UNIVERSITE de LIMOGES
Section
Médecine
Pharmacie

UNIVERSITE DE LIMOGES

Faculté de Médecine

ANNEE 2002

Thèse n° 125/1

COMPARAISON ENTRE ULTRASONS ET ABSORPTIOMETRIE BIPHOTONIQUE A RAYONS X CHEZ 86 FEMMES AGEES DE 50 A 74 ANS.

SCD UNIV.LIMOGES
D 035 100189 1

THESE

POUR LE

DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE

Présentée et soutenue publiquement le 27 mai 2002 par

Estelle ROUET épouse QUENNESSON
Née le 4 Septembre 1972 à Châteauroux (Indre).

EXAMINATEURS de la THESE

Monsieur le Professeur TREVES .....PRESIDENT
Monsieur le Professeur BERTIN .....JUGE
Monsieur le Professeur PREUX ..... JUGE
Monsieur le Professeur SALLE ..... JUGE
Madame le Docteur BONNET .....MEMBRE INVITE

UNIVERSITE DE LIMOGES
FACULTE DE MEDECINE

DOYEN DE LA FACULTE: Monsieur le Professeur VANDROUX Jean-Claude

ASSESSEURS: Monsieur le Professeur LASKAR Marc
Monsieur le Professeur VALLEIX Denis
Monsieur le Professeur COGNE Michel

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS:
* C.S = Chef de Service

ACHARD Jean-Michel	PHYSIOLOGIE
ADENIS Jean-Paul * (C.S)	OPHTALMOLOGIE
ALAIN Jean-Luc (C.S)	CHIRURGIE INFANTILE
ALDIGIER Jean-Claude	NEPHROLOGIE
ARCHAMBEAUD-MOUVEROUX Françoise (C.S)	MEDECINE INTERNE
ARNAUD Jean-Paul (C.S)	CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE
BARTHE Dominique	HISTOLOGIE EMBRYOLOGIE CYTOGENETIQUE
BEDANE Christophe	DERMATOLOGIE
BERTIN Philippe	THERAPEUTIQUE
BESSEDE Jean-Pierre	OTO-RHINO-LARYNGOLOGIE
BONNAUD François (C.S)	PNEUMOLOGIE
BONNETBLANC Jean-Marie (C.S)	DERMATOLOGIE
BORDESSOULE Dominique (C.S)	HEMATOLOGIE ET TRANSFUSION
BOUTROS-TONI Fernand	BIOSTATISTIQUE ET INFORMATIQUE MEDICALE
CHARISSOUX Jean-Louis	CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE
CLAVERE Pierre	RADIOTHERAPIE
CLEMENT Jean-Pierre (C.S)	PSYCHIATRIE ADULTES
COGNE Michel	IMMUNOLOGIE
COLOMBEAU Pierre (C.S)	UROLOGIE
CORNU Elisabeth	CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIO-VASCULAIRE
COURATIER Philippe	NEUROLOGIE
CUBERTAFOND Pierre (C.S)	CLINIQUE DE CHIRURGIE DIGESTIVE
DARDE Marie-Laure (C.S)	PARASITOLOGIE
DE LUMLEY WOODYEAR Lionel (C.S)	PEDIATRIE
DENIS François (C.S)	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE-HYGIENE
DESCOTTES Bernard (C.S)	ANATOMIE
DUDOGNON Pierre (C.S)	REEDUCATION FONCTIONNELLE
DUMAS Jean-Philippe	UROLOGIE
DUMAS Michel	NEUROLOGIE
DUMONT Daniel (C.S)	MEDECINE DU TRAVAIL
DUPUY Jean-Paul (C.S)	RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE
FEISS Pierre (C.S)	ANESTHESIOLOGIE ET REANIMATION CHIRURGICALE
GAINANT Alain	CHIRURGIE DIGESTIVE
GAROUX Roger (C.S)	PEDOPSYCHIATRIE
GASTINNE Hervé (C.S)	REANIMATION MEDICALE
JAUBERTEAU-MARCHAN Marie-Odile	IMMUNOLOGIE
LABROUSSE François (C.S)	ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUE
LASKAR Marc (C.S)	CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIO-VASCULAIRE
LEGER Jean-Marie	PSYCHIATRIE D'ADULTES
LEROUX-ROBERT Claude (C.S)	NEPHROLOGIE
LIENHARDT-ROUSSIE Anne	PEDIATRIE
MABIT Christian	ANATOMIE-CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE
MARQUET Pierre	PHARMACOLOGIE ET TOXICOLOGIE
MAUBON Antoine	RADIOLOGIE
MELLONI Boris	PNEUMOLOGIE
MENIER Robert (C.S)	PHYSIOLOGIE
MERLE Louis	PHARMACOLOGIE
MOREAU Jean-Jacques (C.S)	NEUROCHIRURGIE
MOULIES Dominique	CHIRURGIE INFANTILE
NATHAN-DENIZOT Nathalie	ANESTHESIOLOGIE ET REANIMATION CHIRURGICALE

PARAF François	ANATOMIE PATHOLOGIQUE
PHILIPPE Henri-Jean (CS)	GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE
PILLEGAND Bernard (C.S)	HEPATO-GASTRO-ENTEROLOGIE
PIVA Claude (C.S)	MEDECINE LEGALE
PREUX Pierre-Marie	INFORMATION MEDICALE ET EVALUATION
RIGAUD Michel (C.S)	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE
ROUSSEAU Jacques	RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE
SALLE Jean-Yves	MEDECINE PHYSIQUE ET READAPTATION
SAUTEREAU Denis	HEPATO-GASTRO-ENTEROLOGIE
SAUVAGE Jean-Pierre (C.S)	OTO-RHINO-LARYNGOLOGIE
TREVES Richard (C.S)	RHUMATOLOGIE
TUBIANA-MATHIEU Nicole (C.S)	CANCEROLOGIE
VALLAT Jean-Michel (C.S)	NEUROLOGIE
VALLEIX Denis	ANATOMIE
VANDROUX Jean-Claude (C.S)	BIOPHYSIQUE ET TRAITEMENT DE L'IMAGE
VERGNENEGRE Alain	EPIDEMIOLOGIE-ECONOMIE DE LA SANTE-PREVENTION
VIDAL Elisabeth (C.S)	MEDECINE INTERNE
VIGNON Philippe	REANIMATION MEDICALE
VIROT Patrice (C.S)	CARDIOLOGIE
WEINBRECK Pierre (C.S)	MALADIES INFECTIEUSES

PROFESSEUR ASSOCIE A MI-TEMPS

BUCHON Daniel	MEDECINE GENERALE

SECRETAIRE GENERAL DE LA FACULTE - CHEF DES SERVICES ADMINISTRATIFS

ROCHE Doriane

A notre président de thèse,

Monsieur le Professeur TREVES

Professeur des universités de Rhumatologie
Médecin des Hôpitaux
Chef de service.

Vous nous avez fait découvrir et apprécier la Rhumatologie.
Votre érudition nous a permis de progresser dans cette discipline.
Nous vous remercions de nous faire l'honneur de présider ce jury.

A nos juges,

Monsieur le Professeur BERTIN,

Professeur des Universités de Thérapeutique
Docteur en Médecine
Docteur es Sciences
Rhumatologue des Hôpitaux.

La confiance que vous nous avez accordée au cours de nos études nous a permis de nous affirmer dans notre pratique médicale.
Qu'il nous soit permis de vous remercier d'avoir accepté de juger ce travail.

Monsieur le Professeur PREUX,

Professeur des Universités de Santé Publique
Praticien hospitalier.

Vous avez toujours fait preuve de disponibilité et de qualités humaines.
Nous vous remercions de l'honneur que vous nous faîtes en acceptant de juger cette thèse.

Monsieur le Professeur SALLE,

Professeur des Universités de Médecine Physique et Réadaption
Médecin des Hôpitaux.

Votre disponibilité et vos compétences sont pour nous un exemple.
Vous nous faîtes l'honneur de juger ce travail et nous vous en remercions.

Madame le Docteur Bonnet,

Votre disponibilité et vos compétences médicales nous ont accompagné tout au long de nos études.
Nous vous en remercions.

A Emilien, pour tout ce qu'il nous apporte.

A Sébastien, pour son amour et son soutien de tous les instants.

A mes parents, qui ont toujours respecté mes choix et m'ont permis de devenir ce que je suis.

A Aurélien, pour notre complicité.

A mes grands-parents qui ont toujours eu confiance en moi et à la mémoire de mon grand-père.

A Delphine et Jérôme,

A mes beaux-parents,

A tous mes amis,

A mes co-internes et à tout le personnel de Rhumatologie en souvenir des bons moments passées ensemble.

A Maryvonne et Michel, pour leur disponibilité.

A Isabelle et Marie, vos compétences et votre disponibilité m'ont beaucoup apporté.

A Monsieur le Professeur Valat et au service de Rhumatologie de Tours pour leur accueil.

PLAN

I- DEFINITION DE L'OSTEOPOROSE :

II- CLASSIFICATION DENSITOMETRIQUE DE L'OSTEOPOROSE

III- LE TISSU OSSEUX, SON ARCHITECTURE ET SON EVOLUTION AU COURS DE LA VIE:

A- Architecture osseuse en fonction de l'âge :

1- Os trabéculaire :
2- Os cortical :

B-Composition en fonction de l'os :

IV- LES DIFFERENTES TECHNIQUES DE DEPISTAGE :

V- LES ULTRASONS :

A- Qu'est-ce que les ultrasons ?

B- Les principes de l'appareil

C- Les paramètres : BUA, SOS et Stiffness

1- La vitesse des ultrasons (SOS : Speed of sound)

a- Définition
b- Les données de la littérature

2- L'atténuation de fréquence ou BUA (Broadband Ultrasonic Attenuation)

a- Définition
b- Les données de la littérature

- BUA et densitométrie osseuse
- Variation de la BUA en fonction de l'âge
- BUA et facteur de risque de la ménopause
- BUA et antécédents familiaux d'ostéoporose
- BUA et déroulement de l'examen

3- Stiffness

D- Etude du calcanéum et des autres segments osseux en ultrasonographie

1- Le calcanéum

2- Les autres sites:

a- Les phalanges
b- Le tibia
c- Rotule et cubitus

E-Reproductibilité

F-Modalités de l'examen sur le calcanéum

1- Description
2- Installation du patient
3- Résultats
4- Contre-indications

VI- INTERETS ET PRESENTATION DE L'ETUDE

A- Matériels
B- Modalités de recueil de l'information
C- L'absorptiométrie biphotonique à rayons X
D- Les ultrasons
E- Modalités de saisie de traitement de l'information

VII- RESULTATS

A- Résultats de l'absorptiométrie biphotonique à rayons X (DEXA) dans notre échantillon

B- Lien entre paramètres ultrasonores et T-score lombaire

1- tests paramétriques

a- la BUA
b- le SOS
c- le Stiffness

2- tests non paramétriques

C- Lien entre paramètres ultrasonores et Tscore fémoral

1- tests paramétriques

a- La BUA
b- Le SOS
c- Le Stiffness

2- tests non paramétriques

D- Lien entre paramètres ultrasonores et ostéoporose

1- Tableau de contingence

a- tests paramétriques

- La BUA
- Le SOS
- Le Stiffness

b- tests non paramétriques

- La BUA
- Le SOS
- Le Stiffness

2-

a- La BUA
b- Le SOS
c- Le Stiffness

E-Lien entre facteurs de risque de l'ostéoporose et T-scores lombaire et fémoral

1- Répartition des facteurs de risque de l'ostéoporose dans notre échantillon

a- ostéoporose et âge de la ménopause
b- ostéoporose et antécédents familiaux dans notre échantillon
c- ostéoporose et antécédents fracturaires dans notre échantillon
d- ostéoporose et BMI dans notre échantillon

2- Facteurs de risque et T-score lombaire

a- Lien entre Tscore lombaire et âge de la ménopause
b- Lien entre T-score lombaire et antécédents familiaux
c- Lien entre T-score lombaire et antécédents fracturaires
d- Lien entre T-score lombaire et BMI

3- Facteurs de risque et T-score fémoral

a- Lien entre Tscore fémoral et âge de la ménopause
b- Lien entre T-score fémoral et antécédents familiaux
c- Lien entre T-score fémoral et antécédents fracturaires
d- Lien entre T-score fémoral et BMI

4- Facteurs de risque et BUA

a- Lien entre BUA et âge de la ménopause
b- Lien entre BUA et antécédents familiaux
c- Lien entre BUA et antécédents fracturaires
d- Lien entre BUA et BMI
e- Conclusion facteurs de risque et BUA

5- Facteurs de risque et SOS

a- Lien entre SOS et âge de la ménopause

a- Lien entre SOS et antécédents familiaux
b- Lien entre SOS et antécédents fracturaires
c- Lien entre SOS et BMI
d- Conclusion facteurs de risque et SOS

6- Facteurs de risque et Stiffness

a- Lien entre Stiffness et âge de la ménopause
b- Lien entre Stiffness et antécédents familiaux
c- Lien entre Stiffness et antécédents fracturaires
d- Lien entre Stiffness et BMI
e- Conclusion facteurs de risque et Stiffness

7- Tableau récapitulatif des différents liens entre les paramètres de la DEXA et ultrasonores avec les facteurs de risque de l'ostéoporose étudiés

VIII- DISCUSSION

A- Lien entre paramètres ultrasonores et les T-scores lombaire et fémoral

B- Résultats du tableau de contingence

C- Lien entre facteurs de risque de l'ostéoporose et Tscore

1- Tscore lombaire

2- Tscore fémoral

3- Les données de la littérature

a- Ostéoporose et âge de la ménopause
b- Ostéoporose et antécédents familiaux

c- Ostéoporose et antécédents fracturaires
d- Ostéoporose et BMI

D- Lien entre facteurs de risque et paramètres ultrasonores

1- Les résultats de l'étude

2- Les données de la littérature

a- Ultrasons et âge de la ménopause
b- Ultrasons et antécédents familiaux
c- Ultrasons et antécédents fracturaires
d- Ultrasons et Indice de masse corporelle

IX- CONCLUSION

L'ostéoporose est une maladie du squelette caractérisée par une masse osseuse faible, une détérioration de la micro-architecture du tissu osseux et une augmentation du risque de fracture. Celle-ci intéresse principalement le poignet, le rachis et l'extrémité supérieure du fémur.

L'ostéoporose post-ménopausique, à laquelle nous nous intéresserons plus particulièrement dans cette étude, est responsable chaque année de 50 000 nouveaux tassements vertébraux, 50 000 fractures du col fémoral et 35 000 fractures du poignet (1), chiffrés en 1995 à 1% des dépenses hospitalières en France (2).

En décembre 2001, une étude prospective américaine a suivi, de Septembre 1997 à Mars 1999, 200 160 femmes âgées de 50 ans et plus, ménopausées, afin d'étudier les valeurs de la densité minérale osseuse jusqu'alors inconnues chez ces femmes : 39,6 % étaient ostéopéniques et 7,2 % ostéoporotiques (3).

Cette maladie est devenue un problème de santé publique concernant environ 300 000 femmes atteignant l'âge de la ménopause chaque année en France (4). Les fractures ostéoporotiques sont de plus en plus fréquentes dans les pays industrialisés en raison de l'augmentation rapide de l'espérance de vie. Parmi 100 femmes âgées de 50 ans atteignant la ménopause, 40 auront, avant la fin de leur vie, une fracture non traumatique, 18 d'entre elles une fracture du col fémoral et 17 souffriront d'au moins un tassement vertébral (5). L'accroissement continu de l'espérance de vie devrait provoquer un triplement de l'incidence des fractures dans le monde au cours des 60 prochaines années (6).

On estime que 90 % des fractures du col fémoral et des tassements vertébraux et 70 % des fractures du poignet peuvent être attribuées à l'ostéoporose (7).

Ainsi, il était capital de définir l'ostéoporose de manière à faire le diagnostic de la maladie avant l'apparition de ses complications.

I- DEFINITION DE L'OSTEOPOROSE :

Elle est décrite par des critères anatomiques au début du XIX^{ème} siècle par Lobstein sous le terme d'os poreux pour caractériser les nombreuses cavités examinées sur les pièces osseuses.

Cette maladie était alors diagnostiquée au stade fracturaire : les tassements vertébraux signant l'ostéoporose des femmes ménopausées, tandis que les sujets de plus de 70 ans souffraient de fractures du poignet et du col fémoral.

La définition actuelle de la maladie a été élaborée en 1993 lors de la conférence de consensus de Hongkong : "L'ostéoporose est une maladie osseuse diffuse touchant le squelette, caractérisée par une masse osseuse basse et des altérations micro-architecturales ayant pour conséquence une fragilité osseuse accrue pouvant conduire à des fractures".

Cette définition permet alors le diagnostic de la maladie à un stade pré-fracturaire et repose sur la densité minérale osseuse, critère objectif et quantitatif. En effet, une étude qualitative de la structure osseuse nécessitait

l'utilisation de moyens invasifs comme, par exemple la biopsie osseuse avec double marquage à la Tétracycline.

La densitométrie osseuse permet cette étude qualitative et reproductible et est utilisée comme moyen de dépistage.

II- CLASSIFICATION DENSITOMETRIQUE DE L'OSTEOPOROSE :

La mesure de la masse osseuse réalisée par la densitométrie permet d'établir un risque de fractures ultérieures liées à l'ostéoporose.

La densité minérale osseuse est exprimée de plusieurs façons :

- **Le Z-score** qui compare la DMO du patient à celle d'une population normale de même âge et de même sexe, exprimé en déviations standard.

- **Le T-score**, exprimé également en déviations standard par rapport à la comparaison d'une population jeune et normale de même sexe au stade de pic de masse osseuse.

L'OMS a établi une définition ostéodensitométrique standardisée en 1994 :

0- NORMAL : densité osseuse inférieure de moins de 1 écart-type par rapport à celle de l'adulte jeune (T-score > -1)

1- OSTEOPENIE : densité osseuse comprise entre -1 et -2,5 écarts-type par rapport à l'adulte jeune (-1≤ T-score ≥ -2,5)

2- OSTEOPOROSE : densité osseuse inférieure à -2,5 écarts-type par rapport à l'adulte jeune (T-score < -2,5)

3- OSTEOPOROSE FRACTURAIRE : densité osseuse inférieure à -2,5 écarts-type par rapport à l'adulte jeune en présence d'une ou plusieurs fractures par fragilité.

Néanmoins, il faut garder à l'esprit que le diagnostic d'ostéoporose ne peut être affirmé sur les seules valeurs de la DMO basse. C'est un diagnostic d'élimination portant sur les données de l'interrogatoire et de l'examen clinique afin d'écarter d'autres maladies pouvant soit se traduire également par une DMO basse (ostéomalacie, hyperparathyroïdie...) soit par une ostéoporose secondaire (myélome, mastocytose...).

Cependant, la résistance de l'os qui est l'un des déterminants principaux du risque fracturaire est dépendante à la fois de la masse osseuse reflétée par la densité minérale osseuse mais aussi de la micro-architecture de l'os. En fait, la DMO n'explique que 70 à 80 % de la variance de la résistance osseuse, le reste

pourrait être lié à une accumulation de microfractures de fatigue, une micro-architecture osseuse modifiée ou un dérèglement du remodelage osseux.

III- LE TISSU OSSEUX, SON ARCHITECTURE ET SON EVOLUTION AU COURS DE LA VIE :

Le tissu osseux peut être différencié en deux entités distinctes :
L'os trabéculaire et l'os cortical.

L'os cortical occupe la partie périphérique des os longs tandis que l'os trabéculaire occupe leurs extrémités, dans les épiphyses et les métaphyses.

L'os cortical représente 80 % de l'os squelettique total, cependant l'os trabéculaire se renouvelle 5 fois plus que l'os cortical, il rend compte de 80 % du métabolisme du squelette, est le siège des fractures (vertèbres, hanche, avant-bras).

A- Architecture osseuse en fonction de l'âge :

1- Os trabéculaire :

L'architecture osseuse subit de nombreuses modifications en fonction de l'âge et du statut hormonal. Elles s'associent à une modification du risque fracturaire.

Il existe en vieillissant une raréfaction des travées horizontales et un espacement de celles-ci dans les deux sexes avec, après 75 ans des modifications plus importantes chez la femme notamment en ce qui concerne l'espacement (8). De plus, les études biomécaniques ont montré que la résistance à la compression horizontale chez la femme diminue brutalement à la ménopause probablement par altération plus précoce des étais horizontaux.

Cette étude a été confirmée par d'autres travaux confirmant l'altération de la microarchitecture avec l'âge (9,10). L'os trabéculaire s'altère, en particulier sur les travées osseuses qui se fragmentent et se perforent d'où un retentissement sur la résistance osseuse.

2- Os cortical :

Il subit des modifications avec l'âge qui paraissent plus réduites mais tout aussi importantes dans la résistance osseuse. Selon certains auteurs, il participerait autant que l'os trabéculaire à la résistance osseuse (11). Cependant, au cours du vieillissement, l'épaisseur corticale n'est réduite que de 10 % tandis que le volume trabéculaire diminue de 30 %.

Sur l'extrémité supérieure du fémur, la masse osseuse du col fémoral dans son ensemble rend compte de 80 % de la variance de la solidité de l'os, alors que la masse osseuse trabéculaire du centre du col n'intervient que pour 40 à 50 % d'où l'importance de l'os compact (12).

B- Composition en fonction de l'os :

La répartition entre os trabéculaire et os cortical est variable selon les segments osseux étudiés, notamment ceux mesurés dans l'ostéoporose : le calcanéum est composé de 90 % d'os trabéculaire, le col fémoral de 50 %, les vertèbres lombaires de 65 % et l'extrémité distale du radius de 45 %.

RACHIS	
• Corps vertébral	
total	40 % - 70 %
central	100 %
• Arc postérieur	10 %
• Vertèbre entière	25 - 50 %
RADIUS	
• Proximal	5%
• Distal	35 %
FÉMUR	
• Col	25 % - 40 %
• T. Ward	100 %
• Trochanter	50 %
CALCANÉUM	90%
SQUELETTE ENTIER	20 %

Proportion d'os trabéculaire des principaux sites de mesure de la densité osseuse (d'après Pouillès, Réflexions rhumatologiques 2002) (13).

IV- LES DIFFERENTES TECHNIQUES DE DEPISTAGE :

Au cours des 25 dernières années, différentes techniques non invasives basées sur l'atténuation des radiations ionisantes ont été développées pour quantifier la densité minérale osseuse du squelette axial et périphérique :

- L'absorptiométrie monophotonique (SPA)

- L'absorptiométrie biphotonique à rayons X (DEXA)

- La tomographie quantitative (QCT)

- Les ultrasons

MÉTHODES	SITES
Radiographie	
Photodensitométrie (1937)	Calcanéum
Absorptiométrie radiographique (RA, 1991)	Métacarpiens
	Phalanges
Absorptiométrie	
Monophotonique (1963)	Calcanéum, avant-bras
Biphotonique isotope (DPA, 1970)	Rachis, fémur, corps entier
Biphotonique rayons-X (DXA, 1987)	Calcanéum, avant-bras,
Biphotonique périphérique (pDXA, 1997)	Phalanges...
Tomodensitométrie	
Axiale (QCT, 1977)	Rachis
Périphérique (pQCT, 1976)	Radius, tibia
Ultrasons	
US Quantitative (QUS, 1984)	Calcanéum, tibia, phalanges ...

Principales méthodes de densitométrie osseuse (d'après Pouillès Réflexions rhumatologiques 2002) (13).

Ces différentes techniques diffèrent par leur source d'énergie mais aussi par le site et le type d'os mesuré.

	EXACTITUDE (% erreur)	REPRODUCTIBILITÉ (CV %)	DURÉE (mn)	DOSE EFFECTIVE (µSev)
PÉRIPHÉRIQUES				
Ab. Radiographique	3 - 6	1 - 1,5	3 - 5	≤ 1
Ab. Photonique	3 - 5	0.8 - 2	1 - 10	1
Tomodensitométrie	10 - 14	0.8 - 2	5 - 10	1
Ultrasons	?	BUA 1 - 6 SOS 0.3 - 1	5 - 15	0
AXIALES				
Ab. Photonique	5 - 15	1 - 2	1-15	1-20

Performances des techniques de densitométrie osseuse (d'après Pouillès Réflexions rhumatologiques 2002) (13).

Ces méthodes sont relativement coûteuses mais seules intéressantes pour mesurer la densité minérale osseuse et diagnostiquer l'ostéoporose. Elles ont des caractéristiques différentes (exactitude, reproductibilité, dose délivrée...). Cependant, elles ne donnent que peu d'informations sur la structure de l'os et sa résistance.

Ainsi de nouvelles techniques se sont développées afin d'évaluer ces différents paramètres et de tenter d'évaluer l'ostéoporose en tenant compte de ceux-ci.

L'outil de dépistage idéal permettrait de combiner des informations sur la densité osseuse, son élasticité et sa structure, détectant la fragilité osseuse et non sa masse seule. Il serait bon marché, non irradiant, permettrait des mesures reproductibles et donc le suivi des patients, facile à utiliser et serait un moyen plus sensible pour dépister les femmes à risque de fractures que la DMO seule.

V- LES ULTRASONS :

Les différentes méthodes d'évaluation du squelette classent différemment les patients en fonction de leur risque osseux. Le résultat dépend de la technique utilisée, de la proportion d'os trabéculaire et compact et du site étudié. L'OMS a établi une classification densitométrique de l'ostéoporose à partir de l'écart de la valeur observée par rapport au pic de masse osseuse. Cette définition ne s'applique pas pour les ultrasons.

L'intérêt de cette technique n'est pas de faire le diagnostic de fractures par ostéoporose mais plutôt de dépister les sujets ayant un risque élevé de fractures comme pour l'absorptiométrie biphotonique à rayons X.

Depuis plusieurs années, ont été développées des méthodes d'exploration osseuse par ultrasons (14). Dans l'industrie (nucléaire, aéronautique, automobile...), on utilise cette technique pour caractériser la microstructure et l'élasticité des matériaux.

A- Qu'est-ce que les ultrasons ?

L'ultrason est une onde de vibration mécanique dont la fréquence est située au-dessus des capacités d'audition humaine : de 20 000 ondes par seconde (soit 20 kilohertz ou khz) à 100 000 000 ondes par seconde (soit 100 mégahertz ou Mhz). L'énergie est transmise à travers le matériau et atteint le côté opposé.

Lorsque les ultrasons passent à travers l'os, ils provoquent une vibration de l'os cortical et du réseau trabéculaire qui modifie progressivement la forme, l'intensité et la vitesse de l'onde en cours de propagation.

Le tissu osseux est alors caractérisé en termes de vélocité et d'atténuation de l'onde ultrasonore.

Les relations entre les propriétés mécaniques, l'architecture osseuse tridimensionnelle et la vitesse ou l'atténuation des ondes ultrasonores transmises sont régies par les lois de la physique (15).

L'onde ultrasonore pénètre dans un organe osseux :

- Une partie de l'énergie est transmise
- Une deuxième partie change de direction (par réflexion ou diffusion)
- Le reste est perdu en chaleur.

La réflexion est d'autant plus grande que le milieu est rigide.

B- Les principes de l'appareil :

Les appareils actuellement disponibles sont petits, peu coûteux, simples à utiliser.

Appareil	*Constructeur*	*Site de mesure*	*Couplant*	*Paramètres*	*Technique*
Achilles	Lunar	Calcanéum	Eau	BUA SOS Stiffness	Mesure en transmission Transducteurs non focalisés
CUBA	McCue	Calcanéum	Gel	BUA SOS	Idem
Sahara	Hologic	Calcanéum	Gel	BUA SOS QUI	Idem
Osteo-sonic	Omnisystems	Calcanéum	Gel	VMA (équivalent BUA)	Idem
Ubis 5000	DMS	Calcanéum	Eau	BUA SOS	Mesure en transmission Transducteurs focalisés Image
DTU-one	Osteometer	Calcanéum	Eau	BUA SOS	Idem
DBM Sonic 1200	IGEA	Phalange	Gel	Ad-SOS	Vitesse amplitude dépendante
Sound Scan 2000	Myriad	Tibia	Gel	SOS	Mesure de vitesse le long de la crête tibiale Peu étudiée
Omni-sense	Sunlight	Multisite	Gel	SOS	Mesure en réflexion de plusieurs os En cours d'étude

Différents appareils ultrasonores (d'après Roux C. et Laugier P. J Radiol 1999) (16).

Tous ces appareils à l'exclusion de l'Omnisense utilisent une technique par transmission (émetteur et récepteur de part et d'autre du segment osseux à mesurer). On mesure des os accessibles, sous-cutanés (calcanéum, phalanges, tibia...).

Le milieu dans lequel baigne l'os à mesurer est différent selon les appareils. Il n'existe pas de correspondance simple entre ceux-ci, les algorithmes et les calculs sont différents. Ceci explique que les résultats obtenus pour un appareil ne peuvent être validés pour un autre type d'appareil.

C- Les paramètres : BUA, SOS, Stiffness

Lors de la traversée d'un milieu solide poreux, une onde ultrasonore subit des modifications qui dépendent de l'élasticité, de la microarchitecture et de la densité du matériau. Deux paramètres sont couramment utilisés : la vitesse et l'atténuation. Les autres paramètres (Stiffness pour les appareils Lunar et QUI pour l'Hologic) sont des combinaisons mathématiques des deux premiers.

1- La vitesse des ultrasons (SOS : speed of sound) :

a- Définition :

La vitesse de propagation des ultrasons dépend de l'élasticité (qui caractérise la déformation d'un matériau sous l'action de contrainte) et de la densité du milieu de propagation

$$\text{Vitesse} = \sqrt{\frac{\text{Elasticité}}{\text{Densité}}}$$

Elle s'exprime en m/s.

Cette relation ne peut s'appliquer, en toute rigueur, à l'os que si la longueur d'onde est grande par rapport à la section transversale du tissu examiné, ce qui n'est pas le cas en clinique où des longueurs d'onde de 3 mm environ sont utilisées pour mesurer le calcanéum.

En pratique, dans le cas de matériau poreux, biphasique (phase fluide : möelle et phase solide : l'os) et anisotrope comme l'os trabéculaire, l'élasticité dépend d'un grand nombre de paramètres difficiles à déterminer.

Njehn (17) et Bouxsein (18) ont montré des corrélations élevées entre les résultats de la vitesse et la résistance à la rupture du calcanéum indiquant une relation complexe mais certaine entre la vitesse des ultrasons de l'os et les propriétés mécaniques de celui-ci.

b- Les données de la littérature :

Ce n'est pas le paramètre le plus étudié dans la littérature.

Le SOS reflète la masse et l'élasticité de l'os d'après sa définition (19).

Turner montre que la vélocité mesurée au calcanéum a une sensibilité diagnostique similaire à la densitométrie osseuse de la colonne vertébrale et du col fémoral, déterminée par absorptiométrie biphotonique à rayons X pour distinguer les patientes avec fractures vertébrales du groupe témoin (20). Ce constat a été repris par différents auteurs dont Hans qui montre que

l'augmentation du risque associé à une baisse d'une déviation standard a été estimée à 2 pour le SOS et la densitométrie osseuse du col du fémur (15).

Gonnelli (21) précise que si les ultrasons peuvent être un bon indicateur indépendant de la fracture vertébrale, la densitométrie reste la meilleure.

2- L'atténuation de fréquence ou BUA (Broadband Ultrasonic Attenuation) :

a- Définition :

L'atténuation d'une onde ultrasonore est la réduction de son amplitude qui résulte de deux phénomènes : l'absorption et la diffusion.

Les mécanismes d'absorption des ultrasons qui se traduisent par une transformation de l'énergie acoustique sont mal connus en ce qui concerne l'os trabéculaire. Ils sont sans doute liés en grande partie aux frottements survenant aux interfaces entre moelle et os. Ils dépendent donc en théorie de la surface d'échange entre les deux phases et donc de la quantité d'os présent.

La diffusion est une redistribution de l'énergie incidente dans toutes les directions de l'espace chaque fois que l'onde incidente rencontre un obstacle dont la taille est petite devant la longueur d'onde.

Les travées osseuses représentent donc de nombreux diffuseurs et l'énergie diffusée dépend des caractéristiques géométriques (taille, forme,

orientation et nombre de diffuseurs) et mécaniques du volume diffusant (variations d'élasticité et de densité aux interfaces moelle-trame osseuse).

L'atténuation résulte de $\mathbf{I = I° e^{-\alpha f(x)}}$

où α f(x) est le coefficient d'atténuation, fonction du matériau, de la température, de la fréquence de l'onde.

I° est l'intensité initiale.

I l'intensité à la profondeur X de l'os.

La relation entre la fréquence et l'atténuation est complexe, mais peut-être correctement assimilée à une droite dans une bande de fréquence comprise entre 0,2 et 0,6 MHz. La pente de cette droite est appelée BUA et s'exprime en dB/Mhz.

In vitro, l'atténuation dépend de la densité et de l'architecture de l'os étudié.

b- Les données de la littérature :

Plusieurs facteurs influencent l'atténuation :

- L'élargissement du faisceau
- La dispersion
- L'absorption et la conversion de mode.

Le mécanisme prédominant sur l'os spongieux est la dispersion alors que l'absorption est prédominante sur l'os cortical. 80 % de la variation de l'atténuation pourrait être expliquée par la valeur locale de la densité osseuse (22).

Pour Sambrook, la BUA reflèterait la masse osseuse et son architecture (19).

Plusieurs grandes études épidémiologiques ont étudié les ultrasons chez des femmes ménopausées, âgées de plus de 70 ans, à risque de fracture du col fémoral :

Porter, en 1990, a étudié 1414 femmes vivant en institution, de plus de 70 ans, suivies pendant deux ans (23). Soixante-treize patientes ont été victimes d'une fracture de l'extrémité supérieure du fémur. La BUA des femmes ayant souffert de fractures est plus basse que celui des femmes sans fracture. Le risque relatif augmente de manière statistiquement significative (RR : 8,4) mais avec un intervalle de confiance très large (2,0 à 35,5).

L'étude EPIDOS, étude française multicentrique (15) a suivi 7575 femmes de plus de 75 ans pendant deux ans, parmi lesquelles 5662 ont bénéficié à l'entrée dans l'étude d'un interrogatoire, d'un examen clinique, d'un bilan sanguin et urinaire, de la mesure de la BUA sur le calcanéum et d'une mesure de densitométrie par absorptiométrie à rayons X sur le col fémoral. Pendant le suivi de deux ans, 115 de ces patientes ont souffert d'une fracture de l'extrémité supérieure du fémur.

Cette étude a montré que le SOS et la BUA mesurés au calcanéum avaient la même sensibilité que la mesure de l'absorptiométrie biphotonique à rayons X du col fémoral pour la prédiction des fractures de l'extrémité supérieure du fémur.

La valeur prédictive des ultrasons est alors comparable à celle de la densitométrie osseuse du col fémoral.

En 1997, Bauer, après avoir suivi 6189 femmes de plus de 65 ans pendant deux ans (étude prospective SOF), conclut que la diminution d'une déviation standard de la BUA augmente le risque de fracture de l'extrémité supérieure du fémur : en transcervical, le risque relatif est de 2 et en intertrochantérien de 2,4 (24).

- <u>BUA et densitométrie osseuse :</u>

Roux (25) montre également que la BUA est corrélée à la densitométrie osseuse des sites habituellement étudiés (rachis, fémur, radius), la BUA du calcanéum est fortement corrélée avec la densitométrie osseuse du même os (proche de 0,9) mais le résultat ne permet pas de conclure à l'existence de la maladie compte-tenu de l'absence de définition tenant compte de ces paramètres.

- <u>Variation de la BUA en fonction de l'âge :</u>

Greenspan a étudié 794 femmes saines, d'origine caucasoïde (26). Il a montré que la BUA était maximale entre 35 et 44 ans puis diminuait avec l'âge. Cependant, entre 25 et 34 ans, 35 et 44 ans et 45 et 54 ans les valeurs ne sont pas statistiquement différentes.

Les valeurs de la BUA entre 55-64, 65-74 et 75-84 sont plus basses que chaque décennie précédente.

Roux montre que la BUA diminue avec l'âge et plus particulièrement dans les années qui suivent la ménopause. Elle est en moyenne plus basse chez les femmes avec une ostéoporose avérée (fracturaire) que chez les femmes sans fracture (22).

D'après Riggs, la diminution annuelle spontanée de la BUA serait estimée à 2,5% par an, valeur proche des variations de la densitométrie osseuse (27). Pour certains auteurs, la valeur des paramètres ultrasonores diminuent avec l'âge et la ménopause (28). Des études transversales montrent une diminution annuelle de 0,3 à 0,6 % pour la BUA et de 0,1 % pour le SOS, valeur très inférieure au coefficient de variabilité, entraînant un suivi à long terme très difficile et ne pouvant éventuellement avoir un intérêt qu'espacé de trois ans au minimum. Pour Hans, ces variations sont de l'ordre de 0,5 à 1 % pour la BUA et de 0,1 à 0,3 % pour le SOS (29).

- <u>BUA et facteurs de risque de la ménopause :</u>

En 1999, Cheng (30) montre que la BUA est significativement liée avec l'âge, le poids, le niveau d'activité physique, la prise de calcium mais non liée à la consommation de café, de tabac et d'alcool.

- <u>BUA et antécédents familiaux d'ostéoporose</u> :

Drozdzowska (31) étudie le lien entre les paramètres ultrasonores entre les mères aux antécédents d'ostéoporose fracturaire et leurs filles. Il met en évidence

des valeurs de BUA, SOS et Stiffness significativement plus basses chez les filles de mères ayant eu des fractures que chez celles dont les mères ne sont pas malades.

- BUA et déroulement de l'examen :

Duboeuf montre que la mesure de la BUA est indépendante de l'opérateur, mais nécessite cependant des conditions de déroulement de l'examen strict (nécessité d'obtenir une immobilité du pied pendant tout l'examen, une standardisation de la position de celui-ci et de l'angle tibio-tarsien) (32).

Roux démontre qu'il est nécessaire de choisir un pied de référence car il existe plus de variation entre les pieds d'un sujet qu'entre les différentes mesures du même pied (corrélation intra-classe 0,85) (25).

La mesure est peu modifiée par la présence des tissus mous qui serait responsable de moins de 1 % des variations de l'atténuation.

En théorie, l'atténuation des ultrasons dépend des dimensions des travées et de la taille des espaces intertrabéculaires. Ces éléments déterminent la microarchitecture osseuse dont dépend une partie de la résistance osseuse.

Ainsi la mesure de la BUA pourrait avoir trois intérêts :

- Remplacer les mesures de la densitométrie osseuse si les données des deux examens pouvaient être fortement corrélées.

- Dépister les femmes à risque en sélectionnant les patientes avec un risque fracturaire et leur proposer des examens complémentaires (intérêt de la sensibilité de l'examen)

- Compléter les mesures de l'absorptiométrie biphotonique à rayons X par des informations supplémentaires notamment sur la nature de l'architecture osseuse.

3- Stiffness :

C'est une combinaison mathématique mesurée par l'appareil Achilles de Lunar, qui associe les mesures de BUA et SOS. Il n'apporte pas d'éléments nouveaux mais est plus reproductible, car la formule combinant les deux paramètres permet de corriger les effets de fluctuation des températures sur les mesures.

Formule de calcul du **Stiffness : 0,67 BUA + 0,28 SOS - 420**

Le calcul du Stiffness permet à l'ordinateur de calculer deux autres paramètres que sont le T-score, qui compare la valeur du Stiffness du patient à celle d'une population de référence âgée de 20 ans de même nationalité et de même sexe, et le Z-score calculé en comparant la valeur du Stiffness du patient à celle d'une population de référence de même âge et de même sexe.

Ces deux valeurs ne peuvent aucunement être comparées au T-score et au Z-score de l'absorptiométrie biphotonique à rayons X dans leur interprétation de la définition de l'ostéoporose.

D- Etude du calcanéum et des autres segments osseux en ultrasonographie :

1- Le calcanéum :

Le calcanéum a suscité de l'intérêt dès les années 1970, utilisé dans les mesures densitométriques par les techniciens de la NASA dans le cadre de missions spatiales telles Appollo et d'expérimentation en simulation d'apesanteur. Les méthodes utilisées étaient surtout la radiographie et l'absorptiométrie mono-photonique. Il est actuellement le principal os utilisé en ultrasonographie :

C'est un os représentatif des os spongieux du squelette. Il est constitué de 90 % d'os trabéculaire, donc métaboliquement actif. Sa dépendance au poids et aux contraintes physiques le rapproche d'os porteur comme le fémur. Il est facilement accessible à la mesure. Cependant, le calcanéum est hétérogène dans sa géométrie, sa structure et sa minéralisation.

La diminution de sa densité est un facteur de risque de fracture.

Il a en effet été montré que la DMO du calcanéum mesurée en absorptiométrie est, après celle du fémur, la mieux corrélée au risque de fracture de l'extrémité supérieure du fémur (EPIDOS (15), SOF (24)). La diminution d'une déviation standard par rapport à la moyenne d'âge et au sexe augmente le risque relatif de fracture du col par deux, contre 2,5, 1,6 et 1,5 pour la même situation au col fémoral, au rachis et au radius respectivement.

L'étude de la cinétique de la DMO du calcanéum montre que celle-ci diminue dans les premières années post-ménopausiques à un taux inférieur à

celui des sites axiaux tandis que, chez le sujet âgé, la perte osseuse calcanéenne serait supérieure à celle du fémur et augmenterait de manière exponentielle entre 65 et 85 ans (cohorte SOF (24)).

La taille du calcanéum mesurée intervient dans les résultats des mesures ultrasonores. En effet, selon la longueur et la largeur du pied, la région osseuse mesurée n'est pas la même chez les différents patients, entraînant des résultats plus difficilement comparables. Cheng (33) a comparé les mesures chez 26 volontaires âgés de 22 à 54 ans dont la taille du pied variait de 21,5 à 29,7 cm.

Il en déduit que la longueur du calcanéum est corrélée significativement avec la mesure du SOS avec l'appareil Sahara (Hologic), et la largeur du pied avec le SOS de l'Achilles (Lunar).

La largeur du talon est corrélée avec le BUA du Sahara mais pas avec celui de l'Achilles.

Ces résultats montrent que la taille des os affecte les résultats des mesures ultrasonores du fait de l'hétérogénéité de densité et de structure du calcanéum. De plus, la comparaison entre les appareils est difficile compte tenu de corrélation différente entre les appareils suivant les paramètres étudiés!

2- Les autres sites :

a- Les phalanges :

Les mesures se font avec un gel conducteur.

Les paramètres sont mesurés par la technique de transmission par mesure de la vitesse des ultrasons dépendante de l'amplitude (Ad-SOS) à travers les phalanges proximales des doigts et plus particulièrement la métaphyse distale de la première phalange des quatre derniers doigts. Leurs surfaces médiolatérales sont approximativement parallèles ce qui réduit la dispersion des ondes ultrasonores. La métaphyse est constituée à la fois d'os cortical et spongieux.

Les deux types d'os sont sensibles à la résorption liée à l'âge. Anatomiquement le nombre de travées diminuent plutôt que l'épaisseur. L'os cortical devient plus poreux en vieillissant, les corticales deviennent alors plus minces car la résorption excède la formation osseuse.

La densitométrie des phalanges a été étudiée dans deux grandes études de cohorte : l'étude NHAHES portant sur 3481 femmes montrait que la diminution d'un écart-type de la DMO des phalanges mesurée en absorptiométrie radiographique était associée à une augmentation du risque de fracture du fémur de 80 %. Dans l'étude SOF, la mesure par radiogrammétrie digitalisée de la DMO des 3 métacarpiens était associée à une survenue de fractures vertébrales, du poignet et de l'extrémité supérieure du fémur au même titre que les autres mesures périphériques et vertébrales (34).

Duboeuf (32) montre une relation entre l'ancienneté de la ménopause, l'âge des premières règles et la vitesse du son dépendante de l'amplitude (Ad-SOS).

Il montre également une diminution de 9,6 % de ce paramètre entre 30 et 80 ans.

b- Le tibia :

Le système fonctionne avec un gel conducteur.

Il est différent des précédents appareils car il mesure la vitesse de manière longitudinale le long du tiers moyen de la face antérieure du tibia, surface longue et droite.

80 % de la masse osseuse étant corticale, les fractures ostéoporotiques concernent également ce type d'os, d'où l'intérêt d'étudier le tibia, représentatif de celui-ci.

La perte osseuse corticale pourrait, de plus, jouer un rôle important dans la résistance osseuse globale.

c- Rotules et cubitus :

Les mesures ultrasonores sont à l'étude mais aucun appareil n'est encore commercialisé.

E- Reproductibilité :

La reproductibilité in vivo des ultrasons a été mesurée après 5 mesures avec repositionnement, du même pied chez 50 femmes (25). Elle est de 2,8 +/- 1,7 %, il ne met pas en évidence de différence significative entre les valeurs de la BUA mesurées sur le pied droit ou le gauche.

Duboeuf mesure chez 15 adultes jeunes (moyenne d'âge de 31 +/- 10) et trouve une reproductibilité de 0,84 +/- 0,48 % puis chez des adultes plus âgés

(moyenne d'âge de 62 +/- 16 ans) avec une reproductibilité de 0,81 +/- 0,038 % (32).

Les données du constructeur, d'après le manuel de l'utilisateur, sont les suivantes pour un appareil de type Achille + (Lunar) :

BUA 0,8-2,5 %

SOS 0,2-0,4 %

Stiffness 1,0-2,0 %

De nombreux éléments interviennent dans la reproductibilité de l'examen parmi lesquels la position du pied par rapport aux transducteurs, la position de la jambe et de l'angle tibio-tarsien, la stabilité de l'appareil de mesure, la température locale (la température optimale se situe à 32 +/- 2° car les valeurs du BUA diminuent au-dessus de 34°C), la présence d'œdèmes, l'état du revêtement cutané (22).

La reproductibilité varie également en fonction des paramètres utilisés (cf données du constructeur pour chaque paramètre ci-dessus), du site et du système.

La littérature nous fournit peu d'informations sur la reproductibilité à long terme in vivo. Bien que certaines études montrent une reproductibilité excellente, il faut prendre en compte l'écart des valeurs de BUA et SOS, ainsi que le manque de sensibilité si les variations sont faibles (15).

La sensibilité est affectée à la fois par la technique de mesure et le site mesuré. Le rapport entre reproductibilité et sensibilité détermine la capacité à effectuer un suivi des patients.

F- Modalités de l'examen sur le calcanéum :

Le type d'appareil : ACHILLES + (Lunar)

1- Description :

Le talon du patient est positionné dans le bain à talons (« bain aqueux »), constitué de surfactant, de l'appareil.

Un transducteur, placé sur une paroi de la cavité contenant la solution, convertit le signal électrique en onde sonore qui se propage à travers la solution et le talon du patient.

Un transducteur sur la paroi opposée recueille l'onde sonore et la convertit en signal électrique qui est ensuite analysé par le programme de l'appareil. On obtient le BUA, SOS, et le logiciel calcule le Stiffness.

Cette technique nécessite un manipulateur expérimenté dans la salle pendant toute la durée de l'examen afin de vérifier le bon positionnement du pied. Celui-ci devra réaliser une désinfection entre chaque patient afin d'éviter tout risque de contamination et une procédure de contrôle de qualité une fois par semaine pour garantir les résultats.

2- Installation du patient :

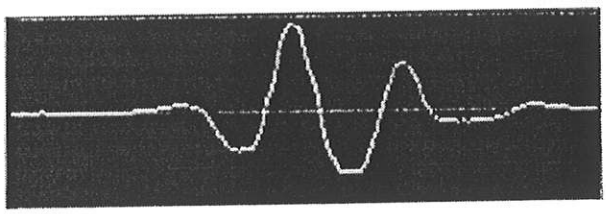
Elle est très importante pour obtenir des données fiables :

Le patient doit être assis confortablement pendant la mesure, de manière à positionner son pied de face par rapport à l'appareil, sur une chaise stable afin d'éviter tout mouvement pendant la mesure.

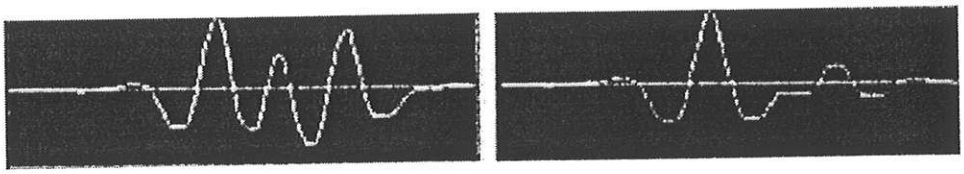
Le talon doit être bien préparé : désinfection avec une compresse alcoolisée, le patient doit être informé qu'il ne doit pas utiliser de talc, de poudre ou de solution sur le talon pendant les 24 heures précédant l'examen. Il doit être placé dans le bain immédiatement après la désinfection sans laisser l'alcool sécher.

3- Résultats :

L'appareil produit une courbe ou sinusoïde permettant de savoir si la mesure est de bonne qualité.



sinusoïde correcte



sinusoïdes incorrectes

Après identification du patient, de son poids, l'appareil calcule le BUA, le SOS, en déduit le Stiffness, le T-score et le Z-score.

Un nettoyage désinfectant doit être réalisé entre chaque mesure de patient afin d'éviter tout risque de contamination.

4- Contre-indications :

D'après le constructeur, l'appareil n'est pas développé pour prendre les mesures à des patients de moins de 20 ans. Les données de référence ne sont pas disponibles en dessous de cette tranche d'âge.

La contre-indication la plus formelle est la présence de plaies sur le talon ou le pied à mesurer compte tenu de l'augmentation des risques de contamination entre patients.

VI INTERETS ET PRESENTATION DE L'ETUDE :

Dans le cadre de la campagne de dépistage de l'ostéoporose organisée par la CPAM et la MSA de Haute-Vienne, il nous a paru intéressant compte tenu

des données contradictoires de la littérature, de comparer l'intérêt de l'utilisation des ultrasons par rapport à la densitométrie osseuse, de savoir si cet examen pouvait être proposé pour le dépistage avant la réalisation de l'absorptiométrie biphotonique à rayons X, examen de référence.

Nous avons également recherché un lien entre les paramètres ultrasonores et certains facteurs de risque de l'ostéoporose (âge de la ménopause, antécédents familiaux, antécédents fracturaires, Indice de masse corporelle ou BMI).

A- Matériels :

Les femmes participant à la campagne de dépistage de la CPAM et de la MSA, sont affiliées à l'un de ces deux régimes. Elles résident en Haute-Vienne, sont ménopausées, sont âgées de 50 à 70 ans. Elles ne doivent pas avoir de traitement hormonal substitutif en cours.

La campagne a débuté en Mars 1999 et s'est terminée en Décembre 1999.

1000 femmes ont été tirées au sort parmi lesquelles 81, également tirées au sort ont bénéficié d'un examen ultrasonore.

Cinq femmes, âgées de 70 à 74 ans, hospitalisées dans le service de Rhumatologie lors de l'étude, ont été incluses dans l'étude répondant aux mêmes critères que les femmes issues de la campagne de dépistage.

Les 86 patientes ont bénéficié d'une absorptiométrie biphotonique à rayons X. L'appareil utilisé est un LUNAR-DPX-IQ dont la calibration est effectuée régulièrement pour contrôler la reproductibilité des mesures (1 à 2 %). La

mesure de la densitométrie osseuse a été réalisée en 2 sites : vertébral en incidence antéro-postérieure et fémoral.

Nous avons réalisé un examen ultrasonore sur Achilles+ (LUNAR) sur le calcanéum droit.

Aucun critère d'exclusion n'a été retenu concernant les traitements suivis en dehors d'un traitement hormonal substitutif (un tel traitement en cours était un facteur d'exclusion cependant les femmes ayant été traitées pendant moins de cinq ans et l'ayant interrompu ont bénéficié de l'étude).

Les antécédents médicaux ne sont pas un facteur d'exclusion sauf les ostéoporoses secondaires (une femme aux antécédents de myélome a été exclue de l'étude).

B- Modalités de recueil de l'information :

Sur les 86 patientes, 62 femmes ont répondu à un auto-questionnaire concernant les facteurs de risque de l'ostéoporose.

- Caractères morphotypiques : poids, taille, BMI (ou indice de masse corporelle : poids/taille^2)

- Antécédents gynécologiques : âge de la ménopause, antécédents de traitement hormonal substitutif et sa durée, les antécédents d'hystérectomie, ovariectomie et thyroïdectomie.

- Antécédents familiaux d'ostéoporose.

- Antécédents personnels de fractures (tassements vertébraux, fractures du col fémoral, fracture du col huméral, fractures du poignet, sièges privilégiés de fractures dans l'ostéoporose).

C- L'absorptiométrie biphotonique à rayons X :

Chaque patiente a bénéficié d'une absorptométrie biphotonique à rayons X.
Elles ont été classées selon leurs résultats avec la classification diagnostique de l'ostéoporose basée sur la densitométrie osseuse de l'OMS de 1994 en considérant les résultats du T-score lombaire et/ou fémoral :

0- NORMAL : densité osseuse inférieure de moins de 1 écart-type à celle de l'adulte jeune (T-score > -1)

1- OSTEOPENIE : densité osseuse comprise entre -1 et -2,5 écarts type par rapport à l'adulte jeune (-1≤ T-score ≥ -2,5)

2- OSTEOPOROSE : densité osseuse inférieure à -2,5 écarts-type par rapport à l'adulte jeune (T-score < -2,5)

3- OSTEOPOROSE FRACTURAIRE : densité osseuse inférieure à -2,5 écarts-type par rapport à l'adulte jeune en présence d'une ou plusieurs fractures par fragilité.

Pour l'étude nous avons regroupé les quatre catégories en deux groupes :

0+1 : patientes non ostéoporotiques

2+3 : patientes ostéoporotiques.

Les résultats ont été envoyés au médecin traitant de chaque patient, accompagnés d'un conseil thérapeutique.

D- Les ultrasons :

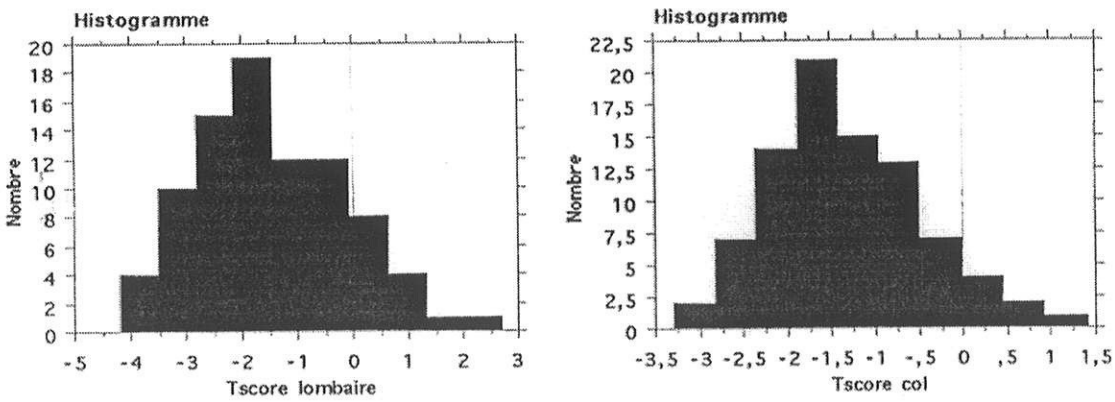
Ces 86 femmes ont bénéficié d'un examen ultrasonore du calcanéum droit pour lequel nous avons obtenu les paramètres suivants : BUA, SOS, Stiffness et une estimation en T-score et Z-score.

E- Modalités de saisie de traitement de l'information :

Les informations ont été saisies sur un fichier Excel® puis l'ensemble des données a été importé sous Statview®.

La population a une distribution gaussienne, nous permettant d'utiliser des tests paramétriques (corrélations estimées par coefficient de corrélation linéaire) complétées par des tests non paramétriques (corrélation de Spearman, U de Mann-Whitney). Nous avons également réalisé une analyse discriminante avec tableau de contingence et test de Chi^2 de Pearson.

Le seuil de significativité choisi pour l'ensemble des analyses est de **0,05.**



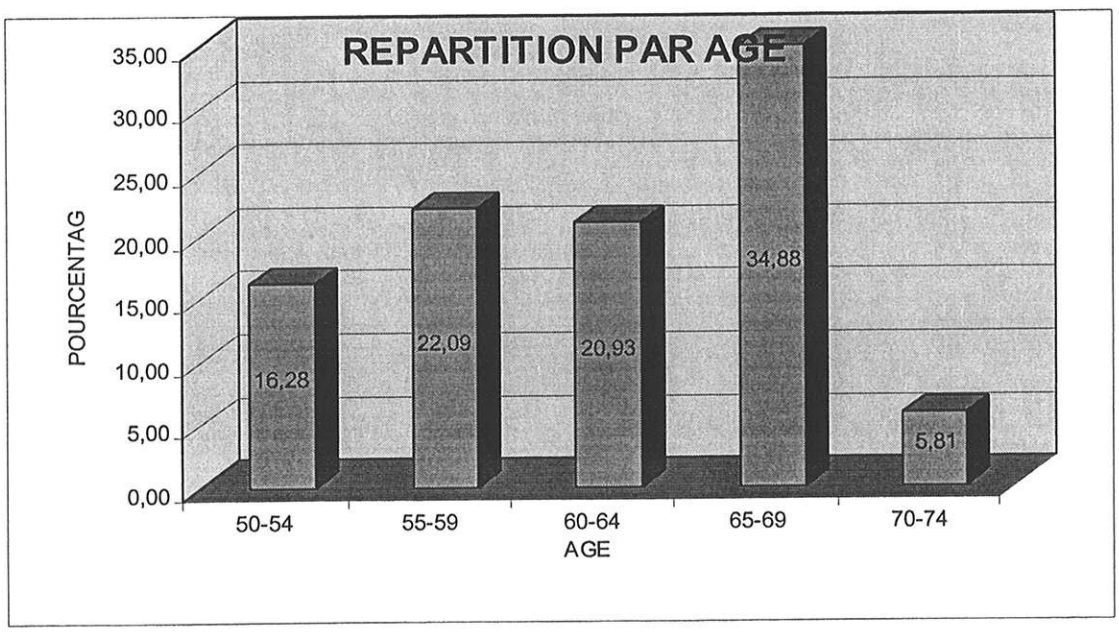
Distributions Gaussiennes des scores de référence -> possibilité travail en paramétrique

VII RESULTATS :

La population de notre échantillon a une distribution gaussienne (cf courbes de distribution ci-dessus).

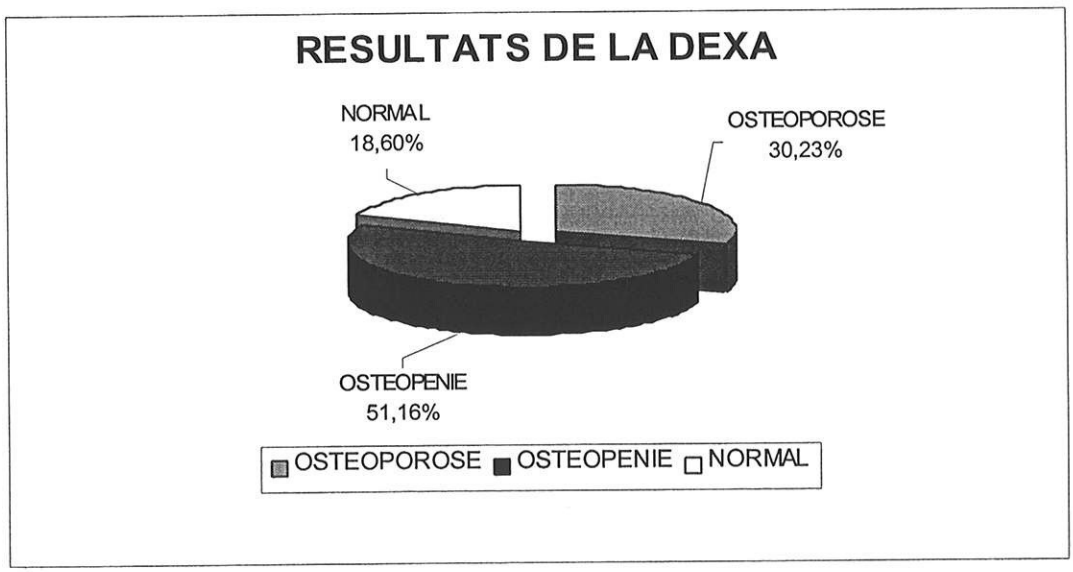
Nous avons schématisé la répartition de notre population par classe d'âge,

la moyenne d'âge est de 61,5 ans (+/- 6,0).



A- RESULTATS DE L'ABSORPTIOMETRIE BIPHOTONIQUE A RAYONS X (DEXA) DANS NOTRE ECHANTILLON :

La répartition de notre population selon les critères de l'OMS est illustrée par le schéma ci-dessous. Nous n'avons pas différencié les stades 2 et 3 (les antécédents fracturaires n'étaient pas connus pour toutes les patientes). Pour le reste de l'étude, nous avons regroupé les groupes 0 et 1 en patientes non ostéoporotiques et les groupes 2 et 3 pour les patientes ostéoporotiques.

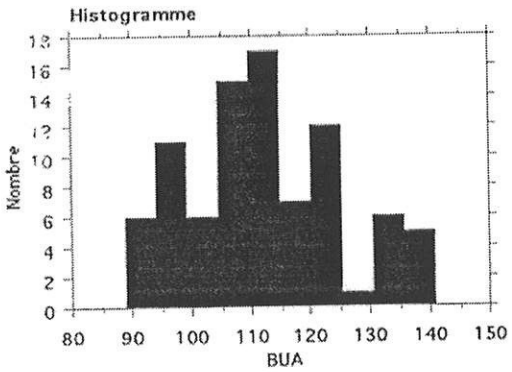


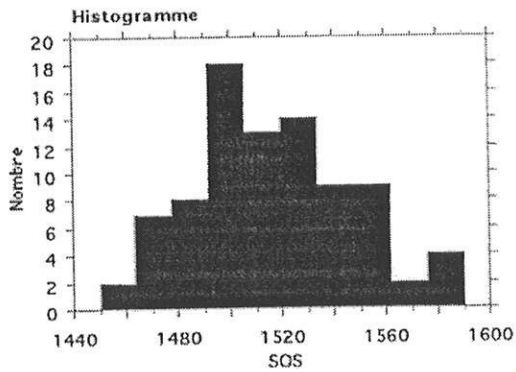
Le pourcentage d'ostéoporotiques de notre échantillon est de 30,23 % ce qui est conforme aux données de la littérature qui chiffrent les ostéoporotiques de 30 à 40 % de la population ménopausée.

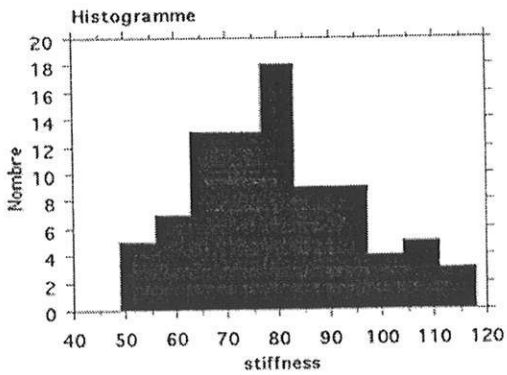
B- LIEN ENTRE PARAMETRES ULTRASONORES ET T-SCORE LOMBAIRE :

1- Tests paramétriques :

Répartition de la population en fonction des paramètres ultrasonores :







a- La BUA :

Tableau résumé de régression BUA versus Tscore lombaire :

Nombre	86
Manquants	0
R	0,371
R carré	0,137
R carré ajusté	0,127
Ec, type résiduel	11,964

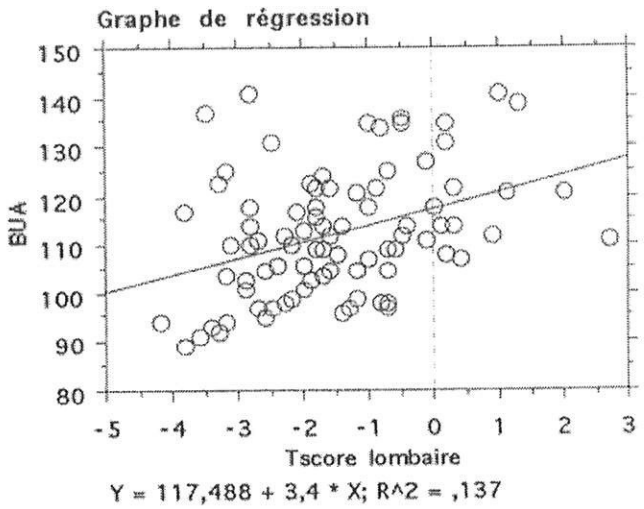
Tableau d'ANOVA : BUA versus Tscore lombaire :

	DDL	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p
Régression	1	1913,754	1913,754	13,371	0,0004
Résidu	84	12023,001	143,131		
Total	85	13936,756			

Coefficient de régression BUA versus Tscore lombaire :

	Coefficient	Erreur standardisée	Coefficient standardisé	Valeur de t	Valeur de p
Terme constant	117,488	1,896	117,488	61,964	<0,0001
Tscore lombaire	3,4	0,93	**0,371**	3,657	**0,0004**

En étude paramétrique, il existe un lien significatif entre la BUA et le T-score lombaire (p = 0,004), cependant le coefficient de régression r est faible à 0,371.



b- Le SOS :

Tableau résumé de régression SOS versus Tscore lombaire :

Nombre	86
Manquants	0
R	0,392
R carré	0,154
R carré ajusté	0,144
Ec, type résiduel	28,283

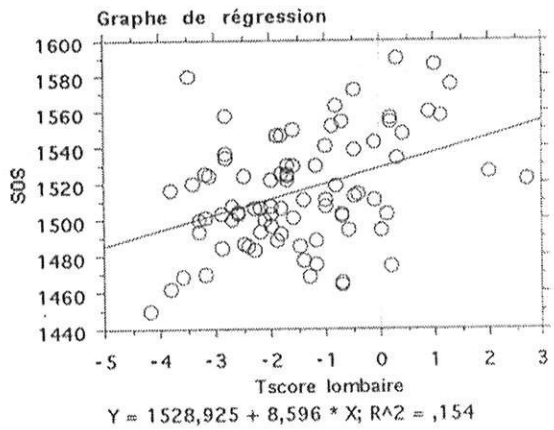
Tableau d'ANOVA : SOS versus Tscore lombaire :

	DDL	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p
Régression	1	12228,838	12228,838	15,288	0,0002
Résidu	84	67191,592	799,9		
Total	85	79420,43			

Coefficient de corrélation SOS versus Tscore lombaire :

	Coefficient	Erreur standardisée	Coefficient standardisé	Valeur de t	Valeur de p
Terme constant	1528,925	4,482	1528,925	341,1	<0,0001
Tscore lombaire	8,596	2,198	**0,392**	3,91	**0,0002**

Il existe un lien significatif avec un p = 0,0002 mais un coefficient de régression faible r = 0,371.



c- Le Stiffness :

Tableau résumé de régression Stiffness versus Tscore lombaire :

Nombre	86
Manquants	0
R	0,4
R carré	0,16
R carré ajusté	0,15
Ec, type résiduel	14,882

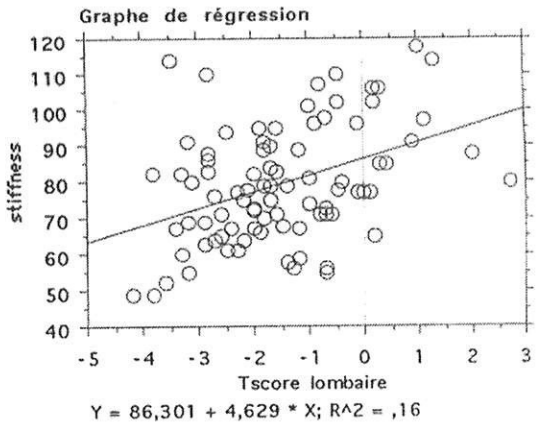
Tableau d'ANOVA Stiffness versus Tscore lombaire :

	DDL	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p
Régression	1	3547,128	3547,128	16,017	0,0001
Résidu	84	18603,209	221,467		
Total	85	22150,337			

Coefficient de corrélation Stiffness versus Tscore lombaire :

	Coefficient	Erreur standardisée	Coefficient standardisé	Valeur de t	Valeur de p
Terme constant	86,301	2,359	86,301	36,591	<0,0001
Tscore lombaire	4,629	1,157	**0,4**	4,002	**0,0001**

Le lien entre Tscore lombaire et Stiffness est significatif (p = 0,0001), le coefficient de régression est faible r = 0,4.



2- Tests non paramétriques :

Nous comparons ces résultats à des tests non paramétriques (corrélation de Spearman) qui nous donnent des résultats concordants, la corrélation est significative mais faiblement (p à 0,0007 ; 0,0012 et 0,0005 respectivement pour la BUA, le SOS et le Stiffness avec des valeurs de r à 0,366 ; 0,352 et 0,376).

Corrélation de Spearman pour BUA, Tscore lombaire :

Somme des carrés des écarts	67163,5
Rho	**0,366**
Valeur de z	3,378
Valeur de p	**0,0007**
Rho corrigée pour ex-aequo	0,366
z corrigée pour ex-aequo	3,371
p corrigée pour ex-aequo	0,0007
# ex-aequo, stiffness	25
# ex-aequo, Tscore lombaire	24

Corrélation de Spearman pour SOS, Tscore lombaire :

Somme des carrés des écarts	68730,5
Rho	**0,352**
Valeur de z	3,241
Valeur de p	**0,0012**
Rho corrigée pour ex-aequo	0,351
z corrigée pour ex-aequo	3,237
p corrigée pour ex-aequo	0,0012
# ex-aequo, stiffness	17
# ex-aequo, Tscore lombaire	24

Corrélation de Spearman pour Stiffness , Tscore lombaire :

Somme des carrés des écarts	66150
Rho	**0,376**
Valeur de z	3,466
Valeur de p	**0,0005**
Rho corrigée pour ex-aequo	0,375
z corrigée pour ex-aequo	3,461
p corrigée pour ex-aequo	0,0005
# ex-aequo, stiffness	27
# ex-aequo, Tscore lombaire	24

C- LIEN ENTRE PARAMETRES ULTRASONORES ET T-SCORE DU COL FEMORAL :

1- Tests paramétriques :

a- <u>la BUA</u> :

Tableau résumé de régression BUA versus Tscore col fémoral :

Nombre	86
Manquants	0
R	0,72
R carré	0,518
R carré ajusté	0,513
Ec, type résiduel	8,939

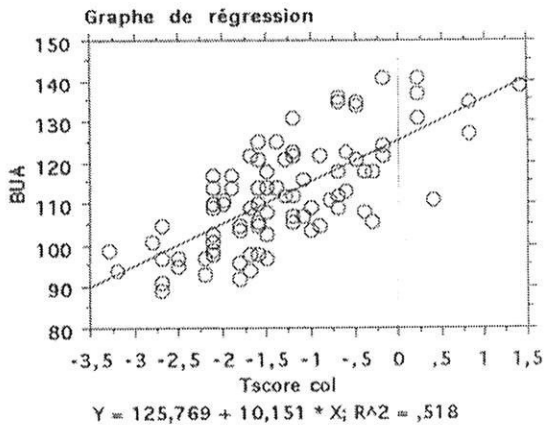
Tableau d'ANOVA : BUA versus Tscore col fémoral :

	DDL	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p
Régression	1	7225,276	7225,276	90,431	<0,0001
Résidu	84	6711,48	79,899		
Total	85	13936,756			

Coefficient de corrélation BUA versus Tscore du col :

	Coefficient	Erreur standardisée	Coefficient standardisé	Valeur de t	Valeur de p
Terme constant	125,769	1,704	125,769	73,811	<0,0001
Tscore col	10,151	1,067	**0,72**	9,51	**<0,0001**

Il existe un lien significatif avec un $p < 0,0001$ et un coefficient de régression $r = 0,72$



b- Le SOS :

Tableau résumé de régression SOS versus Tscore col fémoral :

Nombre	86
Manquants	0
R	0,647
R carré	0,419
R carré ajusté	0,412
Ec, type résiduel	23,44

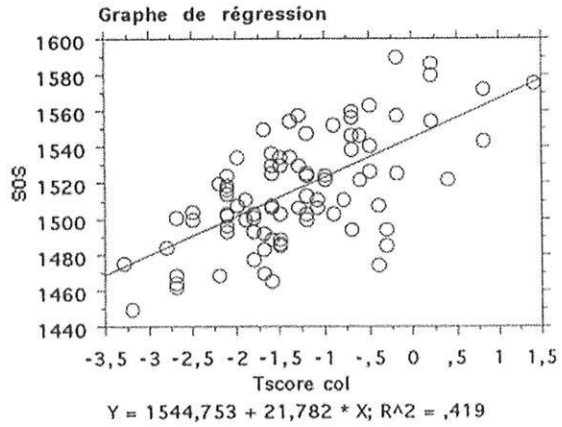
Tableau d'ANOVA : SOS versus Tscore col fémoral :

	DDL	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p
Régression	1	33268,408	33268,408	60,551	<0,0001
Résidu	84	46152,022	549,429		
Total	85	79420,43			

Coefficient de corrélation SOS versus Tscore fémoral :

	Coefficient	Erreur standardisée	Coefficient standardisé	Valeur de t	Valeur de p
Terme constant	1544,753	4,468	1544,753	345,719	<0,0001
Tscore col	21,782	2,799	**0,647**	7,781	**<0,0001**

Le p est significatif, inférieur à 0,0001 avec un coefficient de régression linéaire à 0,647.



c- Le Stiffness :

Tableau résumé de régression Stiffness versus Tscore col fémoral :

Nombre	86
Manquants	0
R	0,72
R carré	0,518
R carré ajusté	0,512
Ec, type résiduel	11,271

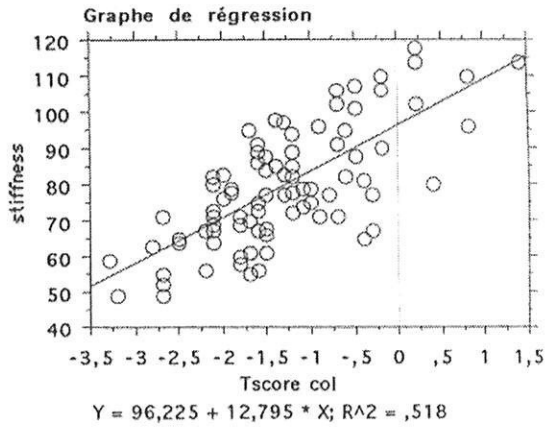
Tableau d'ANOVA : Stiffness versus Tscore col fémoral :

	DDL	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p
Régression	1	11478,711	11478,711	90,353	<0,0001
Résidu	84	10671,626	127,043		
Total	85	22150,337			

Coefficient de corrélation Stiffness versus Tscore fémoral :

	Coefficient	Erreur standardisée	Coefficient standardisé	Valeur de t	Valeur de p
Terme constant	96,225	2,149	96,225	44,785	<0,0001
Tscore col	12,725	1,346	**0,72**	9,505	**<0,0001**

Il existe un lien significatif entre le Stiffness et le T-score fémoral, le p est inférieur à 0,0001 et le coefficient de régression linéaire à 0,72.



2- Tests non paramétriques :

L'utilisation de tests non paramétriques (corrélation de Spearman) met en évidence le même comportement des différents paramètres avec le Tscore fémoral :

Corrélation de Spearman pour BUA, Tscore col fémoral :

Somme des carrés des écarts	32301
Rho	**0,695**
Valeur de z	6,41
Valeur de p	**<0,0001**
Rho corrigée pour ex-aequo	0,695
z corrigée pour ex-aequo	6,404
p corrigée pour ex-aequo	<0,0001
# ex-aequo, stiffness	25
# ex-aequo, Tscore lombaire	24

Corrélation de Spearman pour SOS, Tscore col fémoral :

Somme des carrés des écarts	43591
Rho	**0,589**
Valeur de z	5,428
Valeur de p	**<0,0001**
Rho corrigée pour ex-aequo	0,588
z corrigée pour ex-aequo	5,422
p corrigée pour ex-aequo	<0,0001
# ex-aequo, stiffness	17
# ex-aequo, Tscore lombaire	24

Corrélation de Spearman pour Stiffness, Tscore col fémoral :

Somme des carrés des écarts	34122,5
Rho	**0,678**
Valeur de z	6,252
Valeur de p	**<0,0001**
Rho corrigée pour ex-aequo	0,678
z corrigée pour ex-aequo	6,246
p corrigée pour ex-aequo	<0,0001
# ex-aequo, stiffness	27
# ex-aequo, Tscore lombaire	24

Le p est significatif, inférieur à **0,0001** pour le BUA, le SOS et le Stiffness avec un r **à 0,695, 0,589 et 0,678** respectivement.

D- LIEN ENTRE PARAMETRES ULTRASONORES ET OSTEOPOROSE :

1- Nous réalisons une analyse discriminante (test paramétrique) avec un intervalle de confiance de 95 % pour savoir si les données ultrasonores permettent de différencier les femmes ostéoporotiques et à partir de quel seuil.

Nous répartissons notre échantillon en deux groupes : ostéoporotiques ou non selon les critères densitométriques de l'OMS.

Les données statistiques perdent un peu de puissance car les groupes sont déséquilibrés (cf. répartition de la population paragraphe A) mais cette répartition est fidèle aux pourcentages de la population générale et de la littérature.

a- Tests paramétriques :

- <u>La BUA :</u>

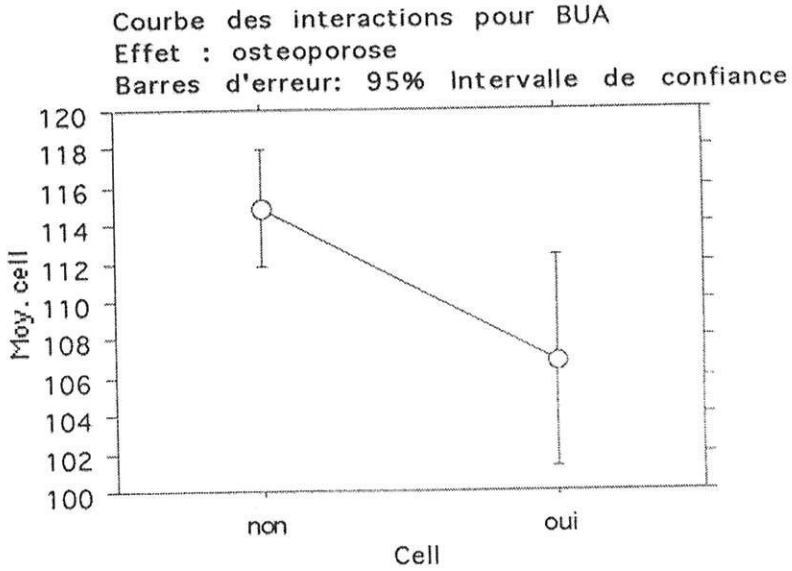
Tableau d'ANOVA pour BUA :

	ddl	somme des carrés	carré moyen	Valeur de F	Valeur de p	Lambda	Puissance
ostéoporose	1	1184,49	1184,49	7,802	**0,0065**	7,802	0,801
résidu	84	12752,265	151,813				

Tableau de moyenne pour BUA :

	nombre	moyenne	déviations stand	Erreur stand
non	60	**114,85**	**11,631**	1,502
oui	26	**106,769**	**13,814**	2,709

Le p est significatif (p = **0,0065**). Il existe un lien entre BUA en ostéoporose.



Les valeurs de la BUA pour les femmes ostéoporotiques sont situées entre 101 et 113 dB/MHz avec une valeur moyenne estimée à 107 (106,77 +/- 13,81) dB/MHz. Pour les femmes indemnes de la maladie, les valeurs se situent entre 112 et 118 dB/MHz avec une valeur moyenne à 115 (114,85 +/- 11,63) dB/MHz.

Devant ces résultats, on peut situer "un seuil de déclenchement" pour le diagnostic d'ostéoporose lorsque la BUA est inférieure à 113.

Ainsi l'examen de dépistage permettrait de dépister toutes les femmes atteintes de la maladie.

- Le SOS :

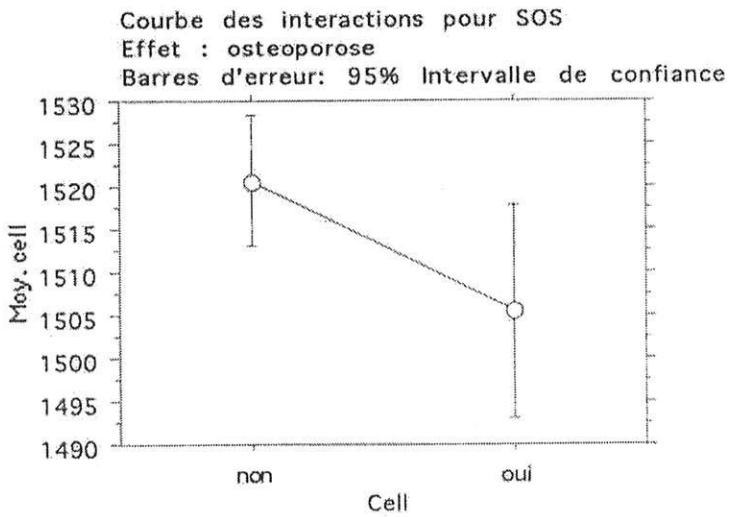
Tableau d'ANOVA pour SOS :

	ddl	somme des carrés	carré moyen	Valeur de F	Valeur de p	Lambda	Puissance
ostéoporose	1	4202,985	4202,985	4,694	**0,0331**	1,694	0,563
résidu	84	75217,445	75217,445	895,446			

Tableau de moyennes pour SOS :

	nombre	moyenne	déviations stand	Erreur stand
non	60	**1520,683**	**29,7**	3,834
oui	26	**1505,462**	**30,446**	5,971

Pour ce paramètre, le chevauchement entre les valeurs des femmes malades et celles des femmes indemnes est plus important, avec un p est significatif mais dans moindre mesure. (p = **0,0331**).



Les valeurs du SOS pour les femmes ostéoporotiques se situent entre 1492,5 et 1517,5 m/s avec une moyenne à 1505 (1505,46 +/- 30,45).

En ce qui concerne les femmes indemnes, les valeurs se situent entre 1512,5 et 1527,5 avec une moyenne à 1520 (1520,7 +/- 29,7).

Afin de dépister toutes les femmes ostéoporotiques on fixe "le seuil de déclenchement" pour une valeur de SOS inférieure à 1520 m/s.

- Le Stiffness :

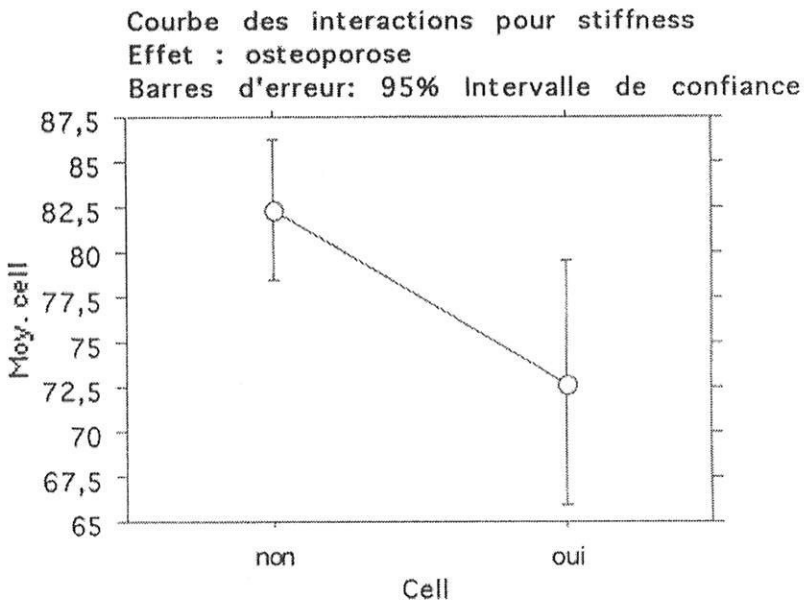
Le p est significatif à **0,0105 :**

Tableau d'ANOVA pour le Stiffness :

	ddl	somme des carrés	carré moyen	Valeur de F	Valeur de p	Lambda	Puissance
ostéoporose	1	1668,615	1668,615	6,843	**0,0105**	6,843	0,741
résidu	84	20481,722	243,83				

Tableau des moyennes pour le Stiffness :

	nombre	moyenne	déviations stand	Erreur stand
non	60	**82,283**	**15,082**	1,947
oui	26	**72,692**	**16,807**	3,296



Les valeurs de Stiffness pour les femmes ostéoporotiques sont de l'ordre de 66 à 80 avec une moyenne à 72 (72,7 +/- 16,8). Chez les femmes saines, les valeurs se situent entre 78 et 86 avec une moyenne à 82 (82,3 +/- 15,08).

Nous en déduisons "un seuil de déclenchement" avec un Stiffness inférieur à 80 pour diagnostiquer toutes les femmes ostéoporotiques.

b- Tests non paramétriques :

Ces résultats pour les trois paramètres ultrasonores sont confirmés par des tests non paramétriques (test U de Mann-Whitney) avec le même comportement pour les trois paramètres, le p est beaucoup plus significatif pour la BUA :

Respectivement p = 0,0043 ; 0,0452; 0,0104 pour BUA, SOS et Stiffness.

- La BUA :

Informations test U de Mann-Whitnney pour BUA

Variables groupe : ostéoporose

	nombre	somme des rangs	moyenne des rangs
non	60	2914	48,567
oui	26	827	31,808

U de Mann-Whitney pour BUA :

Variables groupe : ostéoporose

U	476
U Prime	1084
valeur de z	-2,859
valeur de p	**0,0043**
z corrigé pour ex-aequo	-2,86
p corrigé pour ex-aequo	0,0042
# ex-aequo	25

- Le SOS :

Informations test U de Mann-Whitnney pour SOS

Variables groupe : ostéoporose

	nombre	somme des rangs	moyenne des rangs
non	60	2823	47,05
oui	26	918	35,308

U de Mann-Whitney pour SOS :

Variables groupe : ostéoporose

U	567
U Prime	993
valeur de z	-2,003
valeur de p	**0,0452**
z corrigé pour ex-aequo	-2,003
p corrigé pour ex-aequo	0,0451
# ex-aequo	17

- Le stiffness :

Informations test U de Mann-Whitnney pour Stiffness :

Variables groupe : ostéoporose

	nombre	somme des rangs	moyenne des rangs
non	60	2882,5	48,042
oui	26		33,019

U de Mann-Whitney pour Stiffness :

Variables groupe : ostéoporose

U	507,5
U Prime	1052,5
valeur de z	-2,562
valeur de p	**0,0104**
z corrigé pour ex-aequo	-2,563
p corrigé pour ex-aequo	0,0104
# ex-aequo	27

2- Dans un second temps, nous avons cherché à calculer les valeurs prédictives positive et négative de chaque paramètre ultrasonore en utilisant cet examen comme dépistage des femmes ostéoporotiques avec les "seuils de déclenchement" pour la BUA, le SOS et le Stiffness en réalisant un tableau de contingence avec un test Chi^2.

a- La BUA :

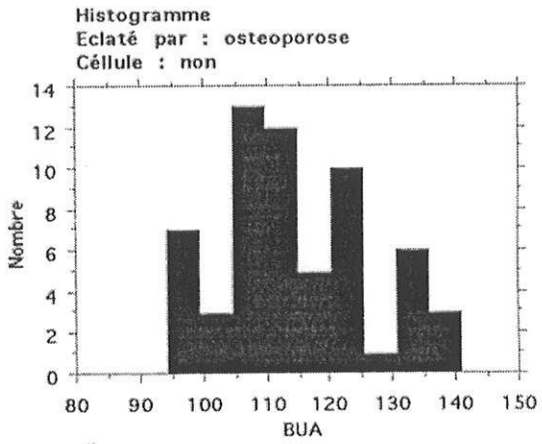
On considère que le seuil pour dépister les femmes ostéoporotiques est une BUA inférieure à 113.

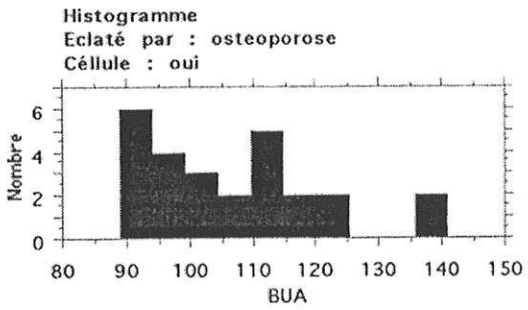
Tableau résumé pour ostéoporose, groupe BUA :

manquants	0
DDL	1
Chi2	3,941
p(Chi2)	**0,0471**
G-carré	4,074
p(G-carré)	0,0435
coef de contingence	0,209
Phi	0,214
Chi2 corrigé	3,056
p corrigé	0,0805
prob exacte de fischer	0,0594

Le p est significatif à **0,0471.** Il existe un lien entre ostéoporose et BUA inférieure à 113.

FREQUENCE OBSERVEE POUR OSTEOPOROSE, BUA :





	Négatif	Positif	Totaux
non	30	30	60
oui	7	19	26
Totaux	37	49	86

VPP = **0,731**

VPN = **0,5**

Odds-ratio = **2,714**

La valeur prédictive positive est alors de 0,731, la valeur prédictive négative est de 0,5.

L'OR est alors de 2,714 (soit 2,714 fois plus de chance d'avoir la maladie quand la BUA est inférieure à 113).

b- Le SOS :

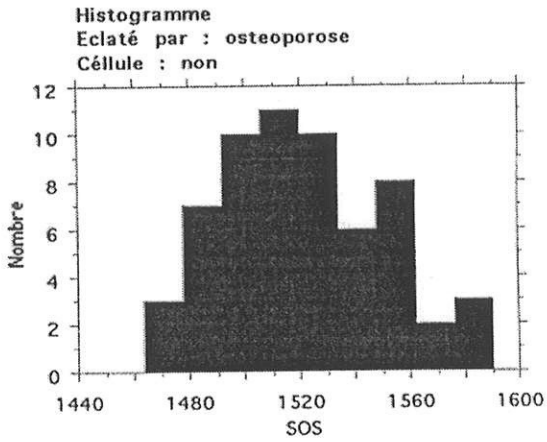
Le "seuil de déclenchement" a été établi à 1520 : on établit que le seuil pour considérer une femme atteinte d'ostéoporose est inférieur à 1520.

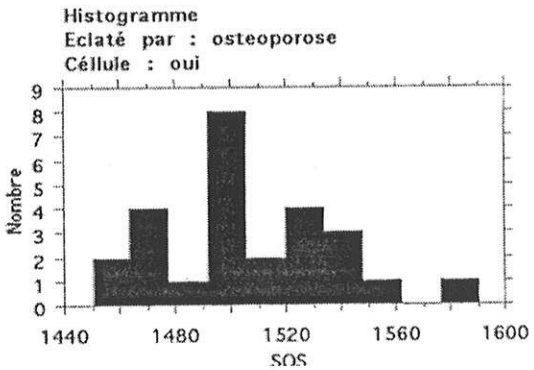
Tableau résumé pour ostéoporose, groupe SOS :

manquants	0
DDL	1
Chi2	1,384
p(Chi2)	**0,2394**
G-carré	1,403
p(G-carré)	0,2362
coef de contingence	0,126
Phi	0,127
Chi2 corrigé	0,884
p corrigé	0,3472
prob exacte de fischer	0,3445

Le p n'est pas significatif (p = **0,2394**).

FREQUENCE OBSERVEE POUR OSTEOPOROSE, SOS :





	Négatif	Positif	Totaux
non	29	31	60
oui	9	17	26
Totaux	38	48	86

VPP = **0,654**

VPN = **0,483**

Odds-ratio = **1,767**

La valeur prédictive positive est de 0,654, la valeur prédictive négative est à 0,483.

L'odd-ratio est de 1,767.

c- Le Stiffness :

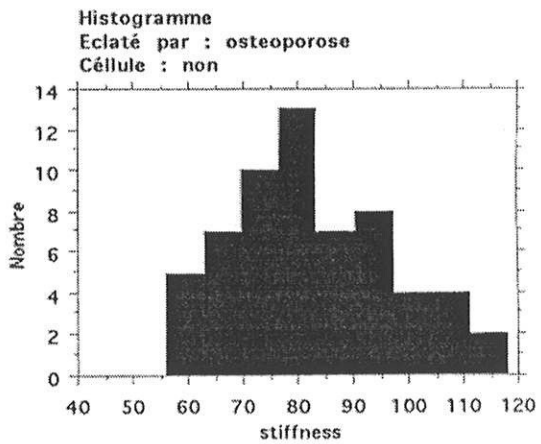
Le seuil de "déclenchement" est établi à 80. On considère que lorsque le Stiffness est inférieur à 80, les femmes sont ostéoporotiques.

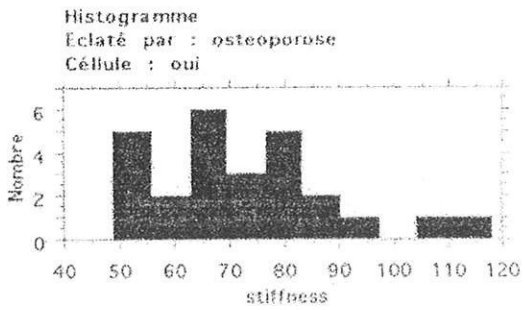
Tableau résumé pour ostéoporose, groupe Stiffness :

manquants	0
DDL	1
Chi2	3,186
p(Chi2)	**0,0743**
G-carré	3,332
p(G-carré)	0,0679
coef de contingence	0,189
Phi	0,192
Chi2 corrigé	2,378
p corrigé	0,1231
prob exacte de fischer	0,092

Le p n'est pas significatif (p = **0,0723**).

FREQUENCE OBSERVEE POUR OSTEOPOROSE, GROUPE STIFFNESS :





	Négatif	Positif	Totaux
non	26	34	60
oui	6	20	26
Totaux	32	54	86

VPP = 0,769

VPN = 0,433

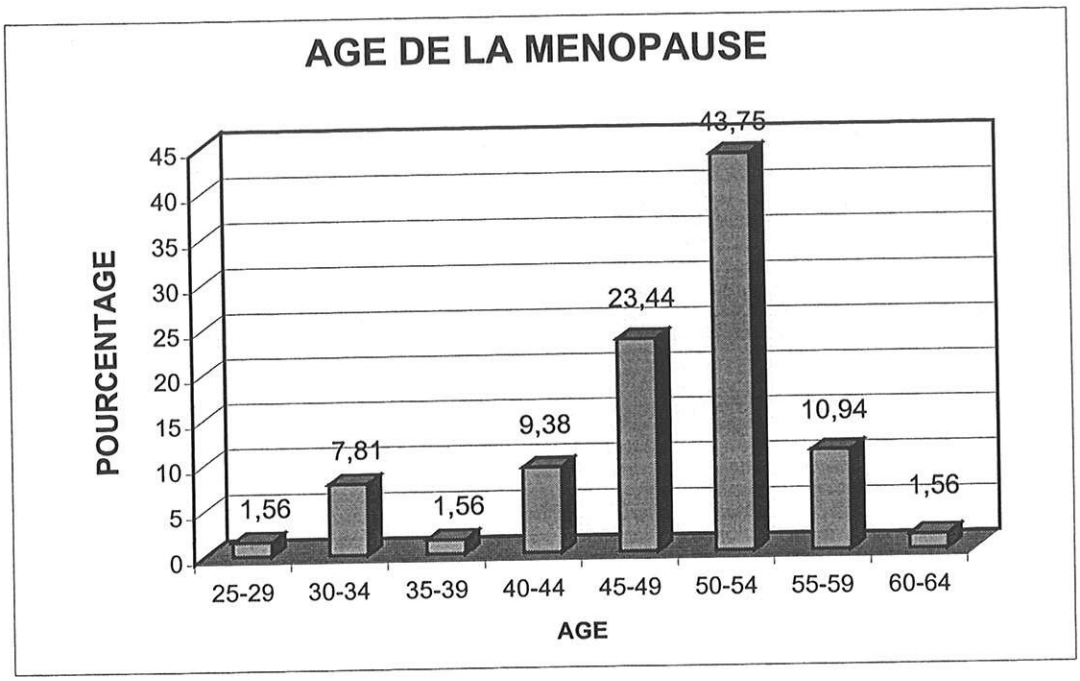
Odds-Ratio = 2,549

La valeur prédictive positive est de 0,769 et la valeur prédictive négative est établie à 0,433 avec un odds-ratio à 2,549 (une femme a 2,549 fois plus de risque d'être ostéoporotique si son Stiffness est inférieur à 80).

E- LIEN ENTRE FACTEURS DE RISQUE DE L'OSTEOPOROSE ET PARAMETRES DE LA DEXA ET PARAMETRES ULTRASONORES :

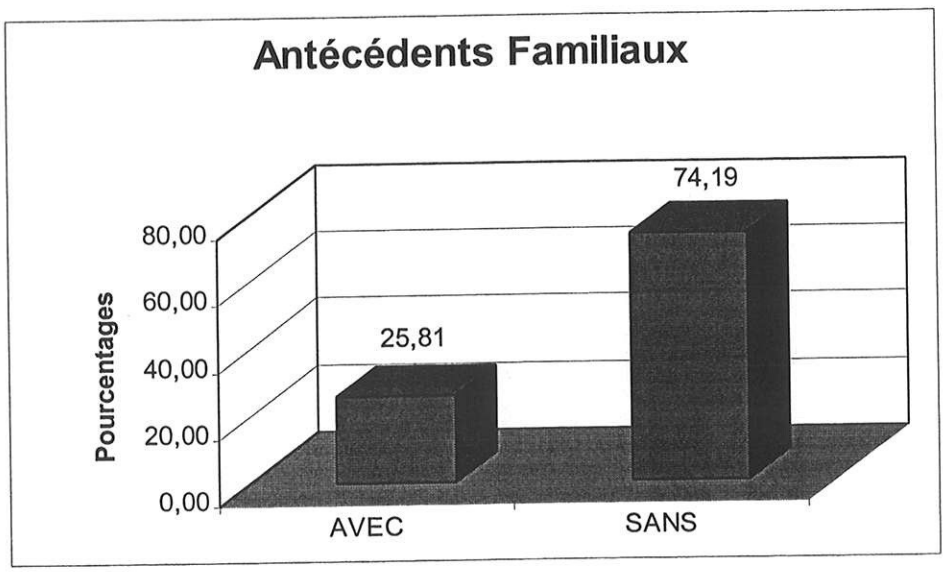
1- Répartition des facteurs de risque de l'ostéoporose dans notre échantillon :

a- Ostéoporose et âge de la ménopause dans notre échantillon :



La majorité des femmes est ménopausée entre 45 et 54 ans (67,2 %).

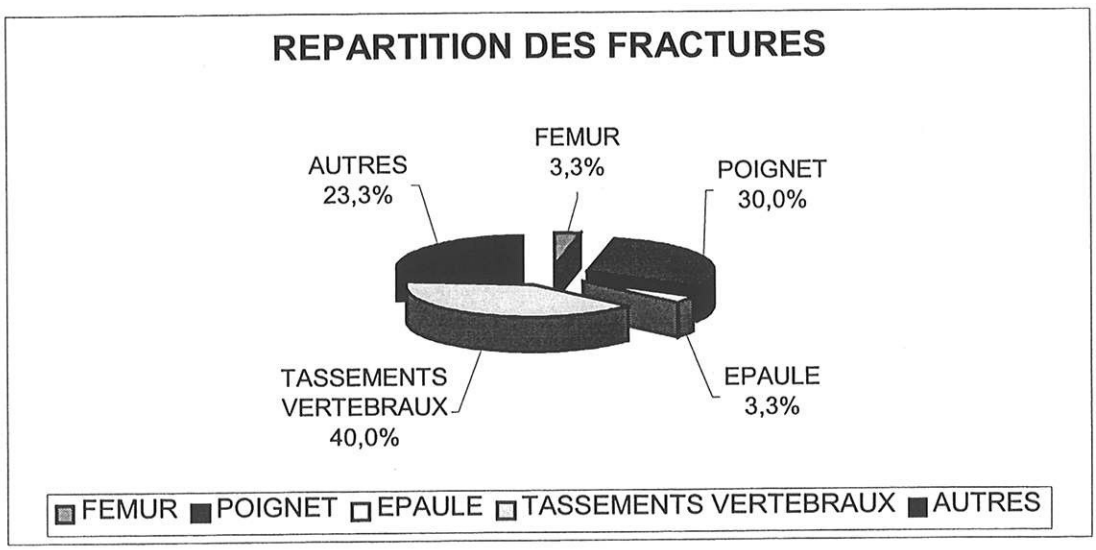
b- Ostéoporose et antécédents familiaux dans notre échantillon :



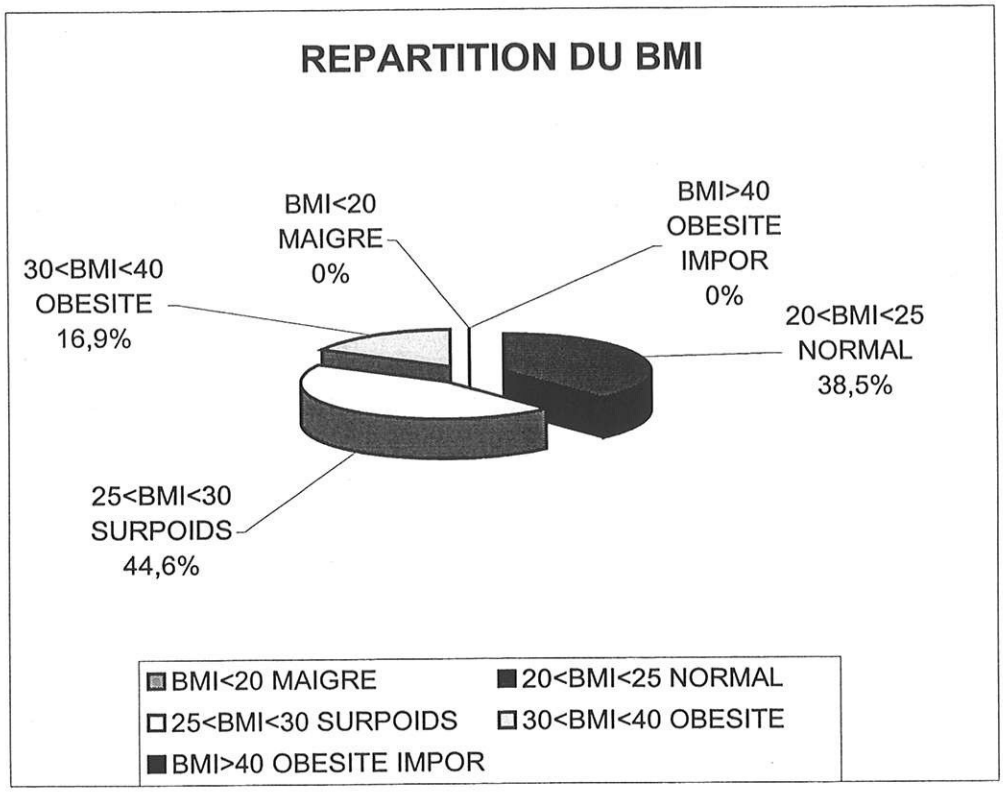
25,8% des femmes de notre échantillon ont des antécédents familiaux d'ostéoporose.

c- Ostéoporose et antécédents fracturaires dans notre échantillon :

Les tassements vertébraux représentent la plus grande partie des antécédents fracturaires d'origine ostéoporotique suivis des fractures du poignet. Le nombre des fractures du fémur est petit mais notre échantillon est jeune par rapport à ce risque fracturaire qui est une complication plus tardive de l'ostéoporose.



d- Ostéoporose et BMI dans notre échantillon :



61,5 % des patientes de notre échantillon sont en surpoids ou obèses.

2- Facteurs de risque et Tscore lombaire :

Nous appliquons le test de Spearman pour étudier les liens entre Tscore lombaire et âge de la ménopause (étude de données numériques), et BMI et le test U de Whitney pour les antécédents fracturaires et familiaux d'ostéoporose.

a- Lien Tscore lombaire et âge de la ménopause :

Corrélation de Spearman pour Tscore lombaire et âge de la ménopause :

somme des carrés des écarts	27811
Rho	0,363
Valeur de z	2,884
Valeur de p	**0,0039**
Rho corrigé pour ex-aequo	0,357
z corrigé pour ex-aequo	2,836
p corrigé pour ex-aequo	0,0046
# ex-aequo, Tscore lombaire	20
# ex-aequo, âge de la ménopause	15

Le p est significatif à **0,0039** avec r à **0,363**. Il existe un lien entre Tscore lombaire et âge de la ménopause.

b- Lien Tscore lombaire et antécédents familiaux :

Répartition de la population en deux catégories :

	nombre	somme des rangs	moyenne des rangs
non	46	1525	33,152
oui	16	428	26,75

U de Mann-Whitney pour Tscore lombaire et antécédents familiaux :

U	292
U prime	444
Valeur de z	-1,223
Valeur de p	**0,2215**
z corrigé pour ex-aequo	-1,223
p corrigé pour ex-aequo	0,2213
# ex-aequo	20

Le p n'est pas significatif (p = **0,2215**). Nous ne mettons pas en évidence de lien entre Tscore lombaire et antécédents familiaux.

c- Lien entre Tscore lombaire et antécédents fracturaires :

Répartition de la population en deux catégories :

	nombre	somme des rangs	moyenne des rangs
non	37	1160	31,351
oui	25	793	31,72

U de Mann-Whitney pour Tscore lombaire et antécédents fracturaires :

U	457
U prime	468
Valeur de z	-0,079
Valeur de p	**0,9371**
z corrigé pour ex-aequo	-0,079
p corrigé pour ex-aequo	0,9371
# ex-aequo	18

Le p n'est pas significatif (p= **0,9371**). Il n'y a pas de lien statistique entre Tscore lombaire et antécédents fracturaires dans notre étude.

d- Lien entre Tscore lombaire et BMI :

Corrélation de Spearman pour Tscore lombaire et BMI :

somme des carrés des écarts	34071,5
Rho	0,255
Valeur de z	2,043
Valeur de p	**0,041**
Rho corrigé pour ex-aequo	0,255
z corrigé pour ex-aequo	2,039
p corrigé pour ex-aequo	0,0414
# ex-aequo, Tscore lombaire	21
# ex-aequo, BMI	12

Corrélation linéaire paramétrique: R = **0,238**

p = **0,0557**

Le p est faiblement significatif (p= **0,041**).

Nous réalisons un test paramétrique : le p est alors non significatif à **0,0557** avec un coefficient de régression de **0,238**.

3- Facteurs de risque et Tscore fémoral :

Nous avons réalisé les mêmes types de tests pour évaluer les liens entre les différents facteurs de risque et les résultats du Tscore fémoral.

a- Lien entre Tscore fémoral et âge de la ménopause dans notre échantillon :

Corrélation de Spearman pour Tscore fémoral et âge de la ménopause :

somme des carrés des écarts	34913,5
Rho	0,201
Valeur de z	1,159
Valeur de p	**0,1112**
Rho corrigé pour ex-aequo	0,192
z corrigé pour ex-aequo	1,525
p corrigé pour ex-aequo	0,1272
# ex-aequo, Tscore fémoral	18
# ex-aequo, âge de la ménopause	15

Le p n'est pas significatif (p = **0,1112**) avec un r à **0,201**. Il n'y a pas de lien dans notre échantillon entre l'âge de la ménopause et le Tscore fémoral.

b- Lien entre le Tscore fémoral et les antécédents familiaux :

Répartition de la population en deux catégories :

	nombre	somme des rangs	moyenne des rangs
non	46	1477,5	32,12
oui	16	475,5	29,719

U de Mann-Whitney pour Tscore fémoral et antécédents familiaux :

U	339,5
U prime	396,5
Valeur de z	-0,458
Valeur de p	**0,6466**
z corrigé pour ex-aequo	-0,459
p corrigé pour ex-aequo	0,6461
# ex-aequo	19

Le p n'est pas significatif (p= **0,6466**). Nous ne mettons pas en évidence de lien statistique entre le Tscore fémoral et les antécédents familiaux.

c- Lien entre Tscore fémoral et antécédents fracturaires :

Répartition de la population en deux catégories :

	nombre	somme des rangs	moyenne des rangs
non	37	1228	33,189
oui	25	725	29

U de Mann-Whitney pour Tscore fémoral et antécédents fracturaires :

U	400
U prime	525
Valeur de z	-0,897
Valeur de p	**0,3698**
z corrigé pour ex-aequo	-0,898
p corrigé pour ex-aequo	0,3691
# ex-aequo	18

Le p n'est pas significatif (p= **0,3698**).

Il n'y a pas de lien significatif entre le Tscore fémoral et les antécédents fracturaires dans notre échantillon.

d- Lien entre Tscore fémoral et BMI :

Corrélation de Spearman pour Tscore fémoral et BMI :

somme des carrés des écarts	27716
Rho	0,394
Valeur de z	3,155
Valeur de p	**0,0016**
Rho corrigé pour ex-aequo	0,393
z corrigé pour ex-aequo	3,146
p corrigé pour ex-aequo	0,0017
# ex-aequo, Tscore fémoral	19
# ex-aequo, BMI	12

Corrélation linéaire paramétrique : R = **0,254**

p = **0,0414**

Le p est très significatif avec le test de Spearman (p= 0,0016), la corrélation linéaire paramétrique confirme ce résultat (p = 0,0414) mais de manière moins importante.

4- Facteurs de risque et BUA :

a- Lien entre BUA et âge de la ménopause dans notre échantillon :

Corrélation de Spearman pour BUA et âge de la ménopause :

somme des carrés des écarts	36277,5
Rho	0,169
Valeur de z	1,345
Valeur de p	**0,1786**
Rho corrigé pour ex-aequo	0,161
z corrigé pour ex-aequo	1,281
p corrigé pour ex-aequo	0,2002
# ex-aequo, BUA	21
# ex-aequo, âge de la ménopause	15

Le p n'est pas significatif (p = **0,1786**).

b- Lien entre BUA et antécédents familiaux dans notre échantillon :

Répartition de l'échantillon en deux catégories :

	nombre	somme des rangs	moyenne des rangs
non	46	1532	33,304
oui	16	421	26,312

U de Mann-Whitney pour BUA et antécédents familiaux :

U	285
U prime	451
Valeur de z	-1,335
Valeur de p	**0,1818**
z corrigé pour ex-aequo	-1,336
p corrigé pour ex-aequo	0,1815
# ex-aequo	20

Le p n'est pas significatif (p= **0,1818**).

c- Lien entre antécédents fracturaires et BUA :

Répartition de la population en deux catégories :

	nombre	somme des rangs	moyenne des rangs
non	37	1210	32,703
oui	25	743	29,72

U de Mann-Whitney pour BUA et antécédents fracturaires :

U	418
U prime	507
Valeur de z	-0,639
Valeur de p	**0,5231**
z corrigé pour ex-aequo	-0,639
p corrigé pour ex-aequo	0,5228
# ex-aequo	20

Le p n'est pas significatif (p= **0,5231**).

d- Lien entre BUA et BMI :

Corrélation de Spearman pour BUA, BMI :

somme des carrés des écarts	24894,5
Rho	0,456
Valeur de z	3,648
Valeur de p	0,0003
Rho corrigé pour ex-aequo	0,455
z corrigé pour ex-aequo	3,644
p corrigé pour ex-aequo	0,0003
# ex-aequo, BUA	21
# ex-aequo, BMI	12

Corrélation linéaire paramétrique:	R = **0,3**
	p = **0,0147**

Le p est significatif à **0,0003** avec un r **à 0,456**.

Nous réalisons un test paramétrique de type corrélation linéaire qui confirme ces résultats avec un p à **0,0147** avec un coefficient de régression r à **0,3.**

e- Conclusion BUA et facteurs de risque :

Dans notre échantillon, nous ne montrons pas de lien statistique entre la BUA et l'âge de la ménopause, les antécédents fracturaires, les antécédents familiaux. Il existe un lien entre BUA et BMI.

5- SOS et facteurs de risque :

Les mêmes tests ont été utilisés.

a- Lien entre SOS et âge de la ménopause :

Corrélation de Spearman pour SOS et âge de la ménopause :

somme des carrés des écarts	37337,5
Rho	0,145
Valeur de z	1,153
Valeur de p	**0,2491**
Rho corrigé pour ex-aequo	0,137
z corrigé pour ex-aequo	1,089
p corrigé pour ex-aequo	0,2763
# ex-aequo, SOS	13
# ex-aequo, âge de la ménopause	15

Le p n'est pas significatif (p= **0,2491**)

b- Lien entre SOS et antécédents familiaux :

Répartition de la population en deux catégories :

	nombre	somme des rangs	moyenne des rangs
non	46	1524	33,13
oui	16	429	26,812

U de Mann-Whitney pour SOS et antécédents familiaux :

U	293
U prime	443
Valeur de z	-1,207
Valeur de p	**0,2276**
z corrigé pour ex-aequo	-1,207
p corrigé pour ex-aequo	0,2275
# ex-aequo	12

Le p n'est pas significatif (p= **0,2276**).

c- Lien entre SOS et événements fracturaires :

Répartition de la population :

	nombre	somme des rangs	moyenne des rangs
non	37	1233,5	33,338
oui	25	719,5	28,78

U de Mann-Whitney pour SOS et antécédents fracturaires :

U	394,5
U prime	530,5
Valeur de z	-0,976
Valeur de p	**0,3292**
z corrigé pour ex-aequo	-0,976
p corrigé pour ex-aequo	0,329
# ex-aequo	11

Le p n'est pas significatif (p= **0,3292**).

d- Lien entre SOS et BMI :

Corrélation de Spearman pour SOS et BMI :

somme des carrés des écarts	36691,5
Rho	0,198
Valeur de z	1,585
Valeur de p	0,1129
Rho corrigé pour ex-aequo	0,198
z corrigé pour ex-aequo	1,582
p corrigé pour ex-aequo	0,1138
# ex-aequo, SOS	13
# ex-aequo, BMI	12

Corrélation linéaire paramétrique : R = **0,142**

p = **0,259**

Le p n'est pas significatif en corrélation de Spearman (p= **0,11**) ni en test paramétrique (p= **0,26**).

e- Conclusion SOS et facteurs de risque :

Dans notre étude nous ne mettons pas en évidence de lien entre âge de la ménopause, antécédents familiaux, antécédents fracturaires, BMI et SOS.

6- Stiffness et facteurs de risque :

a- Lien entre Stiffness et âge de la ménopause :

Corrélation de Spearman pour Stiffness et âge de la ménopause :

somme des carrés des écarts	35965
Rho	0,177
Valeur de z	1,402
Valeur de p	**0,1609**
Rho corrigé pour ex-aequo	0,169
z corrigé pour ex-aequo	1,34
p corrigé pour ex-aequo	0,1803
# ex-aequo, Stiffness	16
# ex-aequo, âge de la ménopause	15

Le p n'est pas significatif (p = **0,16**).

b- Lien entre Stiffness et antécédents familiaux :

Répartition de la population :

	nombre	somme des rangs	moyenne des rangs
non	46	1530,5	33,272
oui	16	422,5	26,406

U de Mann-Whitney pour Stiffness et antécédents familiaux :

U Prime	449,5
valeur de z	-1,311
valeur de p	**0,1898**
z corrigé pour ex-aequo	-1,312
p corrigé pour ex-aequo	0,1896
# ex-aequo	16

Le p n'est pas significatif (p = **0,19**).

c- Lien entre antécédents fracturaires et Stiffness :

Répartition de la population :

	nombre	somme des rangs	moyenne des rangs
non	37	1220,5	32,986
oui	25	732,5	29,3

U de Mann-Whitney pour Stiffness et antécédents fracturaires :

U	407,5
U prime	517,5
Valeur de z	-0,789
Valeur de p	**0,43**
z corrigé pour ex-aequo	-0,79
p corrigé pour ex-aequo	0,4297
# ex-aequo	14

Le p n'est pas significatif (p = **0,43**).

d- Lien entre Stiffness et BMI :

Corrélation de Spearman pour Stiffness et BMI :

somme des carrés des écarts	29073,5
Rho	0,365
Valeur de z	2,917
Valeur de p	**0,0035**
Rho corrigé pour ex-aequo	0,364
z corrigé pour ex-aequo	2,914
p corrigé pour ex-aequo	0,0036
# ex-aequo, Stiffness	17
# ex-aequo, BMI	12

Corrélation linéaire paramétrique : R = **0,23**

p = **0,0646**

Le p est significatif (p= **0,0035**) avec un r à **0,365** en corrélation de Spearman. Une étude paramétrique ne confirme pas ce résultat avec un p à la limite de la non significativité (p = **0,0646** avec un coefficient de régression à **0,23**).

e- Conclusion Stiffness et facteurs de risque :

Nous ne montrons pas de lien statistique entre Stiffness et antécédents familiaux d'ostéoporose, antécédents fracturaires, âge de la ménopause. Les tests paramétriques mettent en évidence une corrélation entre Stiffness et BMI non confirmée par la corrélation linéaire.

7- Tableau récapitulatif des différents liens entre les paramètres de la DEXA et ultrasonores avec les facteurs de risque de l'ostéoporose étudiés.

	Tscore lombaire	Tscore fémoral	BUA	SOS	Stiffness
Age de la ménopause	oui	non	non	non	non
Antécédents familiaux	non	non	non	non	non
Antécédents fracturaires	non	non	non	non	non
BMI	oui*	oui	oui	non	oui*

Oui* : lien significatif en test non paramétrique, non confirmé par le test paramétrique.

VIII DISCUSSION :

Notre étude a tenté d'analyser plusieurs éléments concernant les ultrasons sur le calcanéum, technique faisant l'objet de recherches pour savoir si elle peut être proposée comme moyen de dépistage de l'ostéoporose.

Ce travail a été réalisé selon plusieurs axes :

- La recherche de corrélation entre les paramètres ultrasonores et les données bien standardisées de l'absorptiométrie biphotonique à rayons X.
- La recherche de lien entre les paramètres ultrasonores et l'ostéoporose définie selon les critères de l'OMS (T-scores lombaire et/ou fémoral inférieur à –2,5 déviations-standard).
- La tentative d'établissement de normes pour pouvoir dépister les patientes ostéoporotiques.
- La recherche de liens entre les facteurs de risque de l'ostéoporose classiquement décrits dans la littérature et les paramètres de la DEXA d'une part et les paramètres ultrasonores d'autre part.

A- LIEN ENTRE PARAMETRES ULTRASONORES ET T-SCORES LOMBAIRE ET FEMORAL :

Nos résultats mettent en évidence un lien statistiquement significatif entre les données des paramètres ultrasonores (BUA, SOS et Stiffness) et le Tscore lombaire et fémoral dans notre population de femmes ménopausées entre 50 et 74 ans.

En test paramétrique, il existe un lien entre le Tscore lombaire et la BUA (p à 0,0004 avec r = 0.371), avec le SOS (p à 0,0002 avec r = 0,392) et avec le Stiffness (p à 0,0001 avec r = 0,4). Ces résultats sont confirmés par les tests non paramétriques (corrélation de Spearman) avec un p à 0,0007 ; 0,0012 et 0,0005 respectivement pour la BUA, le SOS et le Stiffness avec des coefficients de régression de 0,366 ; 0,352 et 0,376.

Les tests paramétriques réalisés pour le Tscore fémoral montrent un lien entre Tscore fémoral et BUA ($p < 0,0001$ et $r = 0,72$), avec le SOS ($p < 0,0001$ et $r = 0,647$) et le Stiffness ($p < 0,0001$ et r à 0,72).

Les tests non paramétriques (corrélation de Spearman) sont concordants : pour les trois paramètres, le p est inférieur à 0, 0001 et r à 0,695, 0,589 et 0,678 respectivement pour la BUA, le SOS et le Stiffness.

La corrélation est plus forte entre la BUA et le Tscore du col fémoral qu'avec les autres paramètres (le SOS ayant le coefficient de corrélation le plus faible). Le lien avec le Tscore lombaire est statistiquement significatif pour les trois paramètres avec un coefficient de corrélation plus important pour la BUA mais dans une moindre mesure par rapport au Tscore fémoral.

Nous mettons également en évidence un lien entre les paramètres ultrasonores et l'ostéoporose définie selon les critères de l'OMS (Tscore lombaire et/ou fémoral inférieur à –2,5 déviations-standart).

Nos statistiques montrent un lien entre BUA, SOS et Stiffness et ostéoporose (p à 0,0065, 0,0331 et 0,0105 respectivement).

Ces données sont comparables à celles de la littérature, notamment lors de grandes études prospectives :

La toute première étude concernant les ultrasons a été réalisée par Porter en 1990 sur 1414 femmes institutionnalisées, âgées de plus de 70 ans (84 +/- 5 ans) avec un suivi de deux ans (23). Parmi ces 1414 femmes, 73 avaient eu une fracture de l'extrémité supérieure du fémur pendant le suivi. Chez ces patientes, Porter montre que la moyenne de la BUA est significativement plus basse que chez les femmes indemnes de fractures (40,3 contre 50,9 dB/MHz). Cependant l'analyse statistique n'avait pas quantifié le risque fracturaire.

Deux études prospectives à grande échelle ont ensuite été réalisées, l'une est française (EPIDOS) l'autre américaine (SOF).

La première grande étude prospective appelée EPIDOS française multicentrique (Paris, Toulouse, Amiens, Montpellier, Lyon) inclut 7575 femmes âgées de plus de 70 ans (15). Les critères d'exclusion sont les pathologies à retentissement osseux (la maladie de Paget, les tumeurs osseuses, l'insuffisance rénale, l'hyperthyroïdie), l'opothérapie substitutive lors de l'hypothyroïdie, les antécédents de fractures du col, les prothèses de hanche. Les traitements par Calcium, Vitamine D, Fluor et Corticothérapie ne sont pas de facteurs d'exclusion.

Les patientes sont recrutées entre Janvier 1992 et Janvier 1994 et bénéficient à l'admission d'un questionnaire, d'un examen clinique, d'un bilan sanguin et urinaire, d'une absorptiométrie biphotonique sur la hanche (DPX+ de Lunar) et d'une mesure ultrasonore sur le calcanéum (Achilles de Lunar).

Parmi les 7575 patientes, 5662 ont eu un examen ultrasonore.

Les coefficients de variation entre les 5 centres sont de 1,8 % pour la BUA et 0,2 % pour le SOS. En ce qui concerne l'absorptiométrie, la reproductibilité mesurée sur deux centres est de 1,5 %.

Parmi les patientes, 50 % sont ostéoporotiques. Elles sont contactées tous les six mois pour rechercher de nouveaux événements fracturaires notamment de l'extrémité supérieure du fémur (115 patientes recensées).

Les premiers résultats mettent en évidence que le SOS et la BUA du calcanéum avaient la même sensibilité diagnostique que l'absorptiométrie biphotonique du col fémoral pour la prédiction des fractures du col fémoral dans un modèle avec ajustement de l'âge et du poids.

La deuxième étude parue en 1997 (SOF) menée aux Etats-Unis inclut 6183 femmes âgées de plus de 70 ans. Les auteurs concluent à un risque relatif ajusté de 2 ; 2,2 ; 2,6 ; pour la BUA calcanéenne, l'absorptiométrie biphotonique du même site et du col fémoral respectivement dans la prédiction du risque fracturaire de l'extrémité supérieure du col fémoral (24).

Ces deux études ont été conduites avec deux appareils ultrasonores différents (Achilles de Lunar dans l'étude française et Walker Sonix UBA 575 pour l'étude américaine) et deux absorptiomètres biphotoniques à rayons X différents.

Dans un second temps, Hans déduit de l'étude EPIDOS que les paramètres ultrasonores (BUA et SOS) du calcanéum sont corrélés à l'absorptiométrie biphotonique à rayons X (lombaire et col fémoral) (35).

Il montre également que les femmes âgées ayant deux facteurs de risque (diminution de la densité minérale osseuse du col fémoral (mesure DEXA) et des paramètres ultrasonores calcanéens) représentent une population à très haut

risque de fracture du col fémoral. L'incidence des fractures est de 19,6 pour 1000 années-femmes contre 2,7 chez les femmes ayant des valeurs normales pour les deux mesures (15).

De plus, l'incidence de la fracture de l'extrémité supérieure du col fémoral des femmes ayant des valeurs ultrasonores inférieures à la moyenne est respectivement de 5,9 pour la BUA et de 3,8 pour le col fémoral. Pour les femmes ayant des valeurs supérieures à la normale, les chiffres passent à 14,6 et 16,4 pour 1000 femmes années.

Roux étudie, entre Janvier 1992 et Janvier 1993, 240 femmes ménopausées (moyenne d'âge 60,3 +/- 7,4 ans) dont le Z-score est inférieur à –2 DS, sans pathologie inflammatoire ou néoplasique, ni ménopause prématurée. Il mesure les paramètres ultrasonores sur le calcanéum avec un appareil de type UBA 575 de Walker Sonix et étudie les valeurs de la DEXA fémorale, lombaire et radiale. Il met en évidence des corrélations statistiquement significatives entre les mesures ultrasonores calcanéennes et la mesure par absorptiométrie biphotonique à rayons X (DEXA) du rachis lombaire, du col fémoral et du radius. Les coefficients de corrélation sont de l'ordre de 0,5 à 0,7 (25).

Roux et Schott concluent des différentes études transversales que les femmes ostéoporotiques ayant ou non des antécédents de fractures de l'extrémité supérieure du fémur ont des valeurs ultrasonores plus basses que les femmes non ostéoporotiques (28, 36).

Agnusdei montre une bonne corrélation entre paramètres ultrasonores et DEXA lombaire en étudiant 30 femmes ostéoporotiques comparées à 30 femmes saines (37).

Turner a rapporté que la vélocité (SOS) mesurée au calcanéum avait une sensibilité comparable à celle de l'absorptiométrie biphotonique à rayons X du

col fémoral et supérieure à la DEXA lombaire pour la prédiction de la fracture du col fémoral (20).

Kang, en étudiant 55 femmes ménopausées et 20 femmes saines montre que les paramètres ultrasonores (Achilles de Lunar) sont corrélés avec les mesures absorptiométriques du col fémoral du calcanéum et lombaire (DPX Lunar) (38).

Wear a étudié 47 femmes (moyenne d'âge 58 ans +/- 13) et a mis en évidence une corrélation entre BUA et SOS et mesure absorptiométrique du col fémoral (39).

Cetin étudie 123 femmes qu'il répartit en trois groupes selon les critères de l'OMS. Il mesure les paramètres ultrasonores et la DEXA sur la hanche gauche et de la région lombaire et en déduit que les paramètres ultrasonores sont plus bas chez les femmes ostéoporotiques, mais ne met pas en évidence de différence entre les femmes saines et les patientes ostéopéniques. Il montre une corrélation entre les paramètres ultrasonores et DEXA lombaire et fémorale significative mais réduite (respectivement $r = 0,343$ et $0,539$; $p < 0,001$). Ces résultats sont du même ordre que ceux de notre étude avec un coefficient de corrélation plus élevé pour la DEXA fémorale (40).

B- Résultats des tableaux de contingence :

Nous avons tenté d'établir des valeurs seuils permettant de dépister toutes les femmes ostéoporotiques et de connaître la valeur prédictive positive et négative en appliquant ces valeurs.

En considérant les trois paramètres (avec des valeurs inférieures à 1520 pour le SOS, 113 pour le BUA et 80 pour le Stiffness), le p n'est significatif que pour la BUA (p à 0,0471) et on obtient une valeur prédictive négative de l'ordre de 50 % (la valeur prédictive positive est de 73,1%)!

Pour le SOS et le Stiffness, on obtient un p non significatif (p à 0,2394 et 0,0723) et des valeurs prédictives positives et négatives ainsi qu'un odd-ratio décevants.

Nos résultats ne permettent pas de pouvoir proposer cette méthode comme dépistage de l'ostéoporose.

Dans la littérature, peu d'études ont essayé d'établir des valeurs de référence.

En 2000, Pocock a réalisé une étude multicentrique (trois centres de Médecine Nucléaire à Sydney) incluant 1 000 femmes de 22 à 88 ans (moyenne d'âge de 59 ans). Elles ont bénéficié d'une absorptiométrie biphotonique à rayons X lombaire, du col fémoral et de la mesure de l'indice Stiffness sur le calcanéum (41).

Il a ensuite étudié la prévalence de l'ostéoporose :

Dans le groupe où le Stiffness est inférieur à 70, la prévalence de l'ostéoporose axiale est de 51 % tandis qu'elle est évaluée à 8 % quand le Stiffness est supérieure à 70. Chez les femmes de 65 ans, elle est de 59 et 17 % respectivement, montrant les difficultés à recommander un tel examen en dépistage.

Krieg (42) étudie le lien entre les paramètres ultrasonores et les résultats de l'absorptiométrie biphotonique lombaire et fémorale avec un appareil de type Achilles de Lunar chez 57 femmes ménopausées âgées de 43 à 78 ans (moyenne 59 ans).

Il montre un lien statistiquement significatif avec une corrélation plus importante quand on compare les deux techniques sur le même site (DEXA calcanéenne et ultrasons) avec un $r > 0,8$.

Il montre également qu'une BUA inférieure à 100 dB/MHz ou un SOS inférieur à 1495 m/s sont hautement suggestifs d'ostéoporose tandis que les valeurs élevées sont presque exclusivement retrouvées chez les femmes non ostéoporotiques sans toutefois montrer de corrélation statistique.

Roux, en étudiant 240 femmes ménopausées, met en évidence un lien significatif entre BUA et DEXA rachidienne chez les femmes ostéoporotiques ($p = 0,02$) (25).

La BUA moyenne est de 58,92 +/- 11,59 dB/MHz chez les ostéoporotiques et de 66,1 +/- 15,29 dB/MHz chez les non-ostéoporotiques ($p = 0,04$).

Une sensibilité de 100 % de la BUA pour le diagnostic d'ostéoporose est obtenue au seuil de 85 dB/MHz. Pour les ostéopéniques, une BUA à 77 dB/MHz a une sensibilité de 80 % et une spécificité de 46 %

Le meilleur compromis entre sensibilité et spécificité est obtenu pour une BUA à 70 dB/MHz pour le diagnostic d'ostéoporose avec 14 % de faux positifs et 14 % de faux négatifs ! Ces résultats ne peuvent être comparés aux nôtres car les appareils utilisés sont différents et non standardisés.

Greenspan a comparé les données ultrasonores avec l'absorptiométrie biphotonique à rayons X en utilisant un appareil avec imagerie (Q-US2) permettant une meilleure reproductibilité des mesures. Il étudie 794 femmes caucasoïdes âgées de 25 à 84 ans, indemnes de pathologie osseuse, polyarthrite rhumatoïde, insuffisances rénale, hépatique, maladies endocrines, d'antécédents de fractures atraumatiques, de prise de médications à visée osseuse (prise de

Calcium supérieure à 1500 mg/jour et Vitamine D supérieure à 800 UI par jour). Le traitement hormonal non substitutif n'est pas un critère d'exclusion (26).

Les femmes âgées de 25 à 34 ans formeront le groupe de référence. Il a ensuite calculé les valeurs prédictives et négatives pour le diagnostic d'ostéoporose en fonction de différents seuils de Tscore calculés par rapport à sa population de référence.

Les valeurs prédictives positives en fonction des différents Tscore oscillent entre 33 et 39 % et les valeurs prédictives négatives respectivement entre 83 et 75 %. Ces différents résultats ne sont pas satisfaisants pour permettre un dépistage efficace.

Certains auteurs ont tenté d'utiliser le Tscore ultrasonore fourni par l'appareil mais tous ont conclu à l'impossibilité d'appliquer les critères de l'OMS définis pour l'absorptiométrie biphotonique à rayons X aux ultrasons.

Ainsi Ayers étudie 312 femmes âgées de 50 ans et plus, soumises à une absorptiométrie biphotonique à rayons X et à une mesure ultrasonore. Il utilise le Tscore fourni par l'appareil et montre qu'un Tscore inférieur ou égal à -1 entraîne une sensibilité de 62 % et une spécificité de 72 % pour le diagnostic d'ostéoporose. Mais en combinant Tscore ultrasonore et facteurs de risque de l'ostéoporose, il met en évidence une sensibilité de 81 % mais diminue la spécificité à 58 % (43).

D'autres auteurs ont cherché à définir des valeurs de référence pour tenter de résoudre le problème de coût du dépistage de l'ostéoporose. Sim a étudié 46 femmes aux antécédents de fracture de Pouteau-Colles âgées de 50 à 60 ans

(moyenne d'âge de 67 ans). Il utilise la DEXA lombaire et fémorale et mesure la BUA et SOS.

Il montre qu'un seuil de 60 dB/MHz pour la BUA est le plus efficace avec une sensibilité de 93 % et une spécificité de 84 % mais n'a alors aucun intérêt économique dans le dépistage (le coût des faux positifs et faux négatifs est plus élevé que le dépistage par DEXA !) dans une population à haut risque (antécédents de fracture de Pouteau-Colles) (44).

Nous avons retrouvé dans la littérature une seule étude contradictoire : Felder étudie 247 femmes (41 ont moins de 50 ans, 103 sont âgées de 50 à 60 ans et 103 ont plus de 60 ans). Elles bénéficient d'une absorptiométrie biphotonique à rayons X lombaire et fémorale et de mesures ultrasonores. Les tests statistiques de Spearman et Pearson ne mettent pas en évidence de corrélation entre ces deux méthodes (45).

C- LIEN ENTRE LES FACTEURS DE RISQUE DE L'OSTEOPOROSE ET T-SCORE :

1- Le T-score lombaire :

Notre étude met en évidence un lien entre T-score lombaire et âge de la ménopause ($p = 0,0039$). Les tests non paramétriques (test de Spearman) montrent un lien entre T-score lombaire et BMI ($p = 0,041$), cependant les tests paramétriques ne confirment pas ce résultat ($p = 0,0557$).

Elle ne montre pas d'autres liens avec les autres facteurs de risque de l'ostéoporose étudiés (antécédents fracturaires, antécédents familiaux).

2- Le Tscore fémoral :

L'âge de la ménopause, les antécédents familiaux et fracturaires ne sont pas liés significativement avec le Tscore fémoral dans notre étude. Le BMI est lui corrélé de manière significative ($p = 0,00016$ avec le test de Spearman et $p = 0,0414$ en test paramétrique).

3- Les données de la littérature :

Dans la littérature, le lien entre les différents facteurs de risque et les T-scores ne sont pas étudiés séparément. Les différents auteurs considèrent comme définition de l'ostéoporose les critères de l'OMS de 1994 : T-score lombaire et/ou fémoral inférieur à -2,5 DS ce qui regroupe les deux parties de notre étude sur ces critères.

a- Ostéoporose et âge de la ménopause :

Certains auteurs décrivent une perte osseuse débutant avant la ménopause (évaluée à environ 10 % sur le rachis et le col fémoral) (46).

Fullen et Allright ont été les premiers, après avoir étudié 42 femmes dont 40 étaient ménopausées, à décrire l'association ménopause et ostéoporose (47).

Pouilles publie une étude longitudinale concernant 21 femmes avec un suivi longitudinal de 7 ans et montre que la perte osseuse est maximale dans les trois années qui suivent la ménopause (de l'ordre de -2,4 à -1,6 %) puis elle continue mais plus faiblement (de -1,2 à 1,4 % par an) (48).

Ohta a étudié la densité osseuse de la région lombaire par absorptiométrie à rayons X chez des femmes ménopausées. Il constate que dans le groupe des femmes ayant eu une ménopause précoce datant de plus de dix ans au moment de l'étude, la densité minérale osseuse est plus faible que dans le groupe des femmes ménopausées à un âge "normal" depuis trois ans (49).

Notre étude confirme ce lien en ce qui concerne le T-score lombaire mais le T-score fémoral n'est pas significativement lié à l'âge de la ménopause.

L'étude portant sur la totalité des femmes concernées par la campagne de dépistage (1000 patientes) montrait un lien statistiquement significatif entre ostéoporose et âge de la ménopause.

b- Ostéoporose et antécédents familiaux :

Notre étude ne montre pas de lien entre T-score lombaire ou fémoral et antécédents familiaux, l'étude portant sur les 1000 patientes non plus.

Dans notre population, peu de femmes ont répondu positivement à cette question (22 patientes sur les 62 ayant rempli le questionnaire). De plus, une des limites de notre étude est le fait qu'il s'agisse d'un auto-questionnaire.

Seeman a montré que la masse osseuse des femmes non ménopausées dont les mères souffraient d'une ostéoporose post-ménopausique est de 5 à 7 % plus faible que celle des femmes non ménopausées dont les mères sont indemnes (50).

Certaines études ont montré l'absence de lien entre ces deux facteurs :

Gärdsell a comparé la fréquence des fractures dans une population de femmes dont les mères souffraient d'une ostéoporose fracturaire (tassements vertébraux) à un groupe apparié en âge. Les filles de femmes ostéoporotiques n'ont pas plus de fractures que la population témoin (51).

Hansen a comparé la densitométrie osseuse mesurée par DEXA entre les mères et leurs filles selon l'existence ou non d'antécédents de fractures chez les mères. Il ne montre pas de différence de la densitométrie osseuse entre les deux générations qu'il y ait ou non des antécédents de fractures (52).

c- Ostéoporose et antécédents fracturaires :

Notre étude ne montre pas de lien entre T-score lombaire ou fémoral et antécédents fracturaires.

Dans notre population, nous avons regroupé les différents antécédents fracturaires : nous avons peu de fractures de l'extrémité supérieure du col du fémur (soit 3 patientes), 26 fractures du poignet, 34 tassements vertébraux et 20 fractures non classées.

Les tassements vertébraux ont probablement été surestimés car la formulation de la question n'était pas tout à fait explicite "Avez vous déjà eu une scoliose et/ou des tassements vertébraux?"

De plus, lors de sa réponse par auto-questionnaire, certains patients ont pu confondre tassements vertébraux et discopathies dégénératives d'où un risque de surestimation de ceux-ci. Il n'existe pas dans la littérature d'analyse concernant la valeur de l'interrogatoire seul pour connaître les antécédents de tassements vertébraux.

En ce qui concerne les autres fractures, elles ne représentent qu'un nombre très limité de patientes.

Dans la littérature de nombreuses études ont montré que les fractures étaient liées avec l'ostéoporose. Il est admis que la diminution d'un écart-type

(10 à 15 % de la masse osseuse) entraîne un doublement du risque de fracture même après ajustement avec l'âge (53).

d- Ostéoporose et BMI :

Dans notre étude, nous mettons en évidence un lien entre Tscore lombaire et BMI (non confirmé avec les tests paramétriques) et Tscore fémoral et BMI.

Le travail concernant les 1000 patientes montrait un lien très significatif entre ostéoporose et BMI.

Dans notre population, il existe une majorité de femmes souffrant de surpoids (BMI compris entre 20 et 25) ou obèses (BMI compris entre 30 et 40) soit 61,5 % des patientes.

Plusieurs études ont confirmé le lien entre ostéoporose et BMI avec un rôle plutôt protecteur de la surcharge pondérale (54,55).

Lorsque le BMI est bas, il pourrait exister une augmentation du risque fracturaire du col fémoral et du poignet (56,57)

D- LIEN ENTRE FACTEURS DE RISQUE ET PARAMETRES ULTRASONORES :

1- Les résultats de l'étude :

Dans notre étude, nous mettons en évidence un lien entre la BUA et le BMI.

Les tests non paramétriques montrent un lien entre BMI et Stiffness mais celui-ci n'a pas été confirmé par les tests paramétriques.

Les autres facteurs de risque de l'ostéoporose étudiés ne sont pas liés avec la BUA et le Stiffness.

Nous ne mettons en évidence aucun lien entre le SOS et les facteurs étudiés.

Dans la littérature, les liens entre les paramètres ultrasonores et les facteurs de risque de l'ostéoporose sont controversés :

2- Les données de la littérature :

Nous détaillerons les données de la littérature pour chaque facteur de risque.

a- Ultrasons et âge de la ménopause :

Roux en 1993 étudie 190 femmes (ménopausées ou non) répondant aux critères d'inclusion suivants (25) :

Z-score du rachis lombaire inférieur ou égal à -2 déviations-standard, pas de lésions dégénératives du rachis, pas de pathologie inflammatoire ou néoplasique, pas de ménopause précoce, pas de maladie osseuse, pas de traitement susceptible d'interférer avec le métabolisme phospho-calcique notamment le traitement hormonal substitutif.

Chez les femmes ménopausées, les valeurs de la BUA sont comparées en fonction du recul de la ménopause : la BUA diminue avec l'âge ($p = 0,0001$ et $r = -0,37$). Elle diminue de 21 % entre 45 et 80 ans. Il existe une corrélation entre la BUA et le nombre d'années écoulées depuis la date de la ménopause ($p < 0,001$ et $r = -0,43$ avec $N = 145$).

Van Daele conclut à l'absence de lien entre l'âge de la ménopause et paramètres ultrasonores (BUA et SOS) après avoir étudié 777 femmes (58).

Duboeuf étudie 128 femmes bien portantes recrutées parmi le personnel hospitalier de son lieu d'exercice. La population étudiée bénéficie d'une mesure ultrasonore sur les quatre phalanges proximales de la main non dominante. La vitesse de propagation du son dépendante de l'amplitude (Ad-SOS mesurée en m/sec, paramètre spécifique résultant de la mesure des phalanges) est liée à l'âge de la ménopause (32).

b- Ultrasons et antécédents familiaux :

Danielson étudie 207 "couples" mères-filles dont les mères ont participé quelques années plus tôt à l'étude prospective américaine SOF. Il classe les filles en trois groupes selon l'histoire de la mère (absorptiométrie normale, absorptiométrie basse sans fracture, antécédent fracturaire).

Il réalise sur les filles une absorptiométrie biphotonique à rayons X sur le rachis lombaire, le col fémoral et le corps entier et une mesure ultrasonore sur le calcanéum droit avec un appareil de type US Walker Sonix UBA 575.

Les valeurs de la DEXA du col fémoral sont plus basses chez les filles (en particulier celles qui sont ménopausées) dont les mères sont ostéoporotiques (dans les deux derniers groupes) comparées aux filles dont les mères ont une DEXA normale.

La BUA ne diffère pas parmi les différents groupes des filles (59).

Drozdzowska publie en 2001 une étude sur le statut osseux des mères et de leurs filles. Il étudie 48 "couples" mères-filles (dont les mères sont ménopausées mais pas les filles) parmi lesquelles 21 ont des antécédents fracturaires et 27 mères sont indemnes.

Toutes ces femmes bénéficient d'une mesure ultrasonore (BUA, SOS et Stiffness) avec un appareil de type Achilles Lunar.

Les paramètres ultrasonores ont des valeurs plus basses chez les mères aux antécédents fracturaires et leurs filles comparées respectivement aux mères indemnes et leurs filles (31).

Ce constat est repris par l'étude de Cheng concernant 200 femmes caucasoïdes âgées de 20 à 79 ans sans antécédents de fracture atraumatique ou de traitement affectant le métabolisme phospho-calcique. Elles ont répondu à un interrogatoire portant sur leurs antécédents médicaux, leurs menstruations, les prises médicamenteuses, les antécédents familiaux d'ostéoporose, les activités physiques, la prise de calcium et leur consommation de tabac et d'alcool.

Il met ainsi en évidence des valeurs de BUA plus basses chez les femmes aux antécédents familiaux d'ostéoporose (30).

c- Ultrasons et antécédents fracturaires :

Les grandes études prospectives que nous avons détaillées dans la première partie de la discussion mettent en évidence un lien entre fractures et paramètres ultrasonores.

Porter a montré que les valeurs de la BUA sont significativement plus basses chez les femmes aux antécédents de fractures de l'extrémité supérieure du fémur que chez les femmes indemnes (23).

Les deux grandes études prospectives EPIDOS et SOF montrent également un lien entre les paramètres ultrasonores et la prédiction du risque de fracture (15,24)

d- Ultrasons et Indice de masse corporelle :

Cheng montre dans une étude sur 200 femmes un lien entre BUA et poids (30).

Frost réalise une étude concernant 1115 femmes (ménopausées ou non). 530 femmes sont considérées comme groupe de référence pour calculer le Tscore et le Zscore. 786 patientes ont un ou plusieurs facteurs de risque parmi les suivants : fracture atraumatique depuis l'âge de 25 ans, ostéopénie diagnostiquée lors d'une absorptiométrie biphotonique à rayons X, antécédents médicaux ou traitement pouvant affecter le métabolisme phosphocalcique, ménopause précoce avant 45 ans ou antécédents d'aménorrhée de plus de 6 mois, antécédents familiaux d'ostéoporose, BMI inférieur à 20.

Les paramètres ultrasonores sont mesurés avec un appareil de type Hologic.

Il conclut qu'il existe un lien entre BMI bas et baisse des paramètres ultrasonores (60).

Fukuharu met en évidence le même résultat en étudiant le lien entre le Stiffness et les facteurs de risque de l'ostéoporose chez 585 femmes ménopausées comparées à 256 femmes non ménopausées (61).

Yamaguchi montre, en étudiant 1412 japonaises dont l'âge moyen est de 57 ans, qu'un BMI élevé était un facteur prédictif de paramètres ultrasonores élevés (BUA, SOS et Stiffness) (62).

IX- CONCLUSION :

Notre étude a inclus 86 femmes âgées de 50 à 74 ans chez lesquelles nous avons réalisé une absorptiométrie biphotonique à rayons X sur le col fémoral et le rachis lombaire ainsi qu'une mesure ultrasonore sur le calcanéum (BUA, SOS et Stiffness).

Elle met en évidence une corrélation entre paramètres ultrasonores et T-scores lombaire et fémoral avec un coefficient de régression plus important concernant le T-score fémoral.

Parmi les mesures ultrasonores, la BUA est celle qui possède le lien le plus important avec les données de la DEXA.

Ces données sont conformes à la littérature.

Nous mettons également en évidence une corrélation entre les paramètres ultrasonores (et surtout la BUA) et l'ostéoporose définie selon les critères de l'OMS (T-score inférieur à -2,5 déviations-standard).

Notre étude montre les difficultés à proposer cet examen pour le dépistage.

L'étude de certains facteurs de risque de l'ostéoporose (âge de la ménopause, antécédents familiaux, antécédents fracturaires, BMI) ne met en évidence qu'un lien entre BUA et BMI.

Les ultrasons semblent être une technique permettant d'étudier l'ostéoporose et ses mécanismes sous un angle différent de celui de l'absorptiométrie biphotonique à rayons X qui analyse la densité osseuse seule. L'évolution de la microarchitecture osseuse pourrait alors être prise en compte.

Bien que les ultrasons offrent des perspectives intéressantes, de nombreux progrès restent encore à accomplir avant de pouvoir utiliser cet examen en routine.

L'avenir des ultrasons se situe peut-être dans un nouvel appareil en cours de validation L'OMNISENSE dont l'originalité est de mesurer différents sites sur le squelette dont certains sont surtout composés d'os cortical (phalanges, radius, tibia et métatarse). L'appareil ne mesure qu'un paramètre : le SOS.

Certaines études tendent à montrer que la reproductibilité et donc le suivi pourrait être meilleur et que cet appareil permettrait d'évaluer le squelette dans son ensemble (63).

BIBLIOGRAPHIE

1- Renier JC. -1990-

L'ostéoporose. Impact Médecin, Les dossiers du praticien n°79, 1990 : 3-22.

2- Maurel F, Levy E. -1998-

Le coût hospitalier des fractures ostéoporotiques en France. Journal de l'économie Médicale ; 1998 ; T.16 : 99-108.

3- Siris ES, Miller PD, Barrett-Connor E, Faulkner KG, Wehren LE, Abbott TA, Berger ML, Santora AC, Sherwood LM. -2001-

Identification and fracture outcomes of undiagnosted low bone mineral density in postmenopausal women : results from the National Osteoporosis Risk Assessement. JAMA, 2001 ; 286 (22) : 2865-6.

4- Fantino B, Colson F, Couret M, Collet Ph, Alexandre Ch, Amourdedieu J, Mabriez JC. -1996-

Facteurs de risque de l'ostéoporose post-ménopausique : une étude transversale sur 1228 femmes ménopausées. Revue médicale de l'assurance maladie ; 1996 ; 1 : 78-89.

5- Cooper C, Campion G, Melton LJ - 1992 -

Hip fractures in the elderly : a world-wide projection. Osteoporos Int ; 1992 ; 2 : 285-9.

6- Melton LJ, Chrischilles EA, Coper C, Lane AW, Riggs BL. -1992-

How many women have osteoporosis ? J Bone Miner Res ; 1992 ; 7 : 1005-10.

7- Melton LJ, Thamer M, Ray NF. -1997-

Fractures attribuable to osteoporosis : report from the National Osteoporosis Foundation. J Bone Miner Res ; 1997 ; 12 : 16-23..

8- Mosekilde L. -1989-

Sex differences in age-related loss of vertebral trabecular bone mass and structure. Biomechanical consequences. Bone ; 1989 ; 10 : 425-432.

9- Parfitt AM, Mathews CH, Villanueva AR.-1983-

Relationships between surface, volume and thickness of iliac trabecular bone in aging and in osteoporosis. J Clin Invest ; 1983 ; 72 : 1396-1409.

10- Mellish RWE, Ferguson-Pell MW, Cochran GVB. -1991-

A new manual method for assessing two-dimensionnal cancellous bone structure : comparaison between iliac crest and lumbar vertebral. J Bone Miner Res ; 1991 ; 6 : 689-696.

11- Mazess R. -1990-

Spine and femur density using dual photon absorptiometry in US white women. Bone Mineral ; 1987 ; 2 : 211-219.

12- Esses SI, Lotz JC, Hayes WC -1989-

Biomechanical properties of the proximal femur determined in vitro by single-energy quantitative computed tomography . J Bone Miner Res. ; 1989 , 4 : 715-722.

13- Pouilles JM. -2002-

Les principaux sites de mesure de la densité osseuse: intérêts et limites. Réflexions rhumatologiques ; 2002 ; n°46, T.6, fév 2002 : 9-15.

14- Langton CM, Palmer SB, Porter RW. -1984-

The measurement of broadband ultrasonic attenuation in cancellous bone. Engl. Med.; 1984 ; 13 : 89-91.

15- Hans D, Dargent-Molina P, Schott AM, Sebert JL, Cormier C, Kotzki P, Delmas PD, Pouilles JM, Breart G, Meunier PJ. -1996-

Ultrasonographic heel measurements to predict hip fracture in elderly women: the EPIDOS prospective study. Lancet ; 1996, vol 348. August 24 : 511-514.

16- Roux C, Laugier P. -1999-

Evaluation de l'ostéoporose post-ménopausique par ultrasons. J Radiol ; 1999 ; 80 : 279-284.

17- Njeh CF, Hodgskinson R, Langton CM. -1995-

Determination of bone strength from ultrasonic velocity and broadband ultrasound attenuation. Br J Radiol ; 1995 ; 68 : 789.

18- Bouxsein ML, Radloff SE- 1997-

Quantitative ultrasound of the calcaneus reflects the mechanical properties of calcaneal trabecular bone. J Bone Miner Res ; 1997 ; 12 : 839-46.

19- Sambrook P, Raj A, Hunte D, Naganathan V, Mason R, Robinson B. -2001-

Osteoporosis with low dose corticosteroids : contribution of underlying disease effects and discriminary ability of ultrasound versus bone densitometry. J Rheumatology ; 2001 may ; 28 (5) : 1063-7.

20- Turner CH, Peacock M, Timmerman L, Neal JM, Johnson CC. -1995-
Calcaneal ultrasonic measurements discriminate hip fracture independently of bone mass. Osteoporos Int ; 1995 ; 5 : 130-5.

21- Gonnelli S, Cepollaro C, Agnusdei D, Palmieri R, Rossi S, Gennari C. -1995-
Diagnostic value of ultrasound analysis and bone densitometry as predictors of vertebral deformity in postmenopausal women. Osteoporos Int ; 1995 ; 5: 413-8.

22- Roux C, Laugier P. -1998 -
Evaluation de l'ostéoporose par ultrasons. La presse médicale ; 1998 ; 27, n°32 : 1652-1657.

23- Porter R, Miller C, Grainger D, Palmer S. -1990-
Prediction of hip fracture in elderly women . BMJ. ; 1999 ; 301 : 638-641.

24- Bauer DC, Gluer CC, Cauley JA -1997-
Broadband ultrasound attenuation predicts fractures strongly and independantly of densitometry in older women. Arch Intern Med ; 1997 ; 157 : 629-634.

25- Roux C, Lemonier E, Kolta S, Charpentier E, Dougados M, Amor B, Viens Bitker C. -1993-
Atténuation des ultrasons au calcanéum et densités osseuses. Revue Rhum (éd. française) ; 1993 ; 60, 12 : 897-906.

26- Greenspan SL, Cheng S, Miller PD, Orwoll ES. -2001-
Clinical performance of a highly portable, scanning calcaneal ultrasonometer. Osteoporos Int 2001; 12: 391-398.

27- Riggs BL, Melton LJ. -1986-

Involutional osteoporosis. N Engl J Med ; 1986 ; 314 : 1676-1686.

28- Schott AM, Hans D, Sornay-Rendu E, Delmas PD, Meunier PJ.-1993-

Ultrasound measurements on os calcis : precision and age-related changes in a normal female population. Osteoporosis Int 1993 ; 3 : 243-254.

29- Hans D, Srivastav SK, Singal C. 1999.

Does combining the results from multiple bone sites measured by a new quantitative ultrasound device improved discrimination of hip fracture ? J Bone Miner Res. ; 1999 ; 14 : 644-51.

30- Cheng S, Fan B, Wang L, Fuerst T, Lian M, Njeh C, He Y, Kern M, Lappin M, Tylavsky F, Casal D, Harris S, Genant HK. 1999.

Factors affecting broadband ultrasound attenuation results of the calcaneum using a gel-coupled quantitative ultrasound scanning systems. Osteoporos Int ; 1999; 10 (6): 495-504.

31- Drozdzowska B, Pluskiewicz W -2001-

Quantitative ultrasound at the calcaneus in premenopausal women and their postmenopausal mothers. Bone ; 2001 ; 29 (1) : 79-83.

32- Duboeuf F, Hans D, Schott AM, Giraud S, Delmas PD, Meunier PJ -1996-

Vitesse des ultrasons mesurée aux phalanges proximales : précision et modifications liées à l'âge chez la femme bien portante. Rev Rhum. ; 1996 ; 63 (6) : 507-516

33- Cummings SR, Black DM, Nevitt MC -1993-

Bone density at various sites for prediction of hip fractures. The study of Osteoporotic Fractures Research Group (SOF). Lancet 1993 ; 341 : 72-75.

34- Cheng S, Njeh CF, Fan B, Cheng X, Hans D, Wang L, Fuerst T, Genant HK-2002-

Influence of region of interest and bone size on calcaneal BMD : Implications for the accuracy of quantitative ultrasound assessments at the calcaneus. British Journal of Radiology ; 2002; 75 : 59-68

35- Hans D, Njeh CF, Genant HK, Meunier PJ. -1998-

Ultrasons et ostéoporose. Rev Rhum ; 1998, 65 (7-9) : 537-546.

36- Roux C, Fournier B, Laugier P et al. - 1996 -

Broadband ultrasonic attenuation imaging : a new imaging method in osteoporosis. J Bone Miner Res ; 1996 ; 11 : 1112-18.

37- Agnusdei D, Cepollaro C, Camporeale A, Gennari C. - 1992-

Ultrasonography techniques in the evaluation of the osteoporotic patient. Minerva Endocrinol ; 1992 Oct-Dec ; 17 (4) : 169-72

38- Kang C, Speller R. -1998-

Comparaison of ultrasound and dual energy X-ray absorptiometry meast the calcaneus. Br J Radiol ; 1998 Aug ; 71 (848) : 861-7.

39- Wear KA, Armstrong DW. - 2001-

Relationships among calcaneal backscatter, attenuation, sound speed, hip bone mineral density, and age in normal adult women. J Acoust Soc Am ; 2001 Jul ; 110 (1) : 573-8.

40- Cetin A, Erturk H, Celiker R, Sivri A, Hascelik Z. -2001-

The role of quantitative ultrasound in predicting osteoporosis defined by dual X-ray absorptiometry. Rheumatol Int Feb ; 20 (2) : 55-9

41- Pocock NA, Culton NL, Gilbert GR, Hoy ML, Babicheva R, Chu JM, Lee KS, Freund J. - 2000-

Potential roles for quantitative ultrasound in the management of osteoporosis. Med J Aust ; 2000 Oct 2 ; 173 (7) : 355-8.

42- Krieg MA, Thiebaud D, Landry M, Burckhardt P. - 1996-

Evaluation of bones using quantitative ultasonography. Schweiz Med Wochenschr ; 1996 Feb 3 ; 126 (5) : 159-63.

43- Ayers M, Prince M, Ahmadi S, Baran DT. - 2000-

Reconciling quantitative ultrasound of the calcaneus with X-ray-based measurements of the central skeleton. J Bone Miner Res ; 2000 Sep ; 15(9) : 1850-5.

44- Sim MF, Stone M, Johansen A, Evans W. -2000-

Cost effectiveness analyses of BMD referral for DXA using ultrasound as a selective pre-screen in a group of women with low trauma Colles'fractures. Technol Health Care ; 2000 ; 8 (5) : 277-84.

45- Felder M, Haldemann R, Anderhub HP. - 2000-

Value of ultrasound study and dual energy X-ray absorptiometry (DEXA) for assessment of risk of osteoporosis. Schweiz Rundsch Med Prax ; 2000 Feb 3 ; 89 (6) : 233-9.

46- Rodin A, Murby B, Smith Ma. -1990-

Premenopausal bone loss in the lumbar spine and neck of femur : A study of 225 caucasian women. Bone 1990, 11 : 1-5.

47- Lindsay R, Hart Dm, Aitken Jm. -1976-

Long term prevention of postmenopausal osteoporosis by oestrogen. Lancet 1976, 1 : 1038-1041.

48- Pouilles Jm, Tremollieres F, Ribot C. -1996-

Perte osseuse vertébrale à la péri-ménopause. Résultats d'un suivi longitudinal de 7 ans. Presse Méd. 1996, 25 : 277-80.

49- Ohta H, Sugimoto I, Mazuda S. -1996-

Decreased bone mineral density associated with early menopause progresses for at least ten years : Cross sectionnal comparaisons between early ans norma menopaused women. Bone 1996, 18 : 227-231.

50- Seeman E, Hopper J, Bach L. -1989-

Reduced bon mass in daughters of women with osteoporosis. N Engl J Med 1989, 320 : 554-558.

51- Gärdsell P, Lindberg H -1989-

Osteoporosis and Heredity. Clinical Orthopedics and relat research 1989, 240 : 164-7.

52- Hansen M, Hassager C, Jensen S -1992-

Is heratibily a risk factor for post menopausal osteoporosis ? J Bone Miner Research 1992, 7 : 1037-43.

53- Ross PD, Davis JW, Epstein RS, Wanich RD. -1991-

Pre-existing fractures and bone mass predict vertebral fracture incidence in women. Ann Intern Med, 1991 ; 114 : 919-923.

54- Pouilles JM, Ribot C, Tremollieres F, Bonneu M, Brun S -1991-

Risk factors of vertebral osteoporosis. Results of a study of 2279 women referred to a menopause clinic. Facteurs de risque de l'ostéoporose vertébrale. Résultats d'une étude de 2279 femmes adressées à la consultation de la ménopause. Revue Rhum Mal Osteoart 1991, 58 : 169-77.

55- Ribot C, Tremollieres F, Pouilles JM. -1994-

The effect of obesity on post menopausal bone loss and the risk of osteoporosis. Adv Nutr Res 1994, 9 : 257-71.

56- Farmer ME, Harris T, Madans JH. -1989-

Anthropometric indicators and hip fracture : the NHANES I epidemiologic follow-up study. J Am Geriatr Soc, 1989, 37 : 9-16.

57- Seeman EL, MElton LJ, O'Fallon WM, Riggs BI. -1983-

Risk factors for spinal osteoporosis in men. Am J Med 1983, 75 : 977-983.

58- Van Daele PL, Burger H, Algra D, Hofman A, Grobbee DE, Birkenhager JC, Pols HA. -1994-

Age-associated changes in ultrasound measurements of the calcaneus in men and women : the Rotterdam Study. J Bone Miner Res 1994 Nov; 9 (11) : 1751-1757.

59- Danielson ME, Cauley JA, Baker CE, Newman AB, Dorman JS, Towers JD, Kuller LH. -1999-

Familial resemblance of bone mineral density and calcaneal ultrasound attenuation : the BMD in mothers and daughters study. J Bone Miner Res 1999 Jan ; 14 (1) : 102-10.

60- Frost ML, Blake GM, Fogelman I. -2001-

Quantitative ultrasound and bone mineral density are equally strongly associated with risk factors for osteoporosis. J Bone Miner Res 2001 Feb ; 16 (2) : 406-16.

61- Fukuharu M, Sato J, Ohsawa I, Oshida Y, Kuriki K, Shibata K, Tamagawa T, Nagaya T, Fujiwara N, Tokudome S, Sato Y. -2001-

Effects of lifestyle factors on ultrasonographically determined bone health in japanese women. Public Health 2001 Mar ; 115 (2) : 146-51.

62- Yamaguchi J, Truman G, Cameron ID. -2000-

Lifestyle factors affecting bone ultrasonometry of the calcaneus in Japanese women. Calcif Tissue Int 2000 Jan ; 66 (1) : 43-6.

63- Knapp KM, Blake GM, Spector TD, Fogelman I. -2001-

Multisite Quantitative Ultrasound : Precision, Age and Menopause Related Changes, Fracture Discrimination, and Tscore equivalence with Dual-Energy X-Ray Absorptiometry. Osteoporos Int ; 2001 ; 12 : 456-464.

TABLE DES MATIERES

I- DEFINITION DE L'OSTEOPOROSE : p 15

II- CLASSIFICATION DENSITOMETRIQUE DE L'OSTEOPOROSE : p 16

III- LE TISSU OSSEUX, SON ARCHITECTURE ET SON EVOLUTION AU COURS DE LA VIE : p 18

A- Architecture osseuse en fonction de l'âge: p 18

1- Os trabéculaire : p 18
2- Os cortical : p 19

B-Composition en fonction de l'os : p 20

IV- LES DIFFERENTES TECHNIQUES DE DEPISTAGE : p 20

V- LES ULTRASONS : p 22

A-Qu'est-ce que les ultrasons ? p 23

B- Les principes de l'appareil p 24

C-Les paramètres : BUA, SOS et Stiffness p 25

1- La vitesse des ultrasons (SOS : Speed of sound) p 25

a- Définition p 25

b- Les données de la littérature p 26

2- L'atténuation de fréquence ou BUA (Broadband Ultrasonic Attenuation) p 27

a- Définition p 27

b- Les données de la littérature p 28

- BUA et densitométrie osseuse p 30
- Variation de la BUA en fonction de l'âge p 30
- BUA et facteur de risque de la ménopause p 31
- BUA et antécédents familiaux d'ostéoporose p 31
- BUA et déroulement de l'examen p 32

3- Stiffness p 33

D- Etude du calcanéum et des autres segments osseux en ultrasonographie p 34

1- Le calcanéum p 34

2- Les autres sites: p 35

a- Les phalanges p 35

b- Le tibia p 37

c- Rotule et cubitus p 37

E-Reproductibilité p 37

F- Modalités de l'examen sur le calcanéum p 39

1- Description p 39
2- Installation du patient p 40
3- Résultats p 40
4- Contre-indications p 41

VI- INTERETS ET PRESENTATION DE L'ETUDE : p 41

A- Matériels p 42
B- Modalités de recueil de l'information p 43
C- L'absorptiométrie biphotonique à rayons X p 44
D- Les ultrasons p 45
E- Modalités de saisie de traitement de l'information p 45

VII- RESULTATS p 46

A- Résultats de l'absorptiométrie biphotonique à rayons X (DEXA) dans notre échantillon p 47

B- Lien entre paramètres ultrasonores et T-score lombaire p 48

1- tests paramétriques p 48

a- la BUA p 49
b- le SOS p 50
c- le Stiffness p 52

2- tests non paramétriques p 53

C- Lien entre paramètres ultrasonores et Tscore fémoral p 55

1- tests paramétriques p 55

a- La BUA p 55
b- Le SOS p 57
c- Le Stiffness p 58

2- tests non paramétriques p 59

D- Lien entre paramètres ultrasonores et ostéoporose p 61

1- Tableau de contingence p 61

a- tests paramétriques p 61

- la BUA p 61
- le SOS p 63
- le Stiffness p 64

b- tests non paramétriques p 65

- La BUA p 66
- Le SOS p 66
- Le Stiffness p 67

2- p 68
a- La BUA p 68
b- Le SOS p 70
c- Le Stiffness p 72

E-Lien entre facteurs de risque de l'ostéoporose et T-scores lombaire et fémoral p 73

1- Répartition des facteurs de risque de l'ostéoporose dans notre échantillon p 73

a- ostéoporose et âge de la ménopause p 74
b- ostéoporose et antécédents familiaux dans notre échantillon p 74
c- ostéoporose et antécédents fracturaires dans notre échantillon p 75
d- ostéoporose et BMI dans notre échantillon p 76

2- Facteurs de risque et T-score lombaire p 76

a- Lien entre Tscore lombaire et âge de la ménopause p 77
b- Lien entre T-score lombaire et antécédents familiaux p 77
c- Lien entre T-score lombaire et antécédents fracturaires p 78
d- Lien entre T-score lombaire et BMI p 79

3- Facteurs de risque et T-score fémoral p 80

a- Lien entre Tscore fémoral et âge de la ménopause p 80
b- Lien entre T-score fémoral et antécédents familiaux p 80
c- Lien entre T-score fémoral et antécédents fracturaires p 81
d- Lien entre T-score fémoral et BMI p 82

4- Facteurs de risque et BUA p 83

a- Lien entre BUA et âge de la ménopause p 83
b- Lien entre BUA et antécédents familiaux p 83
c- Lien entre BUA et antécédents fracturaires p 84
d- Lien entre BUA et BMI
e- Conclusion facteurs de risque et BUA p 84

5- Facteurs de risque et SOS p 85

a- Lien entre SOS et âge de la ménopause p 85

b- Lien entre SOS et antécédents familiaux p 86
c- Lien entre SOS et antécédents fracturaires p 87
d- Lien entre SOS et BMI p 87
e- Conclusion facteurs de risque et SOS p 88

6- Facteurs de risque et Stiffness p 88

a- Lien entre Stiffness et âge de la ménopause p 88
b- Lien entre Stiffness et antécédents familiaux p 89
c- Lien entre Stiffness et antécédents fracturaires p 89
d- Lien entre Stiffness et BMI p 90
e- Conclusion facteurs de risque et Stiffness p 91

7- Tableau récapitulatif des différents liens entre les paramètres de la DEXA et ultrasonores avec les facteurs de risque de l'ostéoporose étudiés p 91

VIII- DISCUSSION p 92

A- Lien entre paramètres ultrasonores et les T-scores lombaire et fémoral p 92

B- Résultats du tableau de contingence p 97

C- Lien entre facteurs de risque de l'ostéoporose et Tscore p 101

1- Tscore lombaire p 101

2- Tscore fémoral p 102

3- Les données de la littérature p 102

a- Ostéoporose et âge de la ménopause p 102
b- Ostéoporose et antécédents familiaux p 103

c- Ostéoporose et antécédents fracturaires p 104
d- Ostéoporose et BMI p 105

D- Lien entre facteurs de risque et paramètres ultrasonores p 105

1- Les résultats de l'étude p 105

2- Les données de la littérature p 106
a- Ultrasons et âge de la ménopause p 106
b- Ultrasons et antécédents familiaux p 107
c- Ultrasons et antécédents fracturaires p 108
d- Ultrasons et Indice de masse corporelle p 109

IX- CONCLUSION p 110

BIBLIOGRAPHIE p 112

SERMENT D'HIPPOCRATE

En présence des maîtres de cette école, de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine.

Je dispenserai mes soins sans distinction de race, de religion, d'idéologie ou de situation sociale.

Admis à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les moeurs ni à favoriser les crimes.

Je serai reconnaissant envers mes maîtres, et solidaire moralement de mes confrères. Conscient de mes responsabilités envers les patients, je continuerai à perfectionner mon savoir.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné de jouir de l'estime des hommes et de mes condisciples, si je le viole et que je me parjure, puissé-je avoir un sort contraire.

BON A IMPRIMER N° 125

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE

Vu, le Doyen de la Faculté

VU et PERMIS D'IMPRIMER

LE PRÉSIDENT DE L'UNIVERSITÉ

ROUET (Estelle épouse QUENNESSON). - Comparaison entre Ultrasons et Absorptiométrie biphotonique à rayons X chez 86 femmes âgées de 50 à 74 ans. – 133 f. ; ill. ; tabl. ; 30 cm (Thèse : Méd. ; Limoges ; 2002).

RESUME :

Introduction : L'ostéoporose est un véritable problème de santé publique en France. Elle concerne, dans ce pays, chaque année, 300 000 femmes atteignant l'âge de la ménopause. Actuellement, seule, l'absorptiométrie biphotonique à rayons X permet le dépistage de cette maladie (définition de l'OMS), mais d'autres techniques sont en cours de développement, les ultrasons en sont un exemple.

Matériels et Méthodes : 86 femmes, âgées de 50 à 74 ans, ont participé à cette étude. Les critères d'exclusion étaient un traitement hormonal substitutif en cours ou interrompu mais pris pendant plus de 5 ans et l'ostéoporose secondaire. Elles ont bénéficié d'une mesure des régions lombaire et fémorale par DEXA et d'une mesure ultrasonore du calcanéum droit. Parmi les 86 femmes, 62 ont répondu à un questionnaire sur les facteurs de risque suivants : âge de la ménopause, antécédents fracturaires, antécédents familiaux, poids, taille et indice de masse corporelle.

Résultats : Nous mettons en évidence un lien entre les paramètres ultrasonores, les T-scores lombaire et fémoral et l'ostéoporose définie selon les critères de l'OMS. Nous montrons, grâce à des tableaux de contingence, qu'il est difficile de proposer cet examen en dépistage. Nous ne mettons pas en évidence de lien entre les facteurs de risque étudiés et les paramètres ultrasonores sauf entre la BUA et le BMI.

Conclusion : Malgré un lien entre paramètres ultrasonores et ostéoporose, il est actuellement difficile de proposer cet examen comme moyen de dépistage de cette maladie.

MOTS CLES :
- Ostéoporose
- Ultrasons
- Absorptiométrie à rayons X
- Facteurs de risque

JURY :

Président	Monsieur le Professeur Trèves
Juges	Monsieur le Professeur Bertin
	Monsieur le Professeur Preux
	Monsieur le Professeur Salle
Membre invité	Madame le Docteur Bonnet