs in identifying postmenopausal women with low bone mineral density. *Osteoporos Int.* 2006;17(5):753-9.
48. Kavitha MS, Asano A, Taguchi A, Heo MS. The combination of a histogram-based clustering algorithm and support vector machine for the diagnosis of osteoporosis. *Imaging Sci Dent.* 2013;43(3):153-61.
49. Allen PD, Graham J, Farnell DJ, Harrison EJ, Jacobs R, Nicopolou-Karayianni K, et al. Detecting reduced bone mineral density from dental radiographs using statistical shape models. *IEEE Trans Inf Technol Biomed.* 2007;11(6):601-10.
50. Roberts MG, Graham J, Devlin H. Image texture in dental panoramic radiographs as a potential biomarker of osteoporosis. *IEEE transactions on bio-medical engineering.* 2013;60(9):2384-92.
51. Muramatsu C, Matsumoto T, Hayashi T, Hara T, Katsumata A, Zhou X, et al. Automated measurement of mandibular cortical width on dental panoramic radiographs. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2013;8(6):877-85.
52. Jonasson G, Jonasson L, Kiliaridis S. Skeletal bone mineral density in relation to thickness, bone mass, and structure of the mandibular alveolar process in dentate men and women. *Eur J Oral Sci.* 2007;115(2):117-23.

53. Savic Pavicin I, Dumancic J, Jukic T, Badel T, Badanjak A. Digital orthopantomograms in osteoporosis detection: mandibular density and mandibular radiographic indices as skeletal BMD predictors. *Dentomaxillofac Radiol.* 2014;43(7):20130366.
54. Jonasson G. Bone mass and trabecular pattern in the mandible as an indicator of skeletal osteopenia : a 10-year follow-up study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;108(2):284-91.
55. Jonasson G, Sundh V, Hakeberg M, Hassani-Nejad A, Lissner L, Ahlqwist M. Mandibular bone changes in 24 years and skeletal fracture prediction. *Clin Oral Investig.* 2013;17(2):565-72.
56. Jonasson G, Bankvall G, Kiliaridis S. Estimation of skeletal bone mineral density by means of the trabecular pattern of the alveolar bone, its interdental thickness, and the bone mass of the mandible. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2001;92(3):346-52.
57. Jonasson G, Alstad T, Vahedi F, Bosaeus I, Lissner L, Hakeberg M. Trabecular pattern in the mandible as bone fracture predictor. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;108(4):e42-51.
58. Taguchi A, Tsuda M, Ohtsuka M, Kodama I, Sanada M, Nakamoto T, et al. Use of dental panoramic radiographs in identifying younger postmenopausal women with osteoporosis. *Osteoporos Int.* 2006;17(3):387-94.
59. Lindh C, Horner K, Jonasson G, Olsson P, Rohlin M, Jacobs R, et al. The use of visual assessment of dental radiographs for identifying women at risk of having osteoporosis : the OSTEODENT project. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008;106(2):285-93.
60. Jonasson G, Jonasson L, Kiliaridis S. Changes in the radiographic characteristics of the mandibular alveolar process in dentate women with varying bone mineral density : a 5-year prospective study. *Bone.* 2006;38(5):714-21.
61. Jonasson G, Sundh V, Ahlqwist M, Hakeberg M, Björkelund C, Lissner L. A prospective study of mandibular trabecular bone to predict fracture incidence in women : a low-cost screening tool in the dental clinic. *Bone.* 2011;49(4):873-9.
62. Hassani-Nejad A, Ahlqwist M, Hakeberg M, Jonasson G. Mandibular trabecular bone as fracture indicator in 80-year-old men and women. *Eur J Oral Sci.* 2013;121(6):525-31.
63. White SC, Rudolph DJ. Alterations of the trabecular pattern of the jaws in patients with osteoporosis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1999;88(5):628-35.
64. Geraets WG, Verheij JG, van der Stelt PF, Horner K, Lindh C, Nicopoulou-Karayianni K, et al. Prediction of bone mineral density with dental radiographs. *Bone.* 2007;40(5):1217-21.
65. Geraets WG, Verheij JG, van der Stelt PF, Horner K, Lindh C, Nicopoulou-Karayianni K, et al. Selecting regions of interest on intraoral radiographs for the prediction of bone mineral density. *Dentomaxillofac Radiol.* 2008;37(7):375-9.
66. Oliveira ML, Pedrosa EF, Cruz AD, Haiter-Neto F, Paula FJ, Watanabe PC. Relationship between bone mineral density and trabecular bone pattern in postmenopausal osteoporotic Brazilian women. *Clin Oral Investig.* 2013;17(8):1847-53.
67. Southard TE, Southard KA, Jakobsen JR, Hillis SL, Najim CA. Fractal dimension in radiographic analysis of alveolar process bone. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1996;82(5):569-76.
68. Franciotti R, Moharrami M, Quaranta A, Bizzoca ME, Piattelli A, Aprile G, et al. Use of fractal analysis in dental images for osteoporosis detection: a systematic review and meta-analysis. *Osteoporos Int.* 2021;32(6):1041-52.

69. Verheij JG, Geraets WG, van der Stelt PF, Horner K, Lindh C, Nicopoulou-Karayianni K, et al. Prediction of osteoporosis with dental radiographs and age. *Dentomaxillofac Radiol.* 2009;38(7):431-7.
70. Geraets WG, Verheij JG, van der Stelt PF, Horner K, Lindh C, Nicopoulou-Karayianni K, et al. Osteoporosis and the general dental practitioner : reliability of some digital dental radiological measures. *Community Dent Oral Epidemiol.* 2007;35(6):465-71.

Table des figures

Figure 1 : Schéma de l'absorption biphotonique à rayon X4

Figure 2 : le T-score5

Figure 3 : Exemple de compte-rendu d'ostéodensitométrie. Femme de 90 ans présentant une importante ostéoporose densitométrique associée à des antécédents de fractures multiples6

Figure 4 : Flow chart issu de l'étude de Tzu Hsienn Lin et al.15

Figure 5 : Évolution clinique de la santé parodontale à la parodontite sévère20

Figure 6 : L'indice visuel de Klemetti correspondant à l'aspect de la corticale mandibulaire en distal du foramen mentonnier22

Figure 7 : a = LCM ; b = distance entre le foramen mentonnier et le bord inférieur de la corticale mandibulaire24

Figure 8 : Classification des trabéculations26

Table des tableaux

Tableau 1 : Facteurs de risque de l'ostéoporose et de la parodontite¹²

Tableau 2 : Relation entre DMO systémique et DMO mandibulaire¹⁷

Vu, le Directeur de thèse

Vu, le Doyen de l'UFR d'Odontologie

Docteur Françoise TILOTTA

Professeur Vianney DESCROIX

Vu, le Président d'Université Paris Cité

Professeur Édouard KAMINSKI

Pour le Président et par délégation,

Le Doyen Vianney DESCROIX

Le rôle du chirurgien-dentiste dans le dépistage de l'ostéoporose

Emma Marechal. Le rôle du chirurgien-dentiste dans le dépistage de l'ostéoporose.
2024. p.41: ill., tabl. Réf. bibliographiques p. 35-39.

Sous la direction de Mme le Docteur Françoise Tilotta.

Université Paris Cité
UFR d'Odontologie
1, rue Maurice Arnoux - 92120 Montrouge
5, rue Garancière - 75006 Paris