



**HAL**  
open science

## Fracture ostéoporotique chez l'homme : estimation du risque en tomодensitométrie à la hanche

Jérémy Lellouche

► **To cite this version:**

Jérémy Lellouche. Fracture ostéoporotique chez l'homme : estimation du risque en tomодensitométrie à la hanche. Médecine humaine et pathologie. 2015. dumas-01286554

**HAL Id: dumas-01286554**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01286554>**

Submitted on 11 Mar 2016

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

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

UNIVERSITE DE PICARDIE JULES VERNE

FACULTE DE MEDECINE D'AMIENS

N° de thèse : 2015 - 156.

**FRACTURE OSTEOPOROTIQUE CHEZ L'HOMME:  
ESTIMATION DU RISQUE EN  
TOMODENSITOMETRIE A LA HANCHE**

**THESE**

POUR LE DOCTORAT EN MEDECINE

DIPLÔME D'ETAT

SPECIALITE : RADIODIAGNOSTIC ET IMAGERIE MEDICALE

PRESENTEE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT

LE 5 Octobre 2015

PAR

**JEREMY LELLOUCHE**

**PRESIDENT DU JURY :**

**Monsieur le Professeur CONSTANS**

**JUGES :**

**Monsieur le Professeur DERAMOND**

**Monsieur le Professeur DOUTRELOT**

**Monsieur le Docteur FEDIDA**

**DIRECTEUR DE THESE :**

**Madame le Professeur BOUSSON**



A mes parents,

*Je vous dédie cette thèse.*



A mon maître et Président de thèse,

**Professeur Jean-Marc CONSTANS**

Professeur des Universités-Praticien Hospitalier

(Radiologie et Imagerie médicale)

Pôle Imagerie

*Vous me faites l'honneur de présider cette thèse.*

*Veillez trouver ici l'expression de toute ma reconnaissance.*

*Merci de votre disponibilité et accessibilité au quotidien.*

A mon maître,

**Monsieur le Professeur Hervé DERAMOND**

Professeur des Universités-Praticien Hospitalier

(Radiologie et Imagerie médicale)

Chef du Pôle Imagerie au CHU d'AMIENS.

*Votre expérience, votre expertise et votre enseignement en radiologie m'ont permis de trouver les ressources nécessaires à une formation de qualité.*

*Recevez à travers ce travail le témoignage de ma profonde gratitude et l'assurance d'un grand respect.*

A mon Maître,

**Monsieur le Professeur Pierre-Louis DOUTRELOT**

Professeur des Universités-Praticien Hospitalier

(Médecine physique et de Réadaptation)

Responsable du Centre d'activité MPR Orthopédique

Pôle "Autonomie"

*Vous avez accepté avec gentillesse de juger cette thèse.*

*Veillez trouver ici mes plus sincères remerciements et toute ma reconnaissance.*



A mon Maître et Ami,

**Monsieur le Docteur Benjamin FEDIDA**

Chef de Clinique Assistant

(Radiologie et imagerie médicale)

*Merci d'avoir accepté de juger ce travail.*

*Cela fait maintenant quinze ans que tu es mon modèle. Merci de très précieux conseils et de ton amitié sans faille. J'espère un jour pouvoir travailler à tes côtés et profiter de ton savoir.*

*Comment aurais je pu penser un seul instant dans notre classe de lycée que tu ferais parti de mon jury de thèse aujourd'hui. La vie est pleine de surprise.*

*Sache que je serai toujours là pour toi.*

*Je vous souhaite à Johanna et toi qui êtes ma nouvelle famille à présent, beaucoup de bonheur.*

A mon Maitre et ma Directrice de thèse,

**Madame le Professeur Valérie BOUSSON**

Professeur des Universités-Praticien Hospitalier

(Radiologie et Imagerie médicale)

*Merci d'avoir accepté de diriger cette thèse.*

*Sachez que ces quelques mots ne sont qu'une infime partie de ma reconnaissance .Ce fut, pour moi, un très grand privilège de vous avoir à mes cotés. Vous avez toujours su faire preuve de recul, d'exigence et de patience .Ainsi, le travail accompli dépasse largement mes attentes et mes espérances et je le dois en grande partie à votre contribution, qui fut une aide précieuse.*

*Conscient aujourd'hui de tout ce que je vous dois, je reste à votre disposition pour toute collaboration future.*

*A travers ce travail, soyez assurée de ma profonde reconnaissance.*

A ma collaboratrice,

**Madame Agnès OSTERTAG**

*Cette thèse n'aurait pas pu avoir lieu sans votre aide.*

*C'est avec ces quelques lignes que je viens vous témoigner ma très grande satisfaction d'avoir collaboré avec vous sur le projet qui nous a un temps réunis.*

*Merci de votre disponibilité, vous avez su m'expliquer avec intelligence les bases des statistiques.*

*Pour réaliser ce projet avec succès, nul doute que je n'aurai pas pu rencontrer pareil collaboratrice que vous.*

A mon Maître,

**Monsieur le Professeur Jean-Denis LAREDO**

Professeur des Universités-Praticien Hospitalier

(Radiologie et Imagerie médicale)

Chef de service à Lariboisière, Paris.

*Vous avez accepté avec gentillesse de m'accueillir dans votre service.*

*Cela fait maintenant deux ans et demi que je viens régulièrement bénéficier de votre savoir.*

*Je voudrais vous adresser mes remerciements et ma reconnaissance, pour toute la bienveillance que vous avez manifestée à mon égard.*

**Madame le Docteur Catherine Mancheron**

Praticien Hospitalier

(Radiologie et Imagerie médicale)

,

*Vous m'avez donné goût à l'imagerie musculo-squelettique.*

*J'ai pu apprendre à votre contact l'échographie ostéo-articulaire et la modestie.*

*Vous m'avez soutenu tout au long de mon internat, merci de m'avoir tant appris.*

A mon Maître,

**Monsieur le Docteur Luc CEUGNART**

Praticien Hospitalier

(Radiologie et Imagerie médicale)

Chef de service du centre Oscar Lambret, Lille.

*Merci de m'avoir accueilli dans votre service avec tant de bienfaisance.*

*Ces six mois à Lille restent pour moi la meilleure expérience professionnelle de mon internat.  
Je vous remercie aussi bien pour votre accueil chaleureux que votre apprentissage au quotidien.*

*J'espère faire honneur à votre enseignement dans mes futures fonctions.*

**Monsieur le Docteur Bruno BONNAIRE**

Praticien Hospitalier

(Radiologie et Imagerie médicale)

*J'ai pu profiter de ton expertise et de ton savoir à tes côtés pendant six mois.*

*C'est sur ces termes élogieux, et sincères, que je te remercie.*

## **Au Saint béni Soit-II**

*« Fais que je sois modéré en tout, mais insatiable dans mon amour de la science. Éloigne de moi l'idée que je peux tout. Donne-moi la force, la volonté et l'occasion d'élargir de plus en plus mes connaissances. Je peux aujourd'hui découvrir dans mon savoir des choses que je ne soupçonnais pas hier, car l'art est grand mais l'esprit de l'homme pénètre toujours plus avant.*

*Fais que mon esprit reste clair auprès du lit du malade et qu'il ne soit distrait par aucune chose étrangère afin qu'il ait présent tout ce que l'expérience et la science lui ont enseigné, car grandes et sublimes sont les recherches scientifiques qui ont pour but de conserver la santé et la vie de toutes les créatures.»*

*Docteur Maïmonide (1135-1204)*

*« Je soigne, mais c'est D.ieu qui guérit »*

*Docteur Ambroise Paré (1509-1590)*

*De m'avoir tant donné.*

*De m'avoir permis d'en arriver ici aujourd'hui.*

*De m'avoir permis d'être entouré de mes proches en ce jour.*

*De m'avoir fait devenir médecin, j'espère en être digne.*

*Pour tous les bienfaits dont il nous gratifie quotidiennement.*





**A mes parents,**

*Je dois à mes parents tout mon parcours et mes réussites obtenues grâce à leur sacrifice, à la confiance et à l'amour qu'ils ont toujours su m'accorder.*

*Aucune dédicace, aucun mot ne pourrait exprimer à leur juste valeur la gratitude et l'admiration que je vous porte.*

*J'espère par ce travail vous rendre fier aujourd'hui.*

*Je vous souhaite beaucoup de bonheur dans votre nouvelle vie et j'espère bientôt vous rejoindre.*

*Je vous aime.*

**A mon père,**

*Merci de m'avoir poussé dans mes limites aussi bien dans mes études que dans la vie.*

*Ton exigence a été un moteur pour moi.*

*Tu m'as toujours dit de faire un métier intéressant et aujourd'hui je t'en suis profondément reconnaissant.*

*Merci de m'avoir guidé dans ce monde, de m'avoir tant appris. Merci d'être le père que tu es.*

**A ma mère,**

*Tu n'as cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes ces années d'études.*

*Unique à mes yeux, tu représentes pour moi l'amour inconditionnel, la tendresse au quotidien, les efforts réalisés année après année pour que je devienne quelqu'un de bien.*

*Comment te remercier assez pour tout ce que tu as fait pour moi ? C'est impossible alors je vais me contenter de te dire que je t'aime très fort.*

**A la mémoire de mes grands-parents disparus,**

*Je sais que vos prières ont été le succès de ma réussite.*

**A ma grand-mère Julia,**

*Je sais à quel point tu aurais voulu être présente aujourd'hui.*

*Merci de tout l'amour que tu me portes depuis mon enfance.*

*A partir d'aujourd'hui tu pourras enfin dire que je suis docteur, j'espère te rendre fière.*

**A Laura,**

*Merci pour l'équilibre que tu as apporté dans ma vie.*

*Merci de ton soutien, de ton amour.*

*Je sais que beaucoup de belles choses nous attendent, j'ai hâte de vivre ces moments à tes côtés.*

**A mon frère David,**

*Cela fait maintenant dix ans que tu es parti en Israël. Pas un jour ne passe sans que je pense à toi et à notre enfance heureuse.*

*Merci de m'avoir supporté. Même si tu es mon cadet, tu es pour moi un modèle de gentillesse et d'intelligence. J'espère que tu trouveras ta voie pour t'épanouir.*

*Je te confie ce que j'ai de plus précieux, nos parents, en attendant de vous rejoindre.*

**A mes sœurs Olivia et Elodie,**

*Merci pour votre soutien, je sais que je pourrai toujours compter sur vous.*

**A mes amis que je nomme par leur prénoms pour une des rares fois**

**A Harry :**

*Je fus très honoré d'être ton témoin. J'espère que j'en serai digne.*

*Tu incarnes pour moi la joie de vivre et passer du temps à tes côtés est toujours un plaisir.*

*Je te souhaite à Andréa et toi tout le bonheur du monde.*

**A Remi :**

*Car pour moi tu n'es pas la miche. Merci d'avoir toujours été à mes côtés.*

*Ta gentillesse et ta sympathie ont toujours été un précieux soutien.*

**A Rubin :**

*Merci de m'avoir accompagné dans tant d'aventures.*

*Merci également de me comprendre.*

**A mes collègues et amis amiénois,**

**A David :** *Merci pour tous ces moments passés à l'hôpital ensemble. J'en garde un souvenir mémorable.*

**A Gregory :** *mon petit et mon grand frère. J'espère être ton digne héritier dans l'école amiénoise.*

**A Ilan :** *merci de mettre occupé de moi, des thés à la BNF en passant pas les petits déjeuners du train. Tu as rendu toutes ces années de travail plus facile à vivre.*

**A Joseph :** *merci de m'avoir diverti pendant ces cinq années. Tu m'as fait tellement rire.*

**A Mickael :** *tu es devenu mon ami dès notre premier semestre ensemble. Je t'en remercie.*

**Merci à tous mes autres amis avec qui je partage des moments de ma vie au fil du temps, vous faites parties intégrante de moi.**

**A toute l'équipe du service de radiologie du CHU d'Amiens.**

**A toute l'équipe du service d'Oscar Lambret à Lille**

**A cette courte nuit avant de rendre ma thèse qui m'a rappelé ma première année de médecine, ma préparation aux ecn, les trajets quotidiens vers Amiens et ces interminables gardes.**

**Malgré ces nombreux sacrifices je garde de ces années d'études des moments inoubliables.**

**Je finis donc de dédicacer cette thèse à la médecine et au corps humain : une machine très complexe pour une vie compliquée.**

# TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	2
MATERIEL ET METHODES.....	5
RESULTATS.....	10
DISCUSSION.....	13
CONCLUSION.....	17
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	18
FIGURES ET TABLEAUX.....	24
RESUME.....	34

## 1. INTRODUCTION

L'ostéoporose est une maladie diffuse du squelette caractérisée par une faible masse osseuse et une détérioration de l'architecture du tissu osseux, responsables d'une fragilité osseuse, donc d'une augmentation du risque de fracture [1]. Il s'agit d'une maladie silencieuse sans aucun symptôme jusqu'à ce qu'une fracture se produise. Dans la majorité des cas l'ostéoporose est primitive ou idiopathique, parfois elle est secondaire (**Tableau 1**).

L'ostéoporose et ses conséquences constituent un véritable problème de santé publique, en termes de mortalité, morbidité, et de coût pour la société. A titre d'exemple, en France les dépenses induites par l'ostéoporose sont d'environ 200 millions d'euros par an [2]. L'ostéoporose est une maladie plutôt féminine. Néanmoins la prévalence de l'ostéoporose chez les hommes âgés de plus de 50 ans, est de 15% [3]. À la différence de ce qui est observé chez les femmes, l'ostéoporose chez l'homme est dans près d'un cas sur deux, consécutive à une maladie ou à la prise d'un médicament.

Les fractures ostéoporotiques chez les hommes sont souvent beaucoup plus graves que chez les femmes, conséquence d'un nombre plus important de comorbidités chez l'homme. Parmi les fractures ostéoporotiques la fracture de la hanche est celle qui est associée à la plus grande morbidité et de mortalité chez les hommes. Chaque année aux Etats-Unis, il y a environ 80.000 fractures ostéoporotiques de hanche chez l'homme et un homme sur trois décède dans la première année suivant la fracture [4]. En 2005 aux Etats-Unis, 29% des 2 millions de fractures ostéoporotiques se sont produites chez des hommes et 25% des 17 milliards de dollars de coûts dus aux fractures dans la population générale étaient dues à des fractures ostéoporotiques chez des hommes [5]. A la lumière de ces statistiques, l'ostéoporose masculine est reconnue comme une préoccupation croissante. Malgré cela, l'ostéoporose masculine reste une condition insuffisamment diagnostiquée et traitée.

Le diagnostic de l'ostéoporose repose sur une mesure de la densité minérale osseuse (DMO) en ostéodensitométrie (DXA), méthode de référence. La définition densitométrique proposée en 1994 par un groupe d'experts auprès de l'OMS [6] indique une ostéoporose si la mesure de la DMO est inférieure de plus de 2,5 déviations standard (DS) au T-score

(comparaison de la densité minérale osseuse du patient à celle de sujets jeunes, de même sexe, chez qui la masse osseuse est maximale). Bien qu'il n'y ait pas de consensus, la définition de l'ostéoporose proposée par l'OMS chez la femme est appliquée à l'homme [7,8]

La densité minérale osseuse mesurée en ostéodensitométrie et qui est la référence clinique pour diagnostiquer l'ostéoporose et évaluer le risque fracturaire, ne prédit la survenue que de la moitié des fractures ostéoporotiques chez les femmes ménopausées [9,10,11]. Cela peut être dû en partie au fait qu'il s'agit d'une mesure en projection (deux dimensions, 2D) et qu'elle ne reflète pas bien la distribution de la masse osseuse, notamment la contribution relative de l'os cortical et de l'os trabéculaire. En outre elle ne permet pas d'étudier des aspects qualitatifs telle que la microarchitecture osseuse.

La tomodynamométrie quantitative (TDMQ) existe depuis plus de 30 ans [12-14]. L'examen est réalisé avec un tomodynamomètre (scanner) classique, équipé d'un logiciel spécifique d'ostéodensitométrie. Le patient est installé en décubitus dorsal sur un matelas contenant un fantôme de calibration. Une fois l'acquisition des images réalisée, le logiciel d'analyse positionne des régions d'intérêt au sein de l'os et des différents compartiments du fantôme de calibration et segmente l'os cortical et l'os trabéculaire permettant une analyse séparée de ces deux compartiments osseux. Le logiciel calcule ensuite la densité minérale osseuse au sein de chaque région d'intérêt. Cette densité obtenue en unités Hounsfield (unités scanner) est transformée automatiquement en unités équivalent-os grâce aux régions d'intérêt du fantôme de calibration. Les résultats sont rendus en T-score et Z-score comme en DXA. Quelques équipes de recherche ont mis au point des outils d'analyse adaptés au traitement de cette information volumique, non seulement sur le rachis mais de façon plus récente sur l'extrémité proximale du fémur dont l'anatomie tridimensionnelle est extrêmement complexe et dont la densité minérale osseuse varie considérablement d'un point à un autre. Un logiciel développé à l'Institut Médico-Physique de l'Université d'Erlangen en collaboration avec le service de radiologie Ostéo-Articulaire de l'hôpital Lariboisière, mesure la densité minérale osseuse et le contenu minéral osseux de l'os cortical, de l'os trabéculaire et de l'os total au sein de régions d'intérêt proches de celles mesurées en ostéodensitométrie (tête fémorale, col, régions trochantérienne, intertrochantérienne, et sous-trochantérienne). En outre, il est possible de mesurer des paramètres géométriques comme la longueur du col, des épaisseurs corticales, des volumes osseux, et de dériver des indices reflétant la force du fémur.



Pour ces raisons, la TDMQ est devenue un outil important de recherche clinique et a été utilisée pour examiner les changements du tissu osseux liés à l'âge [15-18], les effets de traitements médicamenteux [19-21], et l'association entre les forces de contraintes entraînant une fracture et la densité minérale osseuse et la géométrie du fémur [22-27]. La plupart des études en TDMQ ont montré qu'une perte osseuse et qu'une diminution de l'épaisseur corticale au fémur étaient associées à une augmentation du risque fracturaire à la hanche chez les femmes [28-31]. Mais à notre connaissance aucune étude évaluant le risque de fracture en TDMQ n'a été réalisée chez des hommes avec une ostéoporose primitive.

L'objectif de notre travail était d'étudier avec un examen de TDMQ centré sur la hanche, les facteurs prédictifs du risque de fracture chez des hommes ayant une ostéoporose primitive. Pour cela nous avons comparé des paramètres de densité minérale osseuse et d'architecture de l'extrémité supérieure du fémur d'hommes ostéoporotiques avec des antécédents de fracture (cas) et des hommes ostéoporotiques sans antécédent de fracture (témoins).

## **2. MATERIEL ET METHODE**

### **POPULATION D'ETUDE :**

Il s'agit d'une étude cas/témoin comparant des patients de sexe masculin suivis par un médecin rhumatologue pour une ostéoporose idiopathique (IMO). Les patients ont été recrutés à l'hôpital Lariboisière (Paris, France) par un médecin référent.

Tous les patients ont signé un consentement libre et éclairé. L'étude a été validée par le CPP (comité de protection des personnes) et est conforme à la déclaration d'Helsinki.

#### **Critères d'inclusion :**

Pour l'ensemble des sujets

- Sujet de sexe masculin
- Sujet dont l'âge est  $\geq 40$  et  $\leq 70$  ans
- Sujet dont le Z-score est  $< -2$  à au moins un des trois sites principaux (rachis lombaire, col du fémur ou poignet) découvert d'une façon fortuite ou non. L'ostéodensitométrie d'inclusion, datant de moins de 6 mois) a été effectuée sur un appareil Lunar. La courbe de normalité utilisée est la courbe de normalité française fournie par le constructeur.

La justification de la valeur de Z-score  $< -2$  pour sélectionner les sujets est que en l'absence de valeur établie de T-score pour définir l'ostéoporose, cette valeur a été utilisée dans plusieurs études de la littérature [7,8]

#### **"Cas " (IMO F+)**

- Patient présentant un antécédent de fracture de fragilité survenue après l'âge de 40 ans en dehors d'un accident majeur de la voie publique (poignet, côte, fracture-tassement vertébrale, fracture du col du fémur, fracture de l'humérus) documentée par une radiographie ou un compte rendu opératoire, un compte-rendu de radiographie ou de scintigraphie.

#### **"Témoin" (IMO F-)**

- Sujet n'ayant aucun antécédent de fracture par fragilité osseuse depuis l'âge de 40 ans.

### Critères de non inclusion

- Patient ou témoin non affilié à un régime de sécurité sociale (bénéficiaire ou ayant droit)
- Sujet ayant reçu un traitement par corticoïdes pendant plus de 3 mois.
- Sujet ayant une sérologie VIH positive connue
- Sujet atteint d'une maladie inflammatoire chronique (polyarthrite rhumatoïde, spondylarthrite ankylosante, entérocolopathie inflammatoire).
- Sujet ayant une ostéoporose secondaire documentée par les examens biologiques et cliniques appropriés (dosage de la calcémie, phosphorémie, phosphatases alcalines, gamma gt, la testostérone), afin d'éliminer un éthyisme chronique, une cirrhose alcoolique, un hypogonadisme, une ostéomalacie, une insuffisance rénale.
- Sujet ayant reçu un traitement par bisphosphonate pendant plus de 3 ans.
- Sujet ayant reçu un traitement par bisphosphonate dans les 6 mois qui précèdent l'inclusion.

Tous les patients ont été examinés à l'hôpital Lariboisière et ont rempli un questionnaire afin de rechercher les différents facteurs de risque clinique d'ostéoporose. Cette évaluation a été réalisée dans le service du Pr Cohen-Solal à l'hôpital Lariboisière.

Un bilan biologique complet a également été réalisé pour rechercher une ostéoporose secondaire incluant un bilan phosphocalcique sanguin et urinaire, un dosage de la PTH, la vitamine D, un bilan hépatique, la créatinémie, les phosphatases alcalines, T4 et TSH, la testostéronémie (pour éliminer une ostéomalacie, une hépatopathie, une insuffisance rénale, un hypogonadisme ou une dysthyroïdie). Tous les patients ont également eu une mesure du cortisol urinaire pour éliminer un syndrome de Cushing. Les examens biologiques ont été effectués avec un délai d'au moins trois mois après une fracture afin que la consolidation n'induisse pas des modifications éventuelles du dosage des marqueurs du remodelage. Tous les bilans biologiques non compris dans le bilan standard de l'ostéoporose ont été réalisés à l'hôpital Lariboisière.

Les patients ont également complété un questionnaire précis concernant leur antécédent de fracture (année, localisation et circonstances de survenue de la fracture). Pour les fractures périphériques seules ont été comptabilisées les fractures documentées radiologiquement. Tous les patients ont eu des radiographies du rachis de profil avec un cliché centré sur T12/L1 afin de rechercher des fractures-tassement vertébrales. Seuls les fractures de degré 2 ou plus, de la classification de Genant [32] ont été retenues (grade 2 : fracture modérée : réduction de 25 à 40 % d'une ou plusieurs hauteurs de la vertèbre)

Nous avons ensuite classé les patients ostéoporotiques en deux groupes : les patients ostéoporotiques masculin IMO n'ayant pas fracturé (IMO F-) et ceux ayant fracturé (IMO F+).

### **OSTEODENSITOMETRIE (DXA)**

La densité minérale osseuse (DMO) a été mesurée au col fémoral, au rachis entre les vertèbres L1 et L4 et à l'extrémité distale du radius. La mesure a été réalisée à l'inclusion par le même appareil Lunar DPX-L (Lunar Corp., Madison, WI, USA) et par le même médecin. Le calcul des T-Score et Z-Score a été basé sur la population française âgée entre 20 et 89 ans sur différents centres (bases de données fournies par Lunar France).

### **TOMODENSITOMETRIE QUANTITATIVE (TDMQ)**

#### **ACQUISITION et RECONSTRUCTION DES IMAGES**

Un scanner quatre barrettes (Somatom Volum Zoom 4, Siemens, Erlanger, Germany) a été utilisé. Un fantôme constitué de composants de densité équivalente à l'eau (0 mg/cm<sup>3</sup>) et à l'os (200 mg/cm<sup>3</sup> hydroxyapatite) a été placé sous le patient pour convertir des Unités Hounsfield en équivalent d'hydroxyapatite [33].

Le volume d'acquisition s'étendait du toit de l'acetabulum à environ cinq centimètres sous le petit trochanter. Les acquisitions scannographiques ont été réalisées avec 120 kV, 170 mAs, 1 seconde par rotation et avec un pitch de 0.75 et des coupes de 1mm. La dose délivrée pour chaque scanner était d'environ 2 à 3 mSv. A partir des données brutes, les images ont été reconstruites avec des coupes de 1.25 mm d'épaisseur avec un espacement de 0.7 mm, un

champs de vue de 460 mm pour l'analyse de la calibration du fantôme et un second champs de vue de 150 mm pour l'analyse de la hanche.

## **ANALYSE DES IMAGES DE TOMODENSITOMETRIE**

Les données de TDMQ ont été analysées avec un logiciel médical dédié MIAF-Fémur. Ce logiciel a été développé à l'université d'Erlangen (Allemagne) en collaboration avec le service de radiologie ostéo-articulaire de l'hôpital Lariboisière. Grâce au logiciel, cinq volumes d'intérêt (VOI) ont été automatiquement définis en 3D : Tête (Head), Col (Neck), Petite boîte de col (Neck BOX), Trochanter (Troch) et Inter trochanter (Intertroch). Un autre compartiment a été ajouté : la Coupe de trochanter (Trochanter Slice). Au sein de chaque VOI, trois compartiments osseux ont été obtenus : Trabéculaire (Trab), Cortical (Cort), et Global (Int pour Intégral). Pour chaque compartiment de chaque VOI, la densité minérale osseuse (DMO, mg/cm<sup>3</sup>), le volume (Vol, cm<sup>3</sup>), et le contenu minéral osseux (CMO, mg) ont été calculés.

Les paramètres géométriques calculés en 3D, sont la longueur du fémur (HAL pour Hip Axis Length), l'épaisseur corticale dans tous les VOI sauf celui de la tête (pas de corticale), et également plusieurs moments d'inertie, axial (AMIM) et polaire (PMIM), déterminés sur la Petite boîte de col et la Coupe de trochanter.

Un avantage de ce logiciel est la grande reproductibilité des mesures, et ce grâce à la détermination automatique d'un système de coordonnées du col (NCS), par rapport à laquelle les volumes d'intérêt sont déterminés. [34, 35, 36]. L'analyse est semi-automatique, avec quelques corrections occasionnelles par l'opérateur [34].

Le temps de traitement pour chaque fémur a été d'environ 30 minutes.

## **ANALYSE STATISTIQUE**

Nous avons comparé deux populations d'hommes atteints d'ostéoporose idiopathique (IMO) : un premier groupe est constitué de patients ayant des antécédents de fracture ostéoporotique noté IMO (F+) et un second groupe est constitué de patients avec IMO mais sans antécédent de fracture noté IMO (F-).

Des analyses descriptives univariées ont d'abord été réalisées et pour chaque variable quantitative, les moyennes, écart-type et les étendues des valeurs ont été calculés, ainsi que les médianes.

Les moyennes des variables quantitatives entre les 2 groupes ont été comparées par le test de Student (ou le test de Mann-Whitney si la distribution de la variable au sein des groupes n'était pas normale). Comme l'âge, le poids et la taille auraient pu influencer les valeurs, nous avons introduit ces paramètres comme co-variables dans chaque modèle univarié (Analyse de covariance ou ANCOVA).

Afin de déterminer les facteurs prédictifs de la fracture, nous avons utilisé des modèles de régression logistique multiple. Nous avons procédé en trois étapes. Une première étape consistait à ne construire des modèles qu'avec des variables de TDMQ. Une seconde étape ne considérait la construction de modèles qu'avec des variables de DXA. La dernière étape combinait les variables de TDMQ et de DXA. Pour chacune des étapes, nous n'avons choisi que les variables significatives issues de l'ANCOVA. Les tests de multi colinéarité ont été appliqués afin de n'introduire dans chaque modèle plausible que des variables indépendantes. Les odds ratios (OR) ont été exprimés pour une variation d'une unité de chaque variable incluse dans le modèle. La procédure de sélection des variables pas-à-pas a été utilisée pour ne conserver que les modèles les plus « parcimonieux » (stepwise avec l'indice Aikake). Les aires sous la courbe ROC (AUC) ont été utilisées comme critères de performance des modèles. Elles sont présentées avec leur IC à 95%. Pour tester la robustesse des modèles, des validations internes ont été effectuées pour chaque modèle en utilisant la méthode bootstrap (39) pour estimer l'optimisme associé à l'AUC, et le score Brier a été également calculé [va de 0 (parfait) à 0,25 (sans valeur)]. La comparaison finale a consisté à comparer les AUC de 2 courbes de ROC issues de 2 modèles au moyen du test de comparaison de courbes de ROC avec la méthode du bootstrap.

Toutes les analyses ont été effectuées en utilisant les logiciels XLSTAT Version 2015.4.01.20732 Copyright Addinsoft 1995-2015 et R version 3.1.0 (2014-04-10) -- "Spring Dance" Copyright (C) 2014 The R Foundation for Statistical Computing pour windows. Les valeurs de  $p < 0,05$  ont été considérées comme significatives.

### **3. RESULTATS**

#### **POPULATION D'ETUDE**

Les caractéristiques démographiques de la population sont données dans le **Tableau 2**.

Trente quatre patients masculins ostéoporotiques n'ont jamais eu de fracture (IMO F-) et 28 patients masculins ostéoporotiques ont déjà eu au moins un antécédent de fracture de faible énergie (IMO F+) après l'âge de 40 ans : 25 vertèbres, 2 poignets, 3 hanches, 7 côtes, 2 humérus. Six patients présentaient une fracture centrale et une périphérique.

Les groupes IMO F+ et IMO F- étaient comparables en poids, taille et IMC. Il existait cependant une différence significative sur l'âge avec environ cinq ans de plus pour le groupe IMO F+ ( $58 \pm 7$  vs.  $53 \pm 9$  ans,  $p < 0,05$ ).

Les paramètres recueillis dans le questionnaire (prise de calcium, consommation d'alcool et de tabac, antécédents familiaux de fractures ostéoporotiques) n'étaient pas significativement différents entre les deux groupes ainsi que les paramètres biologiques hormis la testostérone libre pour laquelle il existait un taux significativement diminué chez les patients IMOF+ mais dont la différence s'atténuait après ajustement sur l'âge, le poids et la taille [35].

#### **RESULTATS DE L'OSTEODENSITOMETRIE**

Les résultats de la DXA sont donnés dans le **Tableau 3**.

Il existe une différence significative de la DMOa entre les patients IMO F+ et IMO F-, les patients IMO F+ ayant une plus faible DMOa, pour le fémur (col et total) avant et après ajustement sur âge, poids et taille (-6% au col et -7% au fémur total, avec  $p < 0.05$  aux 2 sites après ajustement sur l'âge, le poids et la taille).

Le Z-score est significativement plus bas chez les patients IMO F+ au fémur mais la différence n'est plus significative après ajustement sur l'âge, le poids et la taille.

Il n'existe pas de différence significative entre les 2 groupes pour la DMOa et le Z-Score mesurés au radius et au rachis.

## RESULTATS DE LA TOMODENSITOMETRIE QUANTITATIVE

Les résultats de la TDMQ obtenus grâce au logiciel MIAF-Fémur sont donnés dans le **Tableau 4**.

Les DMOv étaient significativement plus basses chez les patients IMOF+ que chez les patients IMOF- sur les régions HEAD, NECKBOX, TROCHANTER et INTERTROCHANTER avec des différences d' environ 15%. Cependant après ajustement sur l'âge, poids et taille, la différence ne restait significative que dans la région TROCHANTER pour le compartiment cortical.

Les VOL étaient significativement plus bas chez les patients IMOF+ que chez les patients IMOF- dans la région NECKBOX et INTERTROCHANTER. Cependant après ajustement sur l'âge, poids et taille, la différence ne restait significative que pour le VOL des compartiments total et trabéculaire dans la région NECKBOX, et en trabéculaire pour la région INTERTROCHANTER.

L'épaisseur corticale n'était pas significativement différente entre les deux groupes.

Les valeurs géométriques n'étaient pas significativement différentes entre les deux groupes.

## DISCRIMINATION DU RISQUE FRACTURAIRE

Les modèles sont présentés dans le **Tableau 5**. Nous indiquons les Odds Ratio des variables incluses dans le modèle et leur intervalle de confiance à 95%, sans et avec ajustement sur l'âge, les aires sous la courbe (AUC) du modèle avant et après ajustement sur l'âge (et les intervalles de confiance à 95%), le score de Brier corrigé et l'optimisme. Les AUC sont indiqués dans le **Tableau 6** et la **Figure 4**.

Pour la TDMQ, en utilisant des procédures de régression logistique avec les variables significatives après ajustement obtenues par analyse de comparaison issues du **Tableau 4**, deux modèles différents combinant deux variables ont été obtenus.



Les modèles ont ensuite été ajustés sur l'âge mais alors les deux modèles étaient équivalents. Les deux variables retenues pour le modèle TDMQ étaient la DMO corticale dans la région trochantérienne et le VOL dans la région intertrochantérienne.

Après ajustement sur l'âge, l'AUC de ce modèle était égale à 0.75 avec un intervalle de confiance à 95% entre 0.63 et 0.87. Le score de Brier était égal à 0.23 et l'optimisme à -0.03.

Pour la DXA, le modèle est à une seule variable. La DMOa totale au fémur était la variable la plus discriminante. Après ajustement sur l'âge, l'AUC était égale à 0.72 avec un intervalle de confiance à 95% entre 0.54 et 0.85. Le score de Brier était égal à 0.23 et l'optimisme à -0.02.

Enfin pour l'association des variables DXA et TDMQ, et après ajustement sur l'âge, l'AUC était égale à 0.78 avec un intervalle de confiance à 95% entre 0.66 et 0.90. Le modèle TDMQ+DXA était plus performant que le modèle DXA seule (**Figure 4**) mais pas de manière significative ( $p=0.11$ )

#### 4. DISCUSSION

Dans notre étude rétrospective d'hommes atteints d'ostéoporose masculine, nous avons essayé à l'aide d'un scanner quantitatif et d'un puissant logiciel dédié (MIAF-Fémur), de prédire le risque de fracture et de comprendre les modifications de l'architecture osseuse chez ces patients. Nous avons mesuré la densité minérale osseuse et le contenu minéral osseux, des épaisseurs corticales et des volumes dans six régions d'intérêt de l'extrémité supérieure du fémur.

Il s'agissait d'une population homogène puisqu'il n'existait pas de différence significative clinique ou biologique hormis l'âge des patients avec cinq années de moins en moyenne pour les patients indemnes de fracture.

Nous avons montré dans cette étude des différences significatives (**Tableau 4**) entre les patients ayant fracturé et les patients indemnes notamment une baisse de la densité minérale osseuse sur quasiment tous les sites du fémur aussi bien pour le compartiment trabéculaire que cortical mais seule la densité minérale osseuse corticale de la région trochantérienne montrait une différence significative après ajustement sur l'âge (-10%,  $p < 0.05$ ).

Nos résultats peuvent être rapprochés de ceux d'études de la littérature. Ainsi dans une étude cas – témoins prospective de femmes ostéoporotiques, les cas étaient des patientes avec un antécédent récent de fracture de hanche, étudiée à la hanche en TDMQ avec le même logiciel d'analyse dédié, il existait une différence significative dans les deux sous-populations de patientes fracturées et non fracturée mais que les différences de DMOv trabéculaire étaient beaucoup plus grandes que les différences de DMOv corticales [40]. Dans une très importante étude cas-témoins prospective de Yang L. avec le même schéma d'étude mais dans une population uniquement masculine portant sur la sous population de la cohorte MrOS comprenant environ 250 hommes ostéoporotiques ayant bénéficiés d'un TDMQ, les résultats montraient que la baisse de DMOv était plus largement présente dans le compartiment cortical que dans le compartiment trabéculaire, cependant les différences de pourcentage en moyenne de DMOv entre les patients fracturés et non fracturés n'étaient pas significatives [41].

Nos données sont concordantes avec la physiopathologie connue de l'ostéoporose, en effet il a été montré que dans l'ostéoporose post-ménopausique, la perte osseuse prédomine sur le compartiment trabéculaire, tandis que dans l'ostéoporose sénile la perte osseuse est trabéculaire et corticale [42].

Apprécier la contribution relative de l'os cortical et de l'os trabéculaire est essentielle pour comprendre la fragilité osseuse [43-45], et évaluer le risque de fracture [40,46-51] et orienter choix thérapeutique. Les test mécaniques in vitro et les modèles en éléments finis (MEF, ou FEM pour finite element model) démontrent que l'os cortical et l'os trabéculaire contribuent à la force du fémur proportionnellement à leur masse [52-55]

Nos résultats soulignent également l'importance des régions trochantériennes et intertrochantériennes pour estimer le risque de fracture et non pas seulement les mesures de la tête et du col fémoral. Ce fait avait déjà été observé dans les deux études citées précédemment .Dans l'étude de Yang L, après ajustement les mesures de DMOv trabéculaire dans le col fémoral et du trochanter étaient associées au risque fracturaire chez les hommes. [40]. De même sur l'étude portant sur la population féminine, Bousson V. avait montré que le modèle associant la DMOv trabéculaire dans la région trochantérienne à l'épaisseur cortical du col était un puissant discriminant du risque fracturaire à la hanche [41].

Nous n'avons pas trouvé de différence significative d'épaisseur corticale entre les patients ayant fracturé et ceux sans fracture.

Cependant In vivo et in vitro les analyses du col du fémur ont montré que l'amincissement de la corticale lié à l'âge est concentré à la partie supéro-latérale [56] alors que chez les patients avec une fracture, le cortex est essentiellement plus mince à la partie inféro-médiale [57-59]. L'analyse de la cohorte MrOS montre également une diminution de l'épaisseur corticale dans la région trochantérienne et inter-trochantérienne.

Bien qu'une des forces de cette étude soit le logiciel MIAF-Fémur, car il a été développé depuis une quinzaine d'année par l'institut médical d'Erlangen et le laboratoire de Lariboisière (Paris) et utilisé dans de multiple études [60], il y a limitation intrinsèque due à l'utilisation de la TDMQ pour les mesures d'épaisseur corticale, en particulier à la partie supérieure du col fémoral où la corticale est la plus fine. Hangartner et Gilsanz [61] ont démontré qu'avec une taille de pixel de 0,6 x 0,6 mm et une épaisseur corticale de 1 mm, les

mesures de la DMO corticale obtenues par TDMQ pouvaient être sous-estimées de 30% et l'épaisseur corticale surestimée de 70%. Cela est dû principalement aux effets de volume partiel bien connu pour les mesures scannographiques. Prevrhal et al [62] ont également fait remarquer que l'orientation oblique de surface de l'os par rapport au plan d'acquisition axial due la TDMQ provoque en outre une surestimation de l'épaisseur corticale.

Concernant l'évaluation du risque fracturaire, bien que dans notre étude les performances du TDMQ étaient supérieures pour la prédiction du risque fracturaire que la DXA, qui est la méthode de référence actuellement, la différence était statistiquement non significative (**Tableau 6** et **Figure 4**). Ces données sont en accord avec la littérature sur des précédentes études cliniques et expérimentales. [63- 65].

Cependant aussi bien pour le modèle TDMQ, le modèle DXA ou le modèle TDMQ et DXA, les scores de Brier (mesurant la précision d'une série d'évaluations de probabilité) se situaient entre 0,23 et 0,24. Ils indiquent donc un faible pouvoir discriminant pour le risque fracturaire. Ceci est probablement expliqué par la puissance limitée de notre étude.

La TDMQ mesure les variables de densitométrie et de géométrie, l'épaisseur corticale dans diverses régions du fémur proximal et sépare les mesures de corticales et trabéculaire. Logiquement on peut recueillir plus d'informations pertinentes que ne le fait la DXA. La TDMQ peut également être utilisée pour mesurer l'amyotrophie et la dégénérescence musculaire au bassin. Ces paramètres traduisent un déclin de la fonction physique chez les personnes âgées, avec un risque accru de fracture par le biais de la chute et d'une diminution de la capacité à protéger les os de l'impact [66]. La combinaison de ces variables avec la vDMO et l'évaluation géométrique de la partie proximale du fémur a été montrée pour améliorer la prédiction de la fracture de la hanche par rapport aux seules mesures osseuses [67-70].

Cependant le TDMQ ne remplacera pas facilement la DXA même en cas de supériorité significative du fait de son accessibilité limitée, de la dose élevée de rayonnements ionisants notamment. Les doses calculées pour des protocoles optimisés, varient entre 2 et 3 mSv ce qui reste élevé par rapport à la DXA qui est d'environ 1  $\mu$ Sv pour la hanche.

Aujourd'hui une autre méthode d'évaluation de l'ostéoporose et du risque fracturaire, est le scanner périphérique à Haute-Résolution (HR-TDMQ). Il s'agit d'un scanner permettant l'étude du poignet et du tibia c'est à dire de sites périphériques et non centraux comme la TDMQ. L'avantage est que la résolution spatiale est nettement meilleure avec une taille de

voxel isotropique de l'ordre 82  $\mu\text{m}$  avec une irradiation très faible de l'ordre 3  $\mu\text{Sv}$ . Il permet donc avec une meilleure résolution spatiale et une moindre irradiation, de faire la distinction entre os cortical et trabéculaire mais permet également une estimation de la microarchitecture osseuse. Notre population d'hommes ostéoporotiques avait également été étudiée avec un scanner périphérique à haute résolution et les résultats ont été publiés dans la revue *Bone*. Les résultats retrouvaient après ajustement sur l'âge, le poids et la taille qu'une différence significative entre les deux groupes que pour la densité minérale osseuse totale et la densité minérale corticale au niveau du tibia. ( $p=0.03$ )

L'épaisseur corticale n'était également pas significativement différente.

Comme dans la littérature notre étude montre plus de variables significativement différentes pour le TDMQ que le HR-TDMQ [71], En effet l'avantage du TDMQ est l'accessibilité aux mesures des sites centraux hanche et rachis et il avait été montré en DXA que les mesures au fémur constitueraient le indice prédictif de fracture. [72]

Les points forts de cette étude tiennent par son originalité car aucune étude n'a étudié le risque fracturaire chez une population d'homme atteint d'une ostéoporose idiopathique, le recueil de multiples paramètres densitométriques et géométrique et l'analyse de la hanche qui constitue le meilleur site prédictif de fracture.

La principale limitation de l'étude est le faible nombre de patients, conséquence de la relative rareté de l'ostéoporose masculine idiopathique eût égard au grand nombre de variables étudiées. Mais nous avons utilisé une méthodologie rigoureuse, pour éviter les problèmes de multicollinéarité et le biais d'inflation.

## **5. CONCLUSION**

Dans cette étude in vivo cas-témoins de patients masculins atteint d'une ostéoporose, nos résultats appuient l'idée que les compartiments trabéculaire et corticales agissent en synergie pour fournir une résistance mécanique à l'os avec une prédominance pour le compartiment cortical.

Nous avons également montré l'importance d'une analyse de l'ensemble des paramètres de l'extrémité supérieure du fémur et particulièrement des régions trochantérienne et intertrochantérienne pour la discrimination du risque fracturaire.

La discrimination du risque fracturaire avec la TDMQ s'est révélée un peu meilleure que celle obtenue avec la méthode de référence, l'ostéodensitométrie, bien que cela ne soit pas significatif. D'autres études avec les populations plus grandes sont nécessaires.

## **BIBLIOGRAPHIE**

- 1- NIH Consensus, JAMA. 2001 Feb 14 ; 285(6):785-95
- 2- Levy P, Levy E, Audran M, Cohen-Solal M, Fardellone P, Le Parc JM. The cost of osteoporosis in men: the French situation. *Bone*. 2003;631-6
- 3-Johnell O, Kanis JA. An estimate of the worldwide prevalence and disability associated with osteoporotic fractures. *Osteoporos Int*. 2006 ; 17(12): 1726–1733.
- 4-National Osteoporosis Foundation [webpage on the Internet]. Just for Men. Accessed September 30, 2013.
- 5-Burge R, Dawson-Hughes B, Solomon DH, Wong JB, King A, Tosteson A. Incidence and economic burden of osteoporosis-related fractures in the United States, 2005–2025. *J Bone Miner Res*. 2007; 22(3): 465–475.
- 6- World Health Organisation. Assessment of fracture risk and its application to screening for post-menopausal osteoporosis. Geneva: WHO; 1994.
- 7-Baim S, Binkley N, Bilezikian JP, et al, 2008 official Positions of the International Society for Clinical Densitometry and executive summary of the 2007 ISCD Position Development Conference. *J Clin Densitom* 11: 75-91.
- 8-Kaufman JM, Goemaere S, 2008 osteoporosis in men. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab* 22: 787-812
- 9- Siris ES, Miller PD, Barrett-Connor E, Faulkner KG, Wehren LE, Abbott TA, Berger ML, Santora AC, Sherwood LM. Identification and fracture outcomes of undiagnosed low bone mineral density in postmenopausal women: results from the National Osteoporosis Risk Assessment. *Jama*. 2001;286(22):2815–22.
- 10- Schuit SC, van der Klift M, Weel AE. Fracture incidence and association with bone mineral density in elderly men and women: the Rotterdam Study. *Bone*. 2004;34:195–202
- 11- Delmas P. D. & Seeman E. Changes in bone mineral density explain little of the reduction in vertebral or nonvertebral fracture risk with anti-resorptive therapy. *Bone* 2004, 599–604
- 12- Kalender WA, Suess C. A new calibration phantom for quantitative computed tomography. *Med Phys* 1987;14:863-866.
- 13- Kalender WA, Brestowsky H, Felsenberg D. Bone mineral measurement: automated determination of midvertebral CT section. *Radiology* 1988;168:219-221.
- 14- Cann CE, Genant HK. Precise measurements of vertebral mineral content using computed tomography. *J Comput Assist Tomogr* 1980;4:493-500)
- 15- Mayhew PM, Thomas CD, Clement JG, Loveridge N, Beck TJ, Bonfield W, Burgoyne CJ, Reeve J. Relation between age, femoral neck cortical stability, and hip fracture risk. *Lancet*. 2005; 366:129–135.

- 16- Poole KE, Mayhew PM, Rose CM, Brown JK, Bearcroft PJ, Loveridge N, Reeve J. Changing Structure of the Femoral Neck Across the Adult Female Lifespan. *J Bone Miner Res.* 2009; 25:482–491. [PubMed: 19594320]
16. Marshall LM, Lang TF, Lambert LC, Zmuda JM, Ensrud KE, Orwoll ES. Dimensions and Volumetric BMD of the Proximal Femur and Their Relation to Age Among Older U.S. Men. *J Bone Miner Res.* 2006; 21:1197–1206.
17. Riggs BL, Melton IL III, Robb RA, Camp JJ, Atkinson EJ, Peterson JM, Rouleau PA, McCollough CH, Bouxsein ML, Khosla S. Population-based study of age and sex differences in bone volumetric density, size, geometry, and structure at different skeletal sites. *J Bone Miner Res.* 2004; 19:1945–1954.
18. Keaveny TM, Kopperdahl DL, Melton LJ III, Hoffmann PF, Amin S, Riggs BL, Khosla S. Age- dependence of femoral strength in white women and men. *J Bone Miner Res.* 2010; 25:994–1001.
19. Black DM, Greenspan SL, Ensrud KE, Palermo L, McGowan JA, Lang TF, Garnero P, Bouxsein ML, Bilezikian JP, Rosen CJ. The effects of parathyroid hormone and alendronate alone or in combination in postmenopausal osteoporosis. *N Engl J Med.* 2003; 349:1207–1215.
20. Eastell R, Lang T, Boonen S, Cummings S, Delmas PD, Cauley JA, Horowitz Z, Kerzberg E, Bianchi G, Kendler D, Leung P, Man Z, Mesenbrink P, Eriksen EF, Black DM. Effect of once- yearly zoledronic acid on the spine and hip as measured by quantitative computed tomography: results of the HORIZON Pivotal Fracture Trial. *Osteoporos Int.* 2010; 21:1277–1285.
- 21- Lewiecki EM, Keaveny TM, Kopperdahl DL, Genant HK, Engelke K, Fuerst T, Kivitz A, Davies RY, Fitzpatrick LA. Once-monthly oral ibandronate improves biomechanical determinants of bone strength in women with postmenopausal osteoporosis. *J Clin Endocrinol Metab.* 2009; 94:171– 180.
22. Amin S, Kopperdahl DL, Melton LJ III, Achenbach SJ, Therneau TM, Riggs BL, Keaveny TM, Khosla S. Association of hip strength estimates by finite element analysis with fractures in women and men. *J Bone Miner Res.* 2011; 10
23. Johannesdottir F, Poole KE, Reeve J, Siggeirsdottir K, Aspelund T, Mogensen B, Jonsson BY, Sigurdsson S, Harris TB, Gudnason VG, Sigurdsson G. Distribution of cortical bone in the femoral neck and hip fracture: a prospective case-control analysis of 143 incident hip fractures; the AGES- REYKJAVIK Study. *Bone.* 2011; 48:1268–1276.
24. Cody DD, Divine GW, Nahigian K, Kleerekoper M. Bone density distribution and gender dominate femoral neck fracture risk predictors. *Skeletal Radiol.* 2000; 29:151–161.
- 25 . Orwoll ES, Marshall LM, Nielson CM, Cummings SR, Lapidus J, Cauley JA, Ensrud K, Lane N, Hoffmann PF, Kopperdahl DL, Keaveny TM. Finite Element Analysis of the Proximal Femur and Hip Fracture Risk in Older Men. *J Bone Miner Res.* 2009; 24:475–483.
26. Black DM, Bouxsein ML, Marshall LM, Cummings SR, Lang TF, Cauley JA, Ensrud KE, Nielson CM, Orwoll ES. Proximal femoral structure and the prediction of hip fracture in men: a large prospective study using QCT. *J Bone Miner Res.* 2008; 23:1326–1333.



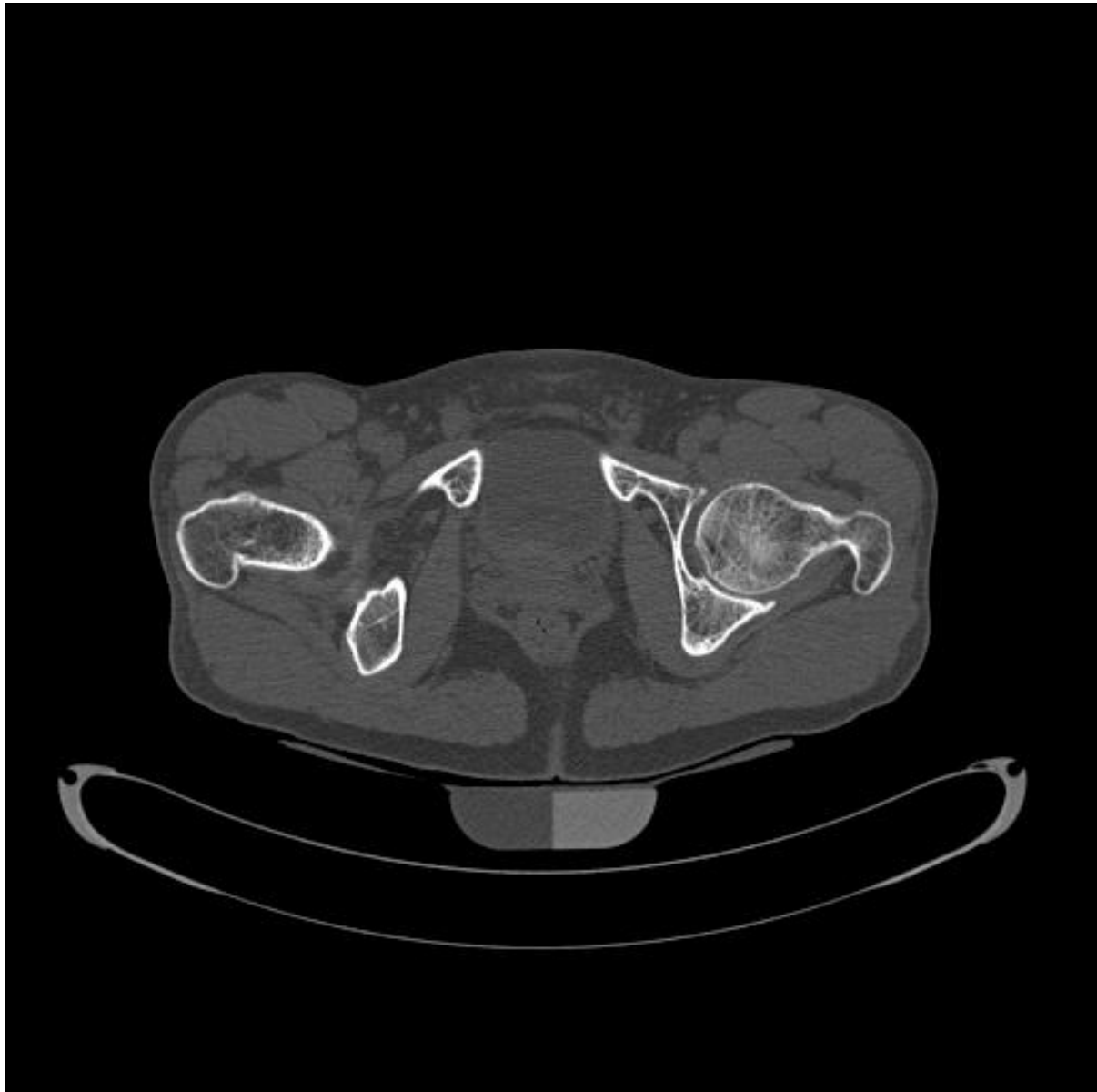
26. Bousson VD, Adams J, Engelke K, Aout M, Cohen-Solal M, Bergot C, Haguenaer D, Goldberg D, Champion K, Aksouh R, Vicaut E, Laredo JD. In vivo discrimination of hip fracture with quantitative computed tomography: results from the prospective European Femur Fracture Study (EFFECT). *Journal of bone and mineral research*. 2011; 26:881–893.
- 27- Cheng X, Li J, Lu Y, Keyak J, Lang T. Proximal femoral density and geometry measurements by quantitative computed tomography: association with hip fracture. *Bone*. 2007; 40:169–174.
- 28- Mayhew PM, Thomas CD, Clement JG, Loveridge N, Beck TJ, Bonfield W, Burgoyne CJ, Reeve J. Relation between age, femoral neck cortical stability, and hip fracture risk. *Lancet*. 2005; 366:129–135.
- 29- Poole KE, Mayhew PM, Rose CM, Brown JK, Bearcroft PJ, Loveridge N, Reeve J. Changing Structure of the Femoral Neck Across the Adult Female Lifespan. *J Bone Miner Res*. 2009; 25:482–491.
- 30- Crabtree N, Loveridge N, Parker M, Rushton N, Power J, Bell KL, Beck TJ, Reeve J. Intracapsular hip fracture and the region-specific loss of cortical bone: analysis by peripheral quantitative computed tomography. *J Bone Miner Res*. 2001; 16:1318–1328.
- 31- Thomas T, Feron JM, Delmas PD, Kaufman J, Tosi L, Cummings S, Lane J, Johnell O, Bouxsein ML. Optimal management of patients with stress fractures and the role of the orthopedic surgeon in reducing the risk of new fractures. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 2006; 92:165–174.
- 32- Genant HK, Jergas M, Palermo L, et al. Comparison of semiquantitative visual and quantitative morphometric assessment of prevalent and incident vertebral fractures in osteoporosis. The Study of Osteoporotic Fractures Research Group. *J Bone Miner Res*. 1996;11(7):984–996.
- 33- Engelke K, Libanati C, Fuerst T, Zysset P, Genant HK (2013) Advanced CT based in vivo methods for the assessment of bone density, structure, and strength. *Curr Osteoporos Rep* 11(3):246–255.
- 34- Kang Y, Engelke K, Fuchs C, Kalender WA. An anatomic coordinate system of the femoral neck for highly reproducible BMD measurements using 3D QCT. *Computerized Medical Imaging and Graphics*. 2005;29:533–541
- 35 -Kang Y, Engelke K, Kalender WA. A new accurate and precise 3-D segmentation method for skeletal structures in volumetric CT data. *IEEE Trans Med Imaging*. 2003;22:586–598.
- 36- Kang Y, Engelke K, Kalender WA. Interactive 3D editing tools for image segmentation. *Med Image Anal*. 2004;8:35–46.
- 37-LochmüllerEM,MüllerR,KuhnV,LillCA,EcksteinF.Cannoveleclinical densitometric techniques replace or improve DXA in predicting bone strength in osteoporosis at the hip and other skeletal sites? *J Bone Miner Res*. 2003;18:906–912.
- 38- CummingsSR,BlackDM,NevittMC,etal.groupSoofrBonedensityat various sites for prediction of hip fractures. *Lancet*. 1993;341:72–75.

- 39- Marshall D, Johnell O, Wedel H. Meta-analysis of how well measures of bone density predict occurrence of osteoporotic fractures. *Brit Med J*. 1996;312:1254–1259.
- 40- Bousson VD, Adams J, Engelke K, Aout M, Cohen-Solal M, Bergot C, Haguenaer D, Goldberg D, Champion K, Aksouh R, Vicaud E, Laredo JD. In vivo discrimination of hip fracture with quantitative computed tomography: results from the prospective European Femur Fracture Study (EFFECT). *Journal of bone and mineral research*. 2011; 26:881–893.
- 41- Yang L, Burton AC, Bradburn M, Nielson CM, Orwoll ES, Eastell R. Distribution of bone density in the proximal femur and its association with hip fracture risk in older men: the MrOS Study. *Journal of bone and mineral research: the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*. 2012; 27(11):2314-2324. doi:10.1002/jbmr.1693.
- 42-Riggs BL. Postmenopausal and senile osteoporosis: current concepts of etiology and treatment. *Endocrinol Jpn*. 1979 Jun;26(Suppl):31–41.
- 43- Poole KE, Mayhew PM, Rose CM, Brown JK, Bearcroft PJ, Loveridge N, Reeve J. Changing Structure of the Femoral Neck Across the Adult Female Lifespan. *J Bone Miner Res*. 2009; 25:482–491.
- 44- Riggs BL, Melton IL III, Robb RA, Camp JJ, Atkinson EJ, Peterson JM, Rouleau PA, McCollough CH, Bouxsein ML, Khosla S. Population-based study of age and sex differences in bone volumetric density, size, geometry, and structure at different skeletal sites. *J Bone Miner Res*. 2004; 19:1945–1954.
- 45- Thomas T, Feron JM, Delmas PD, Kaufman J, Tosi L, Cummings S, Lane J, Johnell O, Bouxsein ML. Optimal management of patients with stress fractures and the role of the orthopedic surgeon in reducing the risk of new fractures. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 2006; 92:165–174.
- 46- Cody DD, Divine GW, Nahigian K, Kleerekoper M. Bone density distribution and gender dominate femoral neck fracture risk predictors. *Skeletal Radiol*. 2000; 29:151–161.
- 47- Orwoll ES, Marshall LM, Nielson CM, Cummings SR, Lapidus J, Cauley JA, Ensrud K, Lane N, Hoffmann PF, Kopperdahl DL, Keaveny TM. Finite Element Analysis of the Proximal Femur and Hip Fracture Risk in Older Men. *J Bone Miner Res*. 2009; 24:475–483.
- 48- Black DM, Bouxsein ML, Marshall LM, Cummings SR, Lang TF, Cauley JA, Ensrud KE, Nielson CM, Orwoll ES. Proximal femoral structure and the prediction of hip fracture in men: a large prospective study using QCT. *J Bone Miner Res*. 2008; 23:1326–1333.
- 49- Bousson VD, Adams J, Engelke K, Aout M, Cohen-Solal M, Bergot C, Haguenaer D, Goldberg D, Champion K, Aksouh R, Vicaud E, Laredo JD. In vivo discrimination of hip fracture with quantitative computed tomography: results from the prospective European Femur Fracture Study (EFFECT). *Journal of bone and mineral research*. 2011; 26:881–893.
- 50- Cheng X, Li J, Lu Y, Keyak J, Lang T. Proximal femoral density and geometry measurements by quantitative computed tomography: association with hip fracture. *Bone*. 2007; 40:169–174.
- 51- Thomas CD, Mayhew PM, Power J, Poole KE, Loveridge N, Clement JG, Burgoyne CJ, Reeve J. Femoral Neck Trabecular Bone: Loss with Ageing and Role in Preventing Fracture. *J Bone Miner Res*. 2009

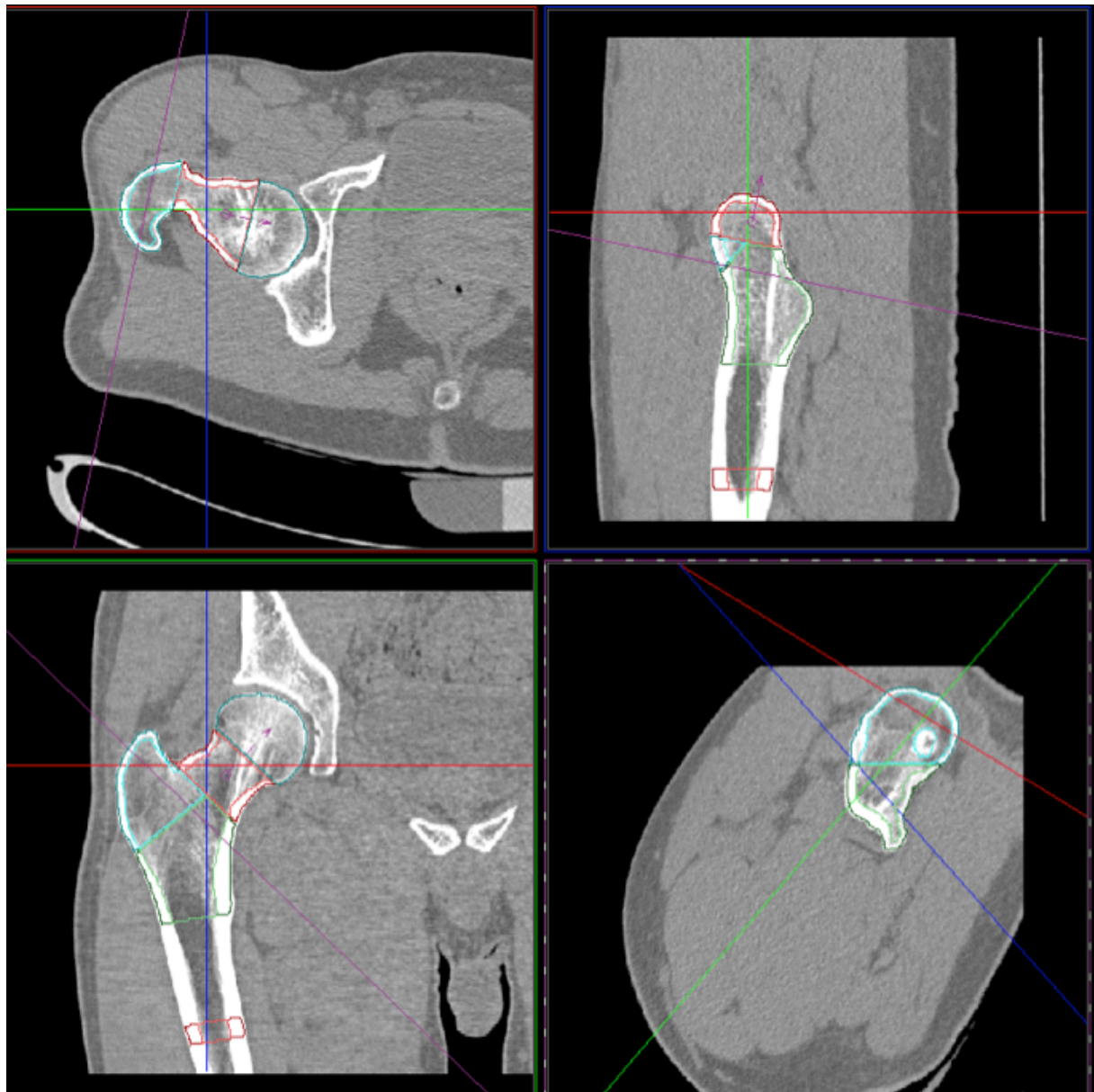
- 52 Bousson V, Le BA, Roqueplan F, Kang Y, Mitton D, Kolta S, Bergot C, Skalli W, Vicaut E, Kalender W, Engelke K, Laredo JD. Volumetric quantitative computed tomography of the proximal femur: relationships linking geometric and densitometric variables to bone strength. Role for compact bone. *Osteoporos Int.* 2006; 17:855–864.
- 53- Lotz JC, Cheal EJ, Hayes WC. Stress distributions within the proximal femur during gait and falls: implications for osteoporotic fracture. *Osteoporos Int.* 1995; 5:252–261.
- 54- Verhulp E, Van RB, Huiskes R. Load distribution in the healthy and osteoporotic human proximal femur during a fall to the side. *Bone.* 2008; 42:30–35.
55. Holzer G, von SG, Holzer LA, Pichl W. Hip fractures and the contribution of cortical versus trabecular bone to femoral neck strength. *J Bone Miner Res.* 2009; 24:468–474.
- 56- Poole KE, Mayhew PM, Rose CM, Brown JK, Bearcroft PJ, Loveridge N, Reeve J. Changing Structure of the Femoral Neck Across the Adult Female Lifespan. *J Bone Miner Res.* 2009; 25:482–491.
- 57-Bell KL, Loveridge N, Power J, Garrahan N, Stanton M, Lunt M, Meggitt BF, Reeve J. Structure of the femoral neck in hip fracture: cortical bone loss in the inferoanterior to superoposterior axis. *J Bone Miner Res.* 1999; 14:111–119. [PubMed: 9893072]
- 58-Crabtree N, Loveridge N, Parker M, Rushton N, Power J, Bell KL, Beck TJ, Reeve J. Intracapsular hip fracture and the region-specific loss of cortical bone: analysis by peripheral quantitative computed tomography. *J Bone Miner Res.* 2001; 16:1318–1328. [PubMed: 11450708]
- 59- Bell KL, Loveridge N, Power J, Garrahan N, Meggitt BF, Reeve J. Regional differences in cortical porosity in the fractured femoral neck. *Bone.* 1999; 24:57–64. [PubMed: 9916785]
- 60- Engelke K, Bousson V, Laredo J, Skalli W, Adams J, Kalender W. 2006. A new semi-anthropometric phantom for QCT and DXA of the hip - The European Proximal Femur Phantom (EPFP). Results from the EFFECT study 15th International Bone Densitometry Workshop, Kyoto, Jpn.
- 61- Hangartner TN, Gilsanz V. Evaluation of cortical bone by computed tomography. *J Bone Miner Res.* 1996; 11:1518–1525.
- 62- Prevrhal S, Fox JC, Shepherd JA, Genant HK. Accuracy of CT-based thickness measurement of thin structures: modeling of limited spatial resolution in all three dimensions. *Med Phys.* 2003; 30:1–8.
- 63- Black DM, Bouxsein ML, Marshall LM, et al. Group OFiMMR Proximal femoral structure and the prediction of hip fracture in men: a large prospective study using QCT. *J Bone Miner Res.* 2008;23:1326–1333.
- 64- Bousson V, Le Bras A, Roqueplan F, et al. Volumetric quantitative computed tomography of the proximal femur: relationship linking geometric and densitometric parameters to bone strength. Role for compact bone. *Osteoporos Int.* 2006;17:855–864
- 65- Cheng XG, Lowet G, Boonen S, et al. Assessment of the strength of proximal femur in vitro: relationship to femoral bone mineral density and femoral geometry. *Bone.* 1997;20:213–218.

- 66- Moreland JD, Richardson JA, Goldsmith CH, Clase CM. Muscle weakness and falls in older adults: a systematic review and meta-analysis. *J Am Geriatr Soc.* 2004;52:1121–1129.
- 67- Li W, Kornak J, Harris T, et al. Identify fracture-critical regions inside the proximal femur using statistical parametric mapping. *Bone.* 2009;44:596–602.
- 68- Li W, Kezele I, Collins L, et al. Voxel-based modeling and quantification of the proximal femur using inter-subject registration of quantitative CT images. *Bone.* 2007;41:888–895.
- 69- Pulkkinen P, Jämsä T, Lochmüller E-M, Kuhn V, Nieminen MT, Eckstein F. Experimental hip fracture load can be predicted from plain radiography by combined analysis of trabecular bone structure and bone geometry. *Osteoporos Int.* 2008;19:547–558.
- 70- Lang T, Koyama A, Li C, et al. Pelvic body composition measurements by quantitative computed tomography: association with recent hip fracture. *Bone.* 2008;42:798–805.
- 71- MacNeil et al. *Med Eng Phys.* 2008
- 72- Siris E., Adler R., Bilezikian J., Bolognese M., Dawson-Hughes B., Favus M., et al. The clinical diagnosis of osteoporosis: a position statement from the National Bone Health Alliance Working Group. *Osteoporos Int* 25: 1439–1443

**Figure 1** : Coupe tomodensitométrique axiale au niveau du bassin. Les contours de l'os cortical et de l'os spongieux sont déterminés automatiquement grâce à une calibration à partir d'un fantôme comprenant une partie de densité hydrique (0 mg/cm<sup>3</sup>) et une partie de densité osseuse ( 200 mg/cm<sup>3</sup> hydroxyapatite )

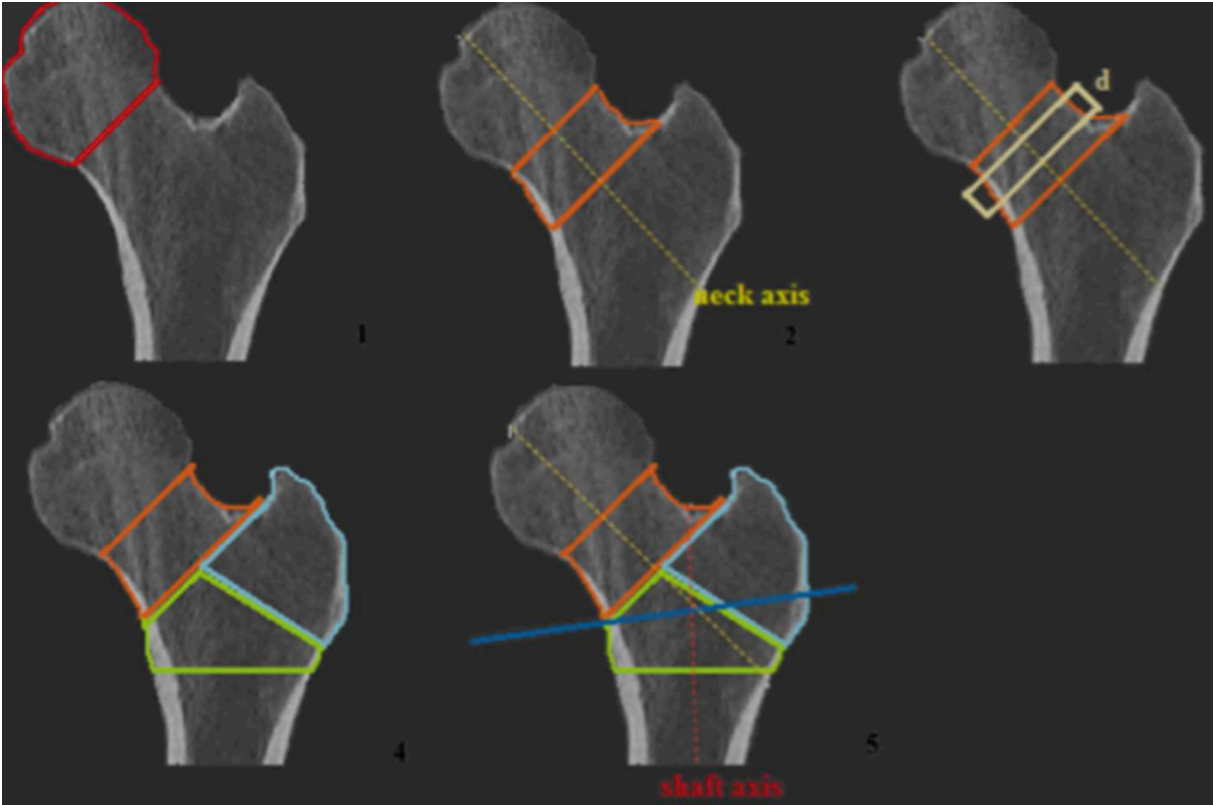


**Figure 2 :** Logiciel d'analyse de l'extrémité supérieure du fémur en tomodensitométrie (MIAF - Fémur). L'analyse de la densité et de la géométrie de l'extrémité supérieure du fémur est réalisée en 3 dimensions à partir de l'acquisition d'un volume d'images sur l'extrémité supérieure du fémur. Cinq régions sur six sont visualisées : HEAD, NECK, TROCHANTER, INTERTROCHANTER et DIAPHYSE

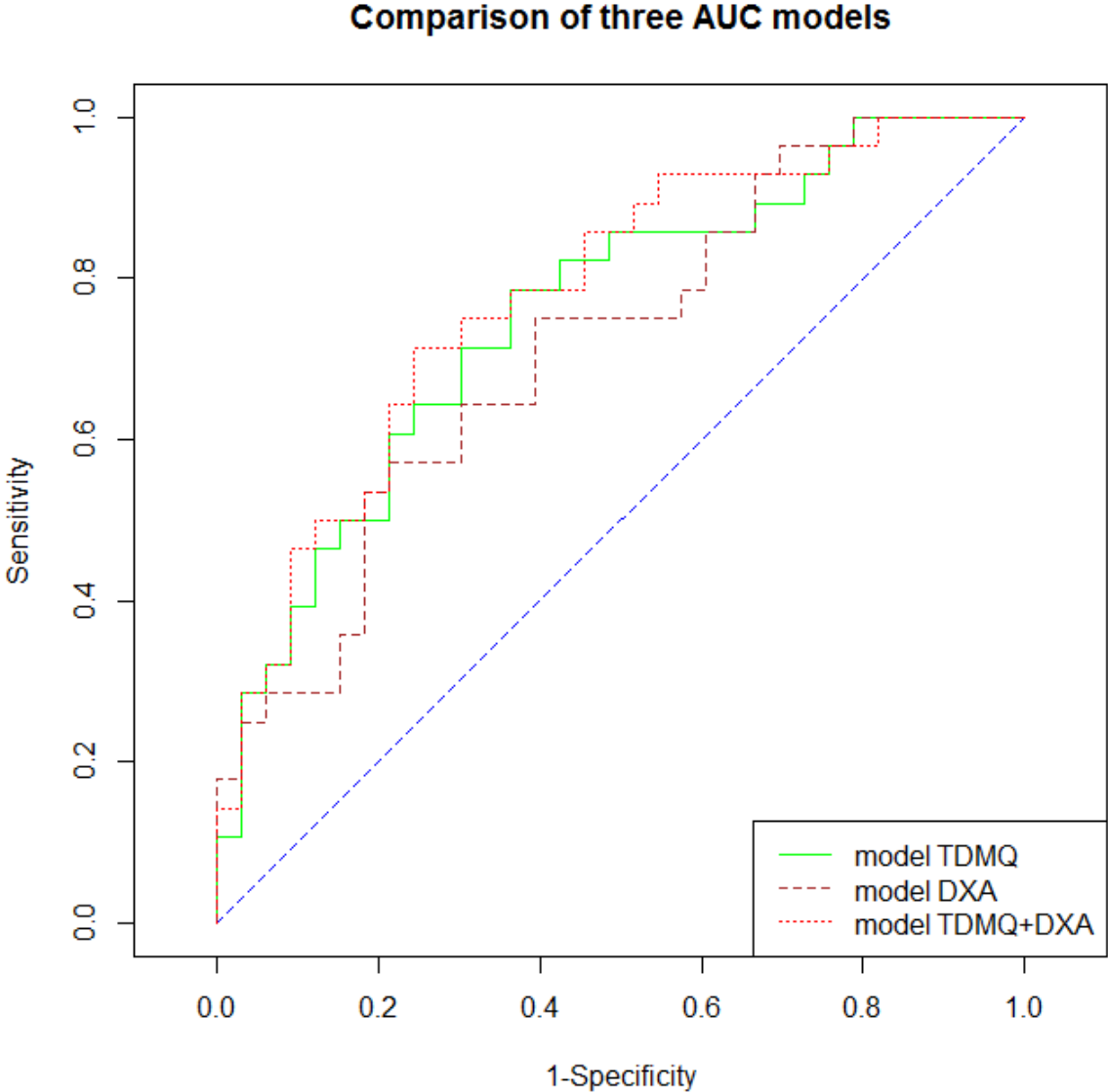


**Figure 3:** Représentation des 6 VOI déterminés par le logiciel MIAF-FEMUR

Head VOI en rouge, Neck VOI en orange, NeckBox VOI en (4) Trochanter VOI en bleu, Intertrochanter VOI en vert et TrochanterSlice VOI ligne bleue correspondant à l'intersection entre la ligne du col et de la diaphyse



**Figure 4** : Courbes ROC des modèles TDMQ (courbe verte), DXA (courbe bordeaux) et modèle combiné TDMQ+DXA (courbe pointillé rouge)





## Tableau 1 : Etiologie des ostéoporoses secondaires

---

OSTEOPOROSE PRIMAIRE DE TYPE I ou ostéoporose postménopausique

Touchant les femmes entre 50 et 70 ans , du à la carence en œstrogène consecutives aux modifications

---

OSTEOPOROSE PRIMAIRE DE TYPE II ou ostéoporose sénile

Chez les hommes et les femmes de plus de 70 ans.

---

OSTEOPOROSE SECONDAIRE DE TYPE III

Chez les hommes et femmes de tous ages. Conséquence d'une autre affection

Etiologie :liste non exhaustive

Endocriniennes

- Hypercorticisme
- Hyperparathyroïdie.
- Hyperthyroïdie.
- Hypogonadisme
- Acromégalie
- Diabète
- Insuffisance rénale

Digestives

- Gastrectomie
- Malabsorbtion
- Malnutrition sévère
- Anorexie mentale
- Hépatopathie sévère

Medicaments

- Corticoïdes
- Horm. thyroid.
- Anti épileptiques
- Analogues LHRH,
- Lithum
- Diurétiques hypercalciurants
- Cyclospirine
- Chimiothérapies
- Liste non limitative...

Maladies systemiques.

- Polyarthrite rhumatoïde
- SPA
- Mastocytose

Maladie tumorale

- Myélome
  - Hémopathie lymphoïde
  - Métastase osseus. (sein)
-

**Tableau 2:** Caractéristique des sujets (moyenne, écart-type entre parenthèses et étendue entre crochets)

	IMO F+ (n = 28)	IMO F- (n = 34)	P value
AGE ( année)	57.8 (6.7) [52–62]	52.7 (8.7) [46–59.7]	<0.05
TAILLE ( cm)	171.9 (6.5) [169–175.5]	171.8 (6.9) [168–176.8]	NS
POIDS ( Kg)	72.9 (9.9) [68.5–80]	71.1 (10.1) [63–76.75]	NS
IMC ( kg/m <sup>2</sup> )	24.6 (2.9) [23–27]	24.2 (3.2) [22–26.5]	NS

n=nombre de sujets, IMC=indice de masse corporelle =poids en kg/taille en m<sup>2</sup>, NS=non significatif, p=résultat du tests t de Student.

IMO = patient masculin ostéoporotique, F+ = avec antécédent de fracture, F- = sans antécédent de fracture

**Tableau 3** : Variable de l'ostéodensitométrie (moyenne, écart-type entre parenthèse et étendue en italique)

		IMO F+ (n = 28)	IMO F- (n = 34)	valeur p	valeur p <sup>a</sup>
FEMUR	DMO col (g/cm <sup>2</sup> )	0.757(0.089)	0.809(0.086)	<0.05	<0.05
		<i>[0.68–0.8366]</i>	<i>[0.767–0.866]</i>		
	Zscore-col	-1.0(0.6)	-0.8(0.7)	NS	
		<i>[-1.3– -0.6]</i>	<i>[-1.3– -0.3]</i>		
DMO total (g/cm <sup>2</sup> )	0.776(0.076)	0.837(0.094)	<10 <sup>-2</sup>	<0.05	
	<i>[0.731–0.835]</i>	<i>[0.783–0.907]</i>			
Zscore-total	-1.3(0.6)	-0.9(0.8)	<0.05	<0.05	
	<i>[-1.6 - -0.9]</i>	<i>[-1.6 – -0.4]</i>			
RADIUS	DMO -radius (g/cm <sup>2</sup> )	0.421(0.057)	0.432(0.064)	NS	
		<i>[0.389–0.470]</i>	<i>[0.390–0.478]</i>		
Zscore-radius	-1.8(1.1)	-1.6(1.2)	NS		
	<i>[-2.3– -1.1]</i>	<i>[-2.2– -0.78]</i>			
RACHIS	DMO rachis L1L4 (g/cm <sup>2</sup> )	0.861(0.096)	0.884(0.085)	NS	
		<i>[0.811–0.935]</i>	<i>[0.822–0.928]</i>		
Zscore-rachis L1L4	-2.602(0.740)	-2.5(0.7)	NS		
	<i>[-3.0– -2.0]</i>	<i>[-3.0 – -2.2]</i>			

DMO= densité minérale osseuse en g/cm<sup>2</sup>, p=valeur du p résultant du test t de Student, p<sup>a</sup>=valeur du p résultant des tests de comparaisons de moyennes de DMO ajustées pour poids, âge et taille (ANCOVA=analyse de covariance)

IMO = patient masculin ostéoporotique, F+ = avec antécédent de fracture, F-=sans antécédent de fracture

**Tableau 4** : Variable de la tomodensitométrie qualitative (moyenne entre parenthèse)

		IMO F+ (n = 28)	IMO F- (n = 34)	p	p <sup>a</sup>	
HEAD	DMO intg	202,3(30,82)	227,1(82,11)	NS <sup>b</sup>		
	VOL intg	52,50(6,363)	50,63(7,273)	NS		
NECK	DMO intg	241,5(51,01)	284,4(82,76)	<10 <sup>-2</sup> b	NS	
	DMO trab	93,34(31,65)	120,3(45,79)	<0.05	NS	
	DMO cort	546,6(60,04)	603,4(169,9)	<0.05 <sup>b</sup>	NS	
	VOL intg	26,00(4,721)	26,62(9,426)	NS <sup>b</sup>		
	VOL trab	14,27(2,793)	14,53(5,788)	NS <sup>b</sup>		
	VOL cort	7,563(1,476)	7,816(2,380)	NS <sup>b</sup>		
	épaisseur cort	2,153(0,160)	2,157(0,144)	NS		
NECKBOX	DMO intg	249,2(56,26)	297,8(87,22)	<10 <sup>-2</sup> b	NS	
	DMO trab	79,24(36,42)	109,5(60,38)	<0.05 <sup>b</sup>	NS	
	DMO cort	590,0(76,99)	658,6(161,1)	<0.05 <sup>b</sup>	NS	
	VOL intg	4,504(0,492)	4,222(0,460)	<10 <sup>-1</sup>	OUI(p<0.05)	
	VOL trab	2,498(0,384)	2,303(0,353)	<0.05	OUI(p<0.05)	
	VOL cort	1,297(0,113)	1,245(0,108)	NS		
	épaisseur cort	2,275(0,185)	2,269(0,170)	NS <sup>b</sup>		
	Z tot All AMIM	2,546(0,440)	2,588(0,748)	NS <sup>b</sup>		
	Z cort All AMIM	2,003(0,355)	1,982(0,516)	NS <sup>b</sup>		
	X tot All AMIM	1,748(0,303)	1,740(0,485)	NS <sup>b</sup>		
	X Cort All AMIM	1,362(0,251)	1,313(0,334)	NS		
	Y Tot All AMIM	0,843(0,179)	0,901(0,294)	NS <sup>b</sup>		
	Y cort All AMIM	0,673(0,142)	0,703(0,208)	NS <sup>b</sup>		
TROCHANTER	DMO intg	190,6(36,35)	224,0(73,09)	<10 <sup>-2</sup> b	NS	
	DMO trab	68,60(22,63)	87,95(40,81)	<0.05 <sup>b</sup>	NS	
	DMO cort	461,5(45,81)	509,7(145,6)	<0.05 <sup>b</sup>	OUI(p<0.05)	
	VOL intg	38,67(6,028)	39,50(7,999)	NS		
	VOL trab	21,98(3,955)	22,66(5,275)	NS		
	VOL cort	10,70(1,446)	10,85(1,861)	NS		
	épaisseur cort	2,271(0,119)	2,299(0,147)	NS		
	DMO intg	206,9(42,10)	244,9(75,19)	<10 <sup>-2</sup> b	NS	
TROCHANTER SLICE	PMIMTo All	1,925(0,431)	2,031(0,532)	NS		
	AMIMTotminMA	0,499(0,126)	0,534(0,135)	NS		
	AMIMTotmaxMA	1,426(0,317)	1,497(0,407)	NS		
	PMIATotAll	69,74(14,60)	65,51(13,05)	NS		
	AMIATotminMA	21,71(4,607)	20,59(3,971)	NS		
	AMIATo maxMA	48,02(10,82)	44,92(9,614)	NS		
	BMDTotalAll	245,3(66,66)	289,1(94,17)	<0.05 <sup>b</sup>	NS	
	BMDTrabAll	76,52(29,47)	102,7(42,58)	<10 <sup>-2</sup> b	NS	
INTER TROCHANTER	BMDCortAll	698,0(124,6)	760,6(234,5)	<0.05 <sup>b</sup>	NS	
	VolTotAll	35,91(9,360)	40,83(13,59)	NS <sup>b</sup>		
	VolTrabAll	22,34(5,362)	25,36(6,226)	<0.05	OUI(p<0.05)	
	VolCortAll	9,012(3,223)	10,27(6,321)	NS <sup>b</sup>		
	épaisseur cort	2,495(0,310)	2,540(0,237)	NS <sup>b</sup>		
	NAL	NAL	101,4(5,564)	102,6(6,975)	NS	

Les valeurs de p résultent du test t de Student ou si non applicable du test de Mann-Whitney (<sup>b</sup>) et p<sup>a</sup> après ajustement sur l'âge, poids et taille (ANCOVA)

HEAD (tête), NECK (col), NECKBOX (petite boîte de col), TROCHANTER (trochanter), TROCHANTERSLICE (tranche au niveau du trochanter) INTERTROCHANTER (inter trochantérien) sont des régions d'intérêt délimitées par le logiciel MIAF

NAL (Neck axis length) = longueur du fémur calculé par TDMQ

Trab = trabéculaire, cort = corticale, TotAll = trabéculaire + spongieux

BMD = densité minérale osseuse, VOL = volume, ThickCort = épaisseur corticale

AMIA = moment d'inertie areal PMIM = moment d'inertie polaire

IMO = patient masculin ostéoporotique, F+ = avec antécédent de fracture, F- = sans antécédent de fracture

**Tableau 5** : Modèle de régression logistique (avant et en italique après ajustement sur l'âge) en utilisant les variables de TDMQ et les variables de DXA (densitométrie)

VARIABLE	OR [ IC 95%] non ajusté , <i>ajusté</i>	Valeur p non ajusté , <i>ajusté</i>	AUC [95% CI] Optimisme, score de Brier
<b>MODELE TDMQ</b>			
DMO cort TROCHANTER	0.98 [0.97-0.99]	<0.05	0.71 [0.58-0.84]
VOL intg INTERTROCHANTER	1.04 [0.99-1.10]	0.10	Brier corrigé : 0.24 Optimisme : -0.03
<i>DMO cort TROCHANTER</i>	<i>0.98 [0.97-0.99]</i>	<i>&lt;0.05</i>	<i>0.75 [0.63-0.87]</i>
<i>VOL intg INTERTROCHANTER</i>	<i>1.04 [0.99-1.10]</i>	<i>0.10</i>	<i>Brier corrigé : 0.23 Optimisme : -0.03</i>
<b>MODELE DXA</b>			
DMO totale FEMUR	0 [0-0.16]	0.01	0.68 [0.54-0.81] Brier corrigé : 0.24 Optimisme : -0.02
<i>DMO total FEMUR</i>	<i>0 [0-0.48]</i>	<i>0.01</i>	<i>0.72 [0.59-0.85] Brier corrigé : 0.23 Optimisme : -0.02</i>

**Tableau 6** : Modèle de régression logistique ajusté sur l'âge utilisant les variables de TDMQ, de l'ostéodensitométrie ou de la combinaison des deux.

	AUC	IC 95%	Valeur p
TDMQ	0.75	[0.63-0.87]	
DXA	0.72	[0.59-0.85]	
TDMQ+DXA	0.78	[0.66-0.90]	0.11

AUC : aire sous la courbe, IC 95% = intervalle de confiance à 95%

Valeur de p issue du test de comparaison AUC TDMQ+DXA vs. AUC DXA

## **RESUME:**

### Introduction

L'objectif principal de cette étude in vivo cas-témoin était d'évaluer la performance de la tomодensitométrie quantitative (QCT) et un outil d'analyse d'images (MIAF-fémur) dans la différenciation des patients ayant fracturé et ceux indemne de fracture dans une population masculine atteinte d'ostéoporose idiopathique.

### Matériel et méthode

La population de cette étude comprenait 62 hommes atteints d'une ostéoporose masculine, 28 hommes (âge moyen 58 ans) avec des fractures de faible énergie et 34 hommes sans antécédent de fracture (âge moyen 52 ans).

La densité minérale osseuse a été évaluée par tomодensitométrie quantitative (DMOv) et MIAF-fémur ainsi que les variables géométriques de l'os cortical et trabéculaire au niveau de la tête et du col fémoral, du trochanter, de la région intertrochantérienne et de la diaphyse proximale. La densité minérale osseuse a également été évaluée à l'aide de l'ostéodensitométrie (DMOa).

### Résultats

Des régressions logistiques ont été effectuées pour extraire les meilleures variables discriminantes pour le risque de fracture, et les aires sous la courbe (AUC) ont été calculées. Le modèle logistique utilisant les variables de QCT combinait la DMOv corticale (mesurée dans de la région trochantérienne) et le volume (mesurée dans la région intertrochantérienne) avec une AUC à 0.75. Le modèle logistique utilisant les variables DXA a été obtenue avec la DMOa totale au fémur avec une à AUC 0,72.

### Conclusion

La discrimination du risque fracturaire avec la TDMQ s'est révélée un peu meilleure que celle obtenue avec la méthode de référence, l'ostéodensitométrie, bien que cela ne soit pas significatif.

### **MOTS CLES:**

Ostéoporose – masculine – TDMQ– Hanche – Fracture