



# **Minéralisation osseuse et traitements de l'ostéoporose**

**Jacques P. Brown, MD**

**Université Laval, Québec, Canada**



# Membres du Groupe de travail canadien sur la solidité osseuse

**Angela M. Cheung, M.D., Ph. D.**  
**PRÉSIDENTE**  
Endocrinologie, GIM, UHN / MSH  
IBBME, Université de Toronto  
Toronto (Ontario)

**Steven Boyd, Ph. D.**  
Schulich School of Engineering  
Université de Calgary  
Calgary (Alberta)

**Jacques P. Brown, M.D.**  
Rhumatologie, CHUQ  
Université Laval  
Québec (Québec)

**K. Shawn Davison, Ph. D.**  
Université Laval  
Québec (Québec)  
Saskatoon Osteoporosis Centre  
Saskatoon (Saskatchewan)

**Larry Dian, M.D.**  
Gériatrie, UBC  
HSC – Vancouver General Hospital  
Vancouver (Colombie-Britannique)

**Robert Josse, M.D.**  
Endocrinologie et métabolisme  
St. Michael's Hospital  
Université de Toronto  
Toronto (Ontario)

**Richard Kremer, M.D.**  
Endocrinologie  
Centre universitaire de santé McGill  
Montréal (Québec)

**Louis-Georges Ste-Marie, M.D.**  
Endocrinologie, CHUM  
Université de Montréal  
Montréal (Québec)



# Divulgation des conflits d'intérêts

Jacques P. Brown, MD

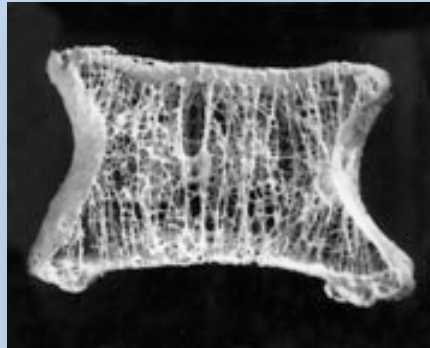
- Participation à des études cliniques
  - Amgen, Eli Lilly, Takeda
- Recherche commanditée
  - Amgen, Eli Lilly
- Comités aviseurs
  - Amgen, Eli Lilly, INESS, Merck, Osteoporosis Canada,
  - Public Health Agency of Canada
- Honoraires à titre de conférencier
  - Amgen, Eli Lilly
- Aucun intérêt financier dans une compagnie pharmaceutique ou de produits de laboratoire

# Qu'est-ce que la solidité osseuse?

## Remodelage osseux

**Solidité osseuse =**

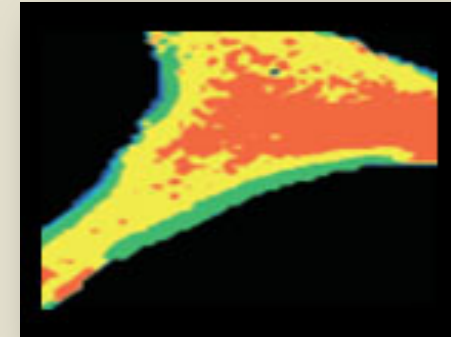
### Propriétés structurales



- Taille, morphologie et masse
- Microarchitecture
  - Épaisseur corticale
  - Porosité
  - Épaisseur, nombre de travées, espacement entre les travées
- Accumulation de microfissures

+

### Propriétés matérielles



- Minéraux
  - DMO
  - Rapport minéral/matrice
  - Taille des cristaux
- Collagène
  - Type
  - Peptides de pontage
- Protéines

# Propriétés mécaniques de l'os: Définitions des termes

## Degré moyen de minéralisation osseuse (DMMiO)

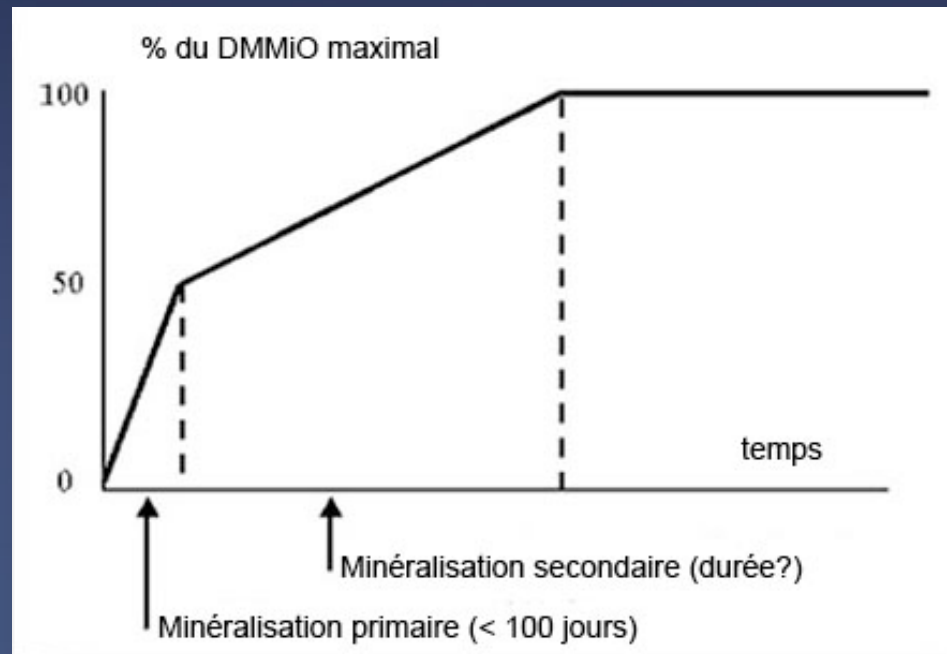
Permet de quantifier la substance minérale du tissu osseux uniquement<sup>1</sup>.

## Cristallinité

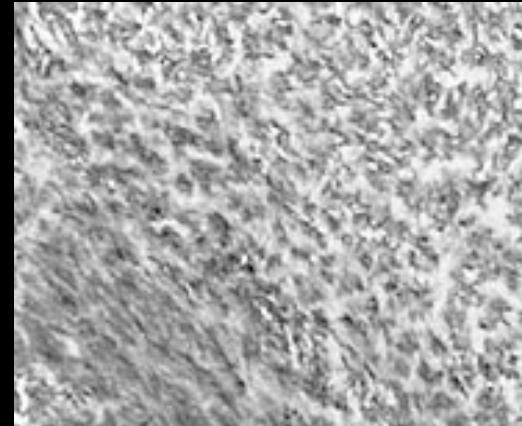
Indicateur général de la taille des cristaux des minéraux et de la perfection stœchiométrique<sup>2</sup>.

# Minéralisation primaire vs secondaire

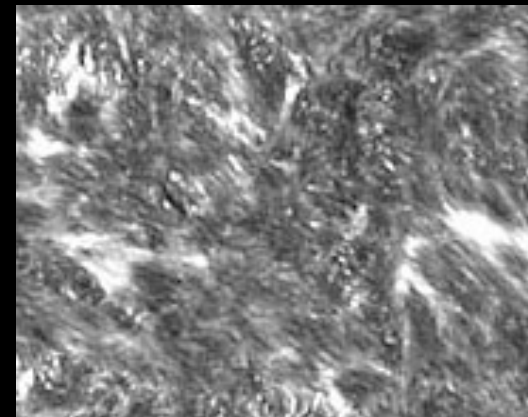
## Différentes étapes de la minéralisation osseuse



Minéralisation primaire



Minéralisation secondaire





# Données cliniques sur la solidité osseuse

# Pharmacothérapies pour l'ostéoporose

## Agents inhibiteurs de la résorption osseuse

### Bisphosphonates

- Étidronate
- Alendronate
- Risédronate
- Ibandronate
- Acide zolédronique

### Modulateurs sélectifs des récepteurs œstrogéniques (MSRE)

- Raloxifène
- Bazédoxifène\*

### Calcitonine

- Calcitonine nasale

### Inhibiteurs de l'activateur du récepteur de NF-κB ligand (RANK-ligand)

- Dénosumab

## Agents anabolisants

### PTH (1-34)

- Tériparatide

### PTH (1-84)

## Autres

### Hormonothérapie

### Strontium

- Ranélate de strontium

\*À cause du manque de données publiées examinées par des pairs sur l'impact du bazédoxifène sur les composantes de la solidité osseuse, mis à part la DMO et les MRO, cet agent ne sera pas discuté dans ce diaporama.



# Mécanismes d'action

Légende :

Diminution ▼

Augmentation ▲

Augmentation importante ▲ ▲

Augmentation considérable ▲ ▲ ▲

Densité  
minérale  
osseuse

Marqueurs du remodelage  
osseux

Résorption  
osseuse

Formation  
osseuse

Bisphosphonates

▲ ▲

▼ ▼

▼ ▼

Modulateurs sélectifs des  
récepteurs œstrogéniques  
(MSRE)

▲

▼

▼

Calcitonine

▲

▼

▼

▲ ▲

▼

◀ ▶

Hormonothérapie (HT)

▲ ▲ ▲

▲

▲ ▲

Parathormone (PTH)

▲ ▲ ▲

▼

▲

Ranélate de strontium

▲ ▲

▼ ▼

▼ ▼

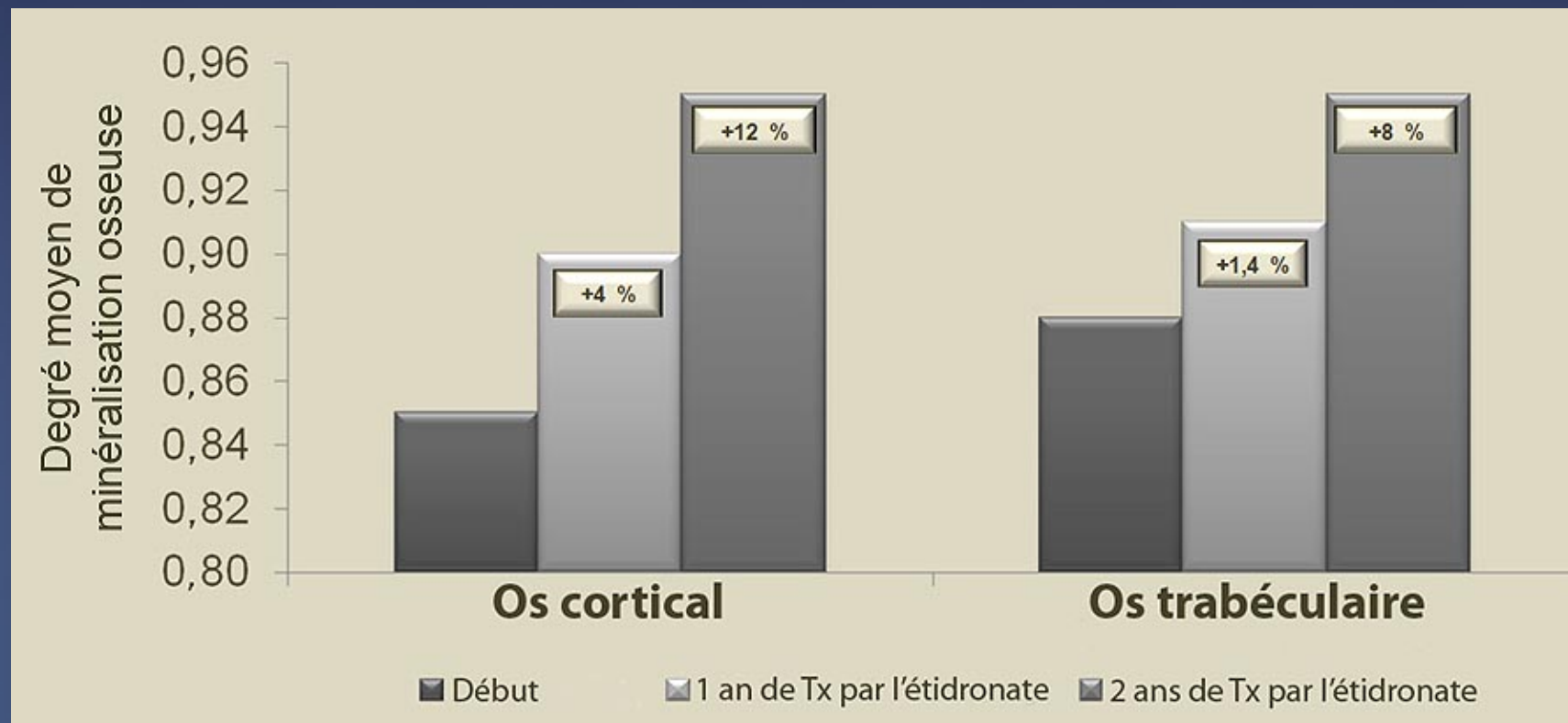
Dénosumab



# Étidronate

# L'étidronate augmente le degré moyen de minéralisation osseuse\*

- Les données synchrotroniques ont démontré les effets de l'étidronate cyclique sur le degré moyen de minéralisation osseuse (biopsie de crête iliaque); aucune anomalie de la minéralisation n'a été observée.
- Aucun changement significatif de la masse osseuse ou des paramètres structuraux



\*D'après des données provenant de biopsies appariées

Adaptation de Nuzzo S, et al. *J Bone Miner Res* 2002;17:1372-82.

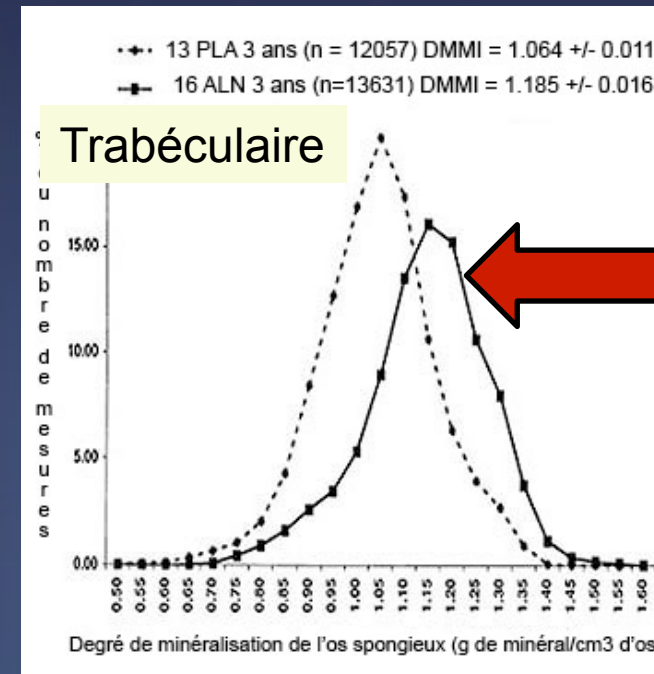
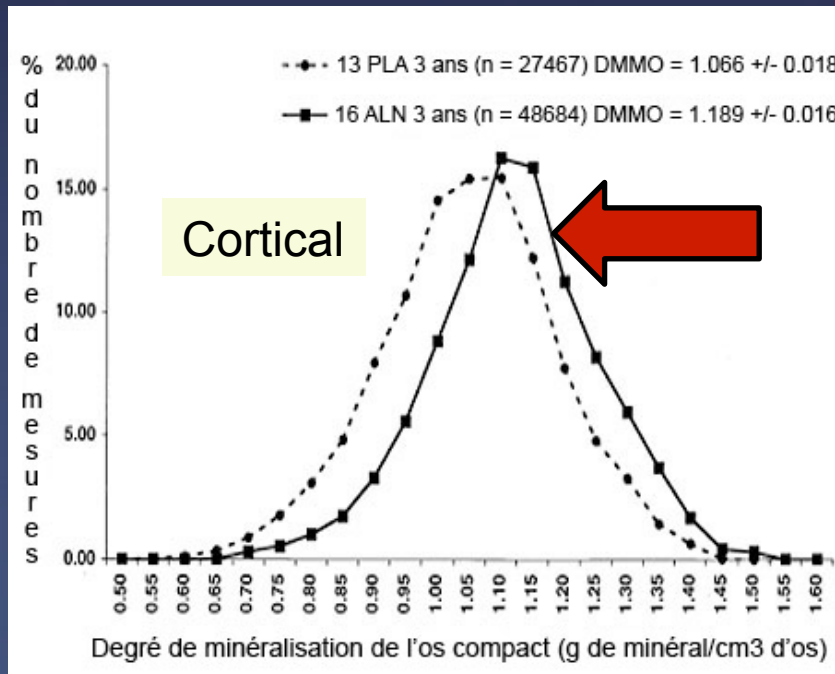
# Sommaire sur l'étidronate

- La prise intermittente d'étidronate permet d'augmenter le degré moyen de minéralisation osseuse.
- Actuellement, il n'existe aucune donnée clinique publiée et examinée par des pairs sur l'impact de l'étidronate cyclique sur d'autres propriétés structurales ou matérielles de l'os (au-delà de la DMO et des MRO).



# Alendronate

# Effet de l'alendronate sur le degré moyen de minéralisation de l'os cortical et de l'os trabéculaire vs placebo\*

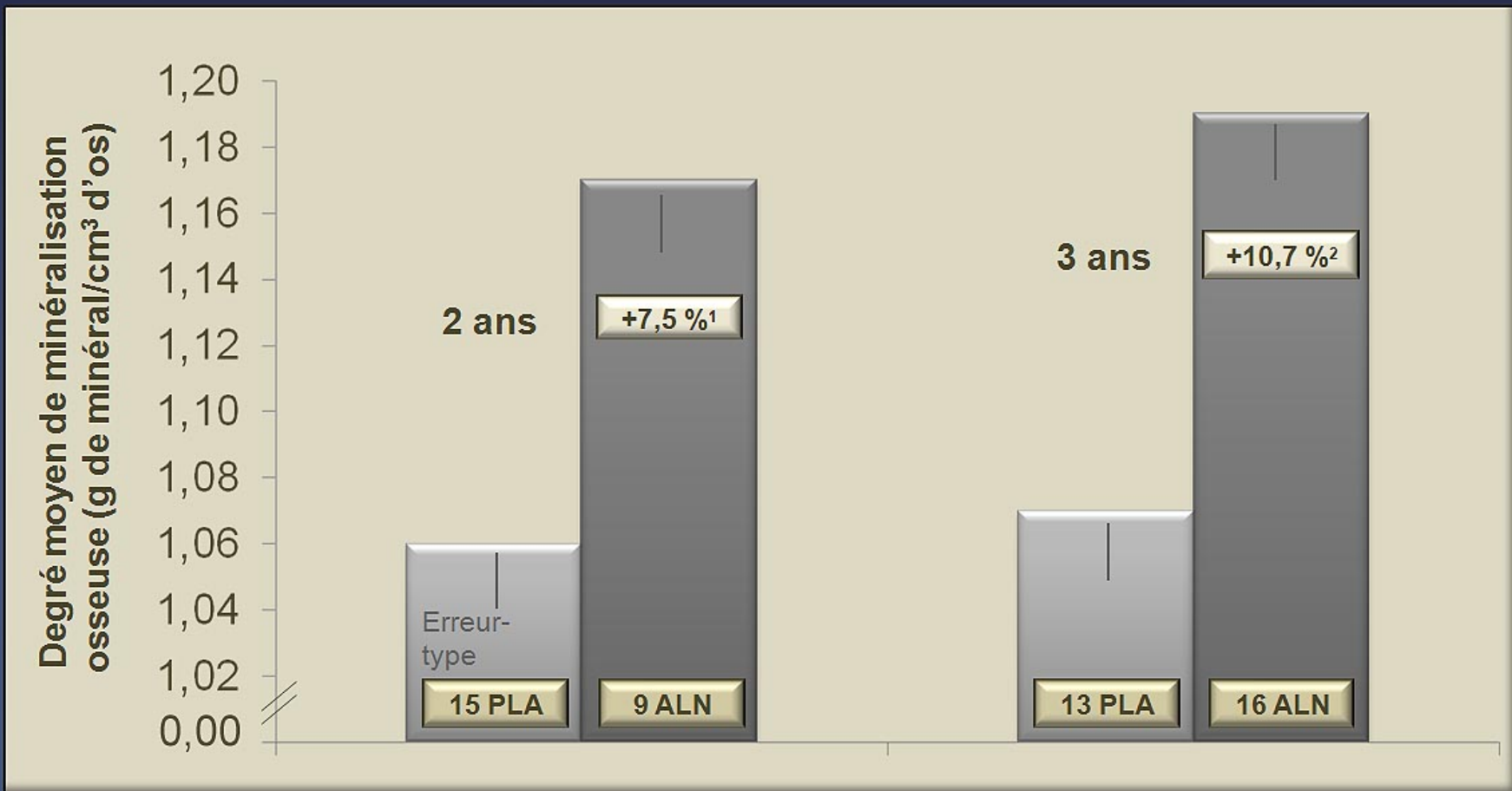


Les valeurs de l'alendronate se sont déplacées vers des degrés accrus de minéralisation parallèlement à une diminution des degrés minimaux par rapport au placebo.

DMMiO : degré moyen de minéralisation osseuse; PLA : placebo; ALN : alendronate

\*Données transversales

# Effet de l'alendronate sur le degré moyen de minéralisation de l'os entier vs placebo\*

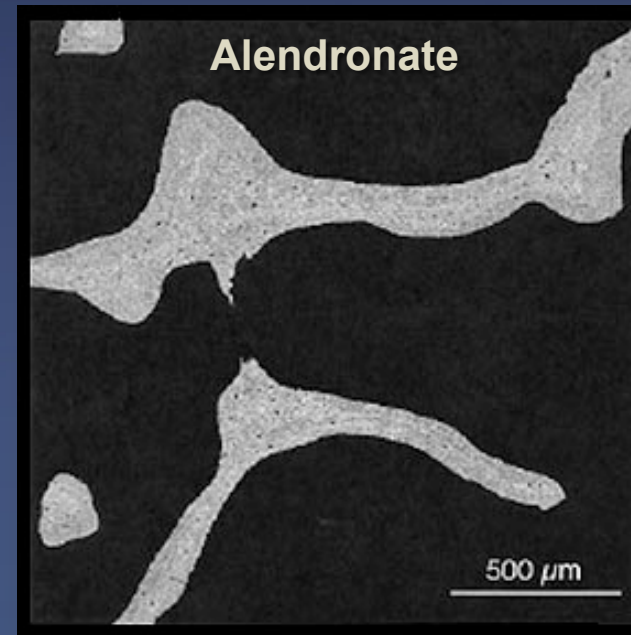
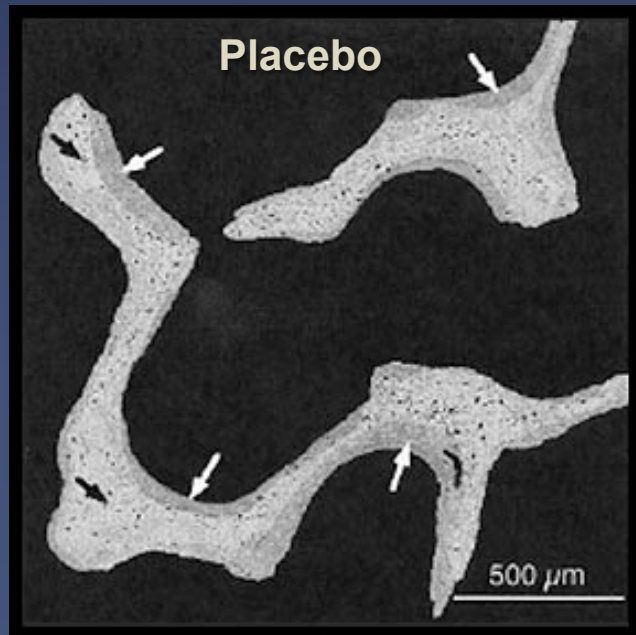


PLA : placebo; ALN : alendronate; <sup>1</sup>( $p = 0,0026$ ); <sup>2</sup>( $p = 0,0001$ )

\*Données transversales

# Effet de l'alendronate sur l'homogénéité de la minéralisation de la matrice osseuse vs placebo\*

Clichés d'électrons rétrodiffusés de l'os spongieux iliaque provenant d'une femme ayant reçu un placebo et d'une femme traitée par l'alendronate après deux ans de traitement



Flèches noires : degré élevé de minéralisation; flèches blanches : faible degré de minéralisation

\*Données transversales



# Sommaire sur l'alendronate

- Comparativement au placebo, le traitement par l'alendronate est associé à :
  - un degré moyen de minéralisation plus élevé aux niveaux des os cortical, spongieux et entier;
  - une uniformité accrue de la minéralisation de la matrice osseuse;
  - un volume osseux, un nombre de travées et une épaisseur des travées plus importants, et un espacement moindre entre les travées.
- Il n'existe actuellement aucune donnée clinique publiée et examinée par des pairs sur l'impact de l'alendronate sur d'autres propriétés structurales et matérielles de l'os (au-delà de la DMO et des MRO).



# Risédrónate

# Le risédronate augmente le degré moyen de minéralisation osseuse\*

Données quantitatives de micro-TDM synchrotroniques provenant de femmes traitées par le risédronate ou un placebo pendant trois ans

Paramètre	Groupe sous placebo (n = 8)				Groupe sous risédronate (n = 11)			
	Début	3 ans début <sup>a</sup>	% Δ vs	p <sup>b</sup>	Début	3 ans début <sup>a</sup>	% Δ vs	p <sup>b</sup>
Moy-MIN (g/cm <sup>3</sup> )	1,042 (0,012)	1,062 (0,009)	2,02 (1,42)	0,20	1,011 (0,007)	1,058 (0,008)	4,67 (0,71)	< 0,001
Pic-MIN (g/cm <sup>3</sup> )	1,057 (0,013)	1,073 (0,008)	1,57 (1,41)	0,30	1,019 (0,009)	1,073 (0,007)	5,35 (0,99)	0,0003
<b>Rapports de minéralisation</b>								
RMiO-V	0,206 (0,047)	0,128 (0,025)	-38,29 <sup>c</sup> (-71,61, -5,83)	0,25 <sup>d</sup>	0,322 (0,056)	0,095 (0,024)	-70,13 <sup>c</sup> (5,31)	< 0,001
RMiO-S	0,807 (0,113)	0,628 (0,085)	-26,78 <sup>c</sup> (-40,62, -7,04)	0,25 <sup>d</sup>	1,086 (0,088)	0,511 (0,075)	-54,07 <sup>c</sup> (5,03)	< 0,001

a : les valeurs sont une moyenne des variations individuelles en pourcentage; b : test t apparié, sauf indication contraire

c : les valeurs sont une variation médiane en pourcentage (intervalle du 25<sup>e</sup>, 75<sup>e</sup> interquartile), puisque le test de Shapiro-Wilk était significatif. d : test de Wilcoxon étant donné que le test de Shapiro-Wilk était significatif; e : p < 0,05 versus placebo à l'aide du test de Kruskal-Wallis

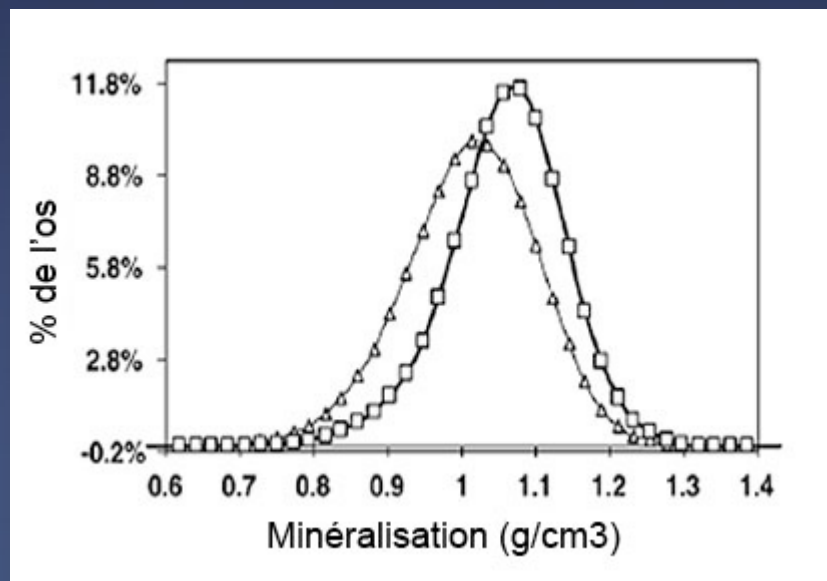
MIN-moy : minéralisation moyenne; pic-MIN : pic de minéralisation; RMiO-V : rapport de minéralisation osseuse-volume; RMiO-S : rapport de minéralisation osseuse-surface; SM/SO : surface de minéralisation/surface osseuse

\*D'après des données provenant de biopsies appariées

Adaptation de Borah B, et al. Bone 2005;37:1-9.

# Le risédronate augmente le degré moyen de minéralisation osseuse\*

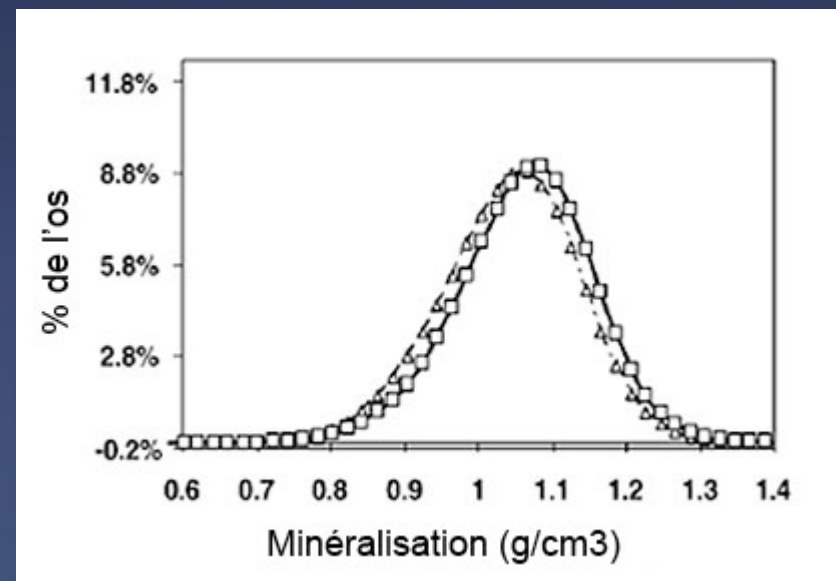
Avant et après le traitement par le risédronate



▲ Début

■ Traitement

Avant et après le traitement par le placebo



▲ Début

■ Traitement

\*D'après des données provenant de biopsies appariées

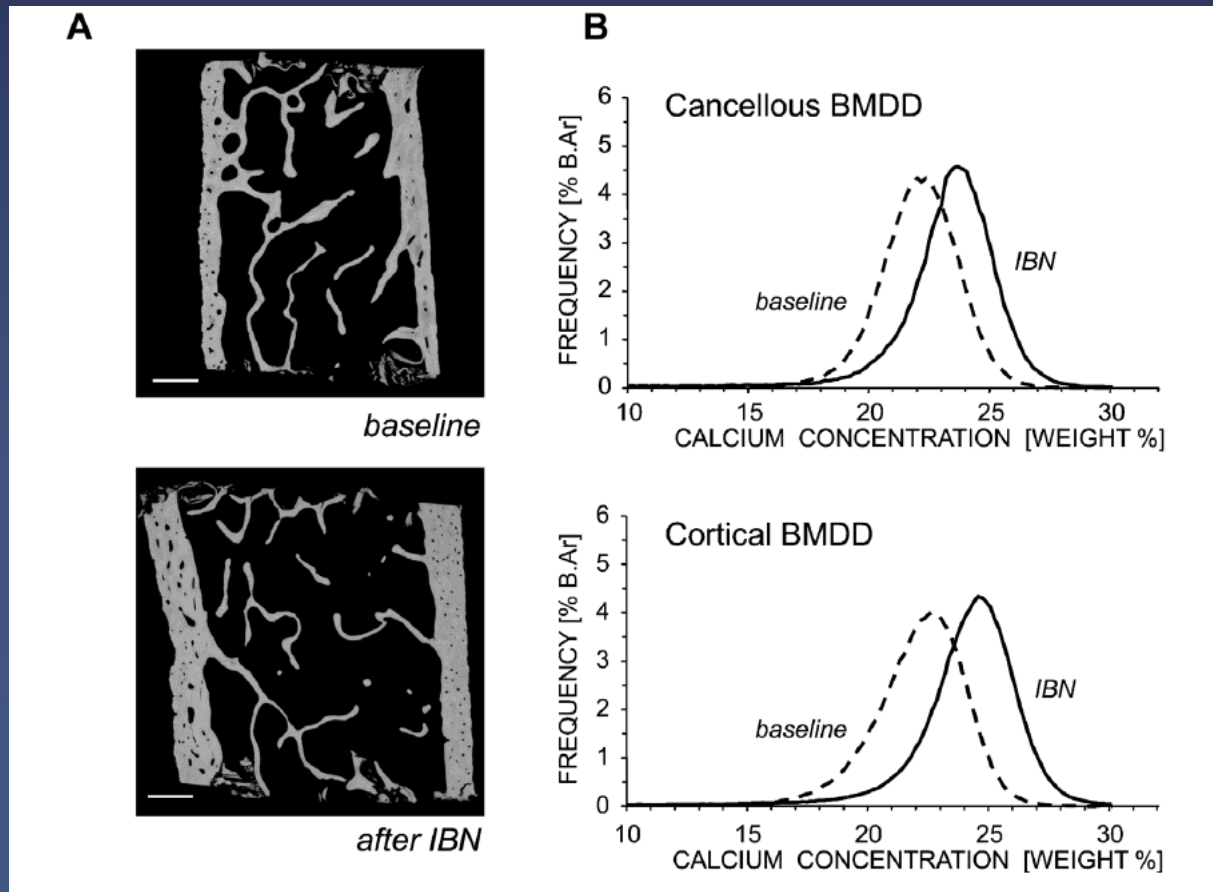
# Sommaire sur le risédronate

- Le traitement par le risédronate :
  - augmente le degré moyen de minéralisation osseuse;
  - rétablit la minéralisation à des degrés préménopausiques;
  - permet de préserver les propriétés matérielles de l'os (c.-à-d. maturité/cristallinité minérale et rapport de pontages du collagène);
  - préserve la microarchitecture trabéculaire.
- Il n'existe actuellement aucune donnée clinique publiée et examinée par des pairs sur l'impact du risédronate sur d'autres propriétés structurales et matérielles de l'os (au-delà de la DMO et des MRO).



# Ibandronate

# Effet de l'ibandronate (3 mg iv q 3 m x 2 ans) sur la distribution de densité minérale osseuse de l'os cortical et trabéculaire par qBEI\*



Biopsies pairées de 19 hommes OP primaire

Reproduction de l'article de Misof BM, et al. *JBMR* 2014;29 (2):440-9.

# Effet de l'ibandronate (3 mg iv q 3 m x 2 ans) sur la distribution de densité minérale osseuse de l'os cortical et trabéculaire par qBEI\*

	mOP Patients					
	Baseline	After IBN	Treatment effect			Ref. BMDD <i>n</i> = 52
			Group % diff. <sup>a</sup>	Intra-individual % diff. <sup>b</sup>	<i>p</i> Value	
Cn.Ca <sub>Mean</sub> (wt%)	21.83** (21.07; 22.23)	22.36 (22.09; 22.65)	+2.4	+2.9	<0.001	22.24 (21.84; 22.50)
Cn.Ca <sub>Peak</sub> (wt%)	22.36* (22.05; 23.05)	23.05 (22.70; 23.22)	+3.1	+2.3	0.027	22.96 (22.70; 23.14)
Cn.Ca <sub>Width</sub> (Δwt%)	3.81*** (3.47; 3.99)	3.29 (3.16; 3.94)	-14	-10	0.044	3.29 (3.12; 3.47)
Cn.Ca <sub>Low</sub> (%)	5.84* (4.22; 6.91)	4.19 (3.89; 4.80)	-28	-16	<0.001	4.52 (3.87; 5.79)
Cn.Ca <sub>High</sub> (%)	2.80 (1.90; 6.65)	6.51 (3.90; 10.05)	—	—	n.s.	4.62 (3.52; 6.48)
Ct.Ca <sub>Mean</sub> (wt%)	21.91 (21.55; 22.26)	22.57 (22.34; 22.98)	+3.0	+4.4	0.002	n.a.
Ct.Ca <sub>Peak</sub> (wt%)	22.70 (22.23; 23.05)	23.22 (22.88; 23.83)	+2.3	+3.0	0.030	n.a.
Ct.Ca <sub>Width</sub> (Δwt%)	4.33 (3.86; 4.64)	3.64 (3.47; 3.94)	-16	-13	0.001	n.a.
Ct.Ca <sub>Low</sub> (%)	6.36 (4.67; 6.90)	3.50 (2.94; 4.48)	-45	-35	<0.001	n.a.
Ct.Ca <sub>High</sub> (%)	5.76 (2.82; 8.49)	8.98 (5.66; 13.63)	—	—	n.s.	n.a.

Biopsies pairées de 19 hommes OP primaire

Reproduction de l'article de Misof BM, *et al.* *JBMR* 2014;29 (2):440-9.



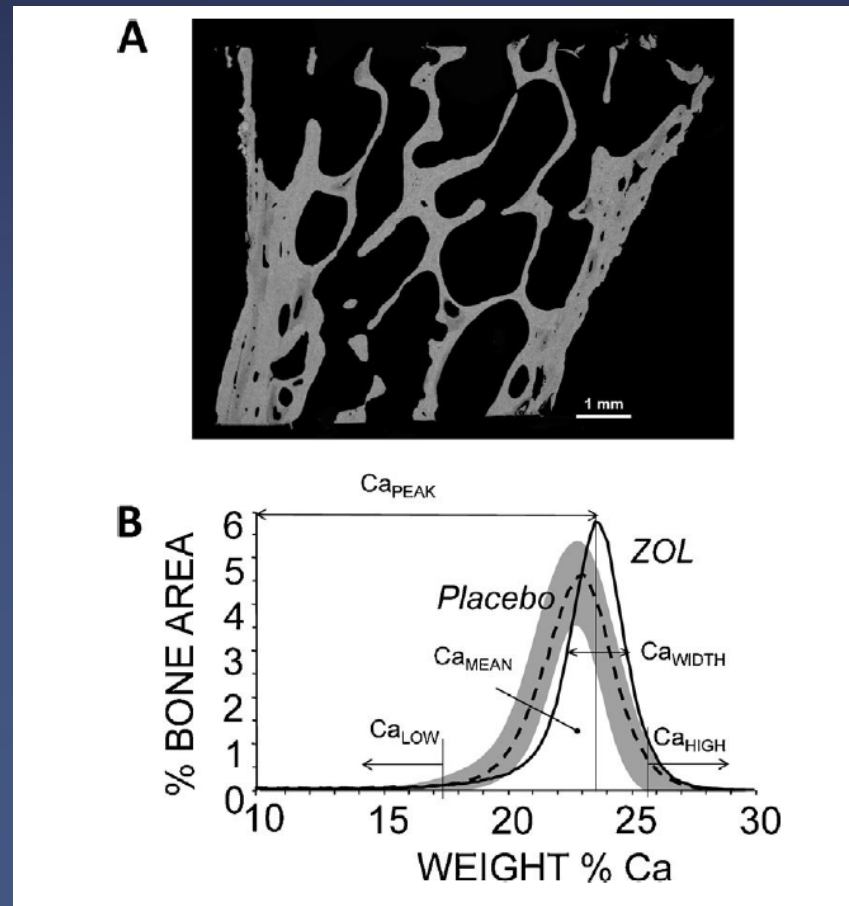
# Sommaire sur l'ibandronate

- Dans un échantillon de 19 biopsies osseuses pairées, le traitement par l'ibandronate est associé à :
  - Une distribution de densité osseuse plus élevée aux niveaux des os cortical et trabéculaire;
  - une uniformité accrue de la minéralisation de la matrice osseuse;
  - un volume osseux, un nombre de travées et une épaisseur des travées plus importants, et un espacement moindre entre les travées.
- Lorsque comparé avec le placebo, l'ibandronate produit une plus grande solidité osseuse mesurée par des indices biomécaniques calculés de solidité osseuse, au fémur proximal et à la colonne lombaire, ainsi qu'une plus grande connectivité trabéculaire
- Il n'existe actuellement aucune donnée clinique publiée et examinée par des pairs sur l'impact de l'ibandronate sur d'autres propriétés structurales et matérielles de l'os (au-delà de la DMO et des MRO)



# Acide zolédronique

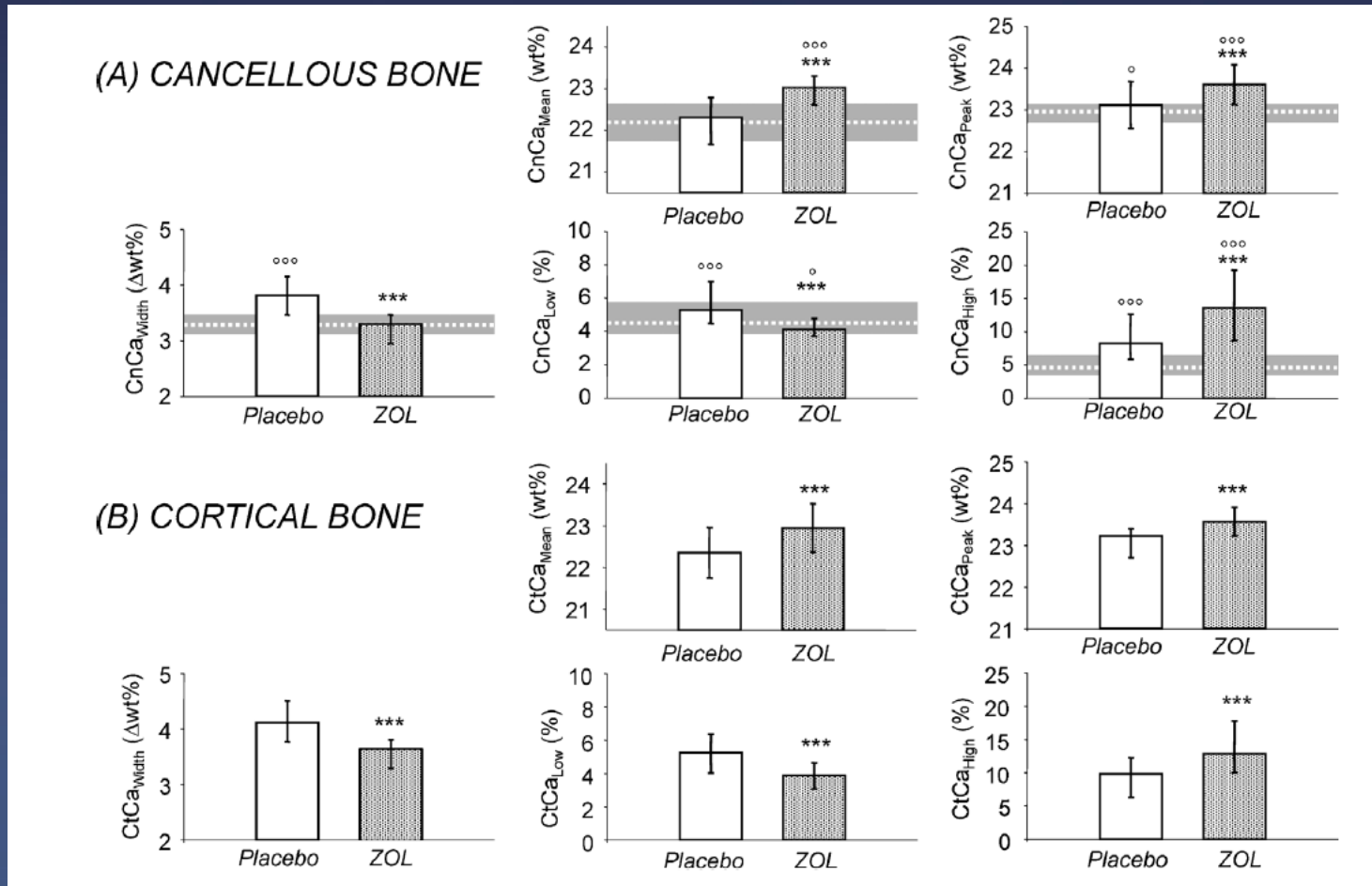
# Effet de l'acide zolédronique (5 mg iv/an x 3) sur la distribution de densité minérale osseuse de l'os cortical et trabéculaire par qBEI\*



Biopsies: 82 ZOL vs 70 PBO

Reproduction de l'article de Misof BM, et al. *JBMR* 2013;28 (3):442-8.

# Effet de l'acide zolédronique (5 mg iv/an x 3) sur la distribution de densité minérale osseuse de l'os cortical et trabéculaire par qBEI\*



Biopsies: 82 ZOL vs 70 PBO

Reproduction de l'article de Misof BM, et al. JBMR 2013;28 (3):442-8.

# Sommaire sur l'acide zolédronique

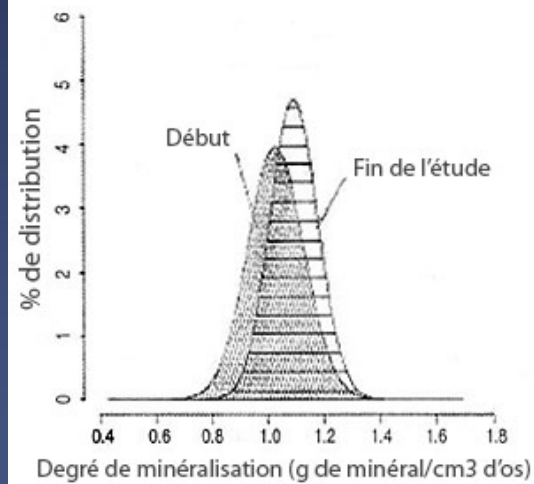
- Comparativement au placebo, l'acide zolédronique a été associé à :
  - Une distribution de densité osseuse plus élevée aux niveaux des os cortical et trabéculaire;
  - une uniformité accrue de la minéralisation de la matrice osseuse;
  - un volume osseux, un nombre de travées et une épaisseur des travées plus importants, et un espacement moindre entre les travées.
- Il n'existe actuellement aucune donnée clinique publiée et examinée par des pairs sur l'impact de l'acide zolédronique sur d'autres propriétés structurales et matérielles de l'os (au-delà de la DMO et des MRO).



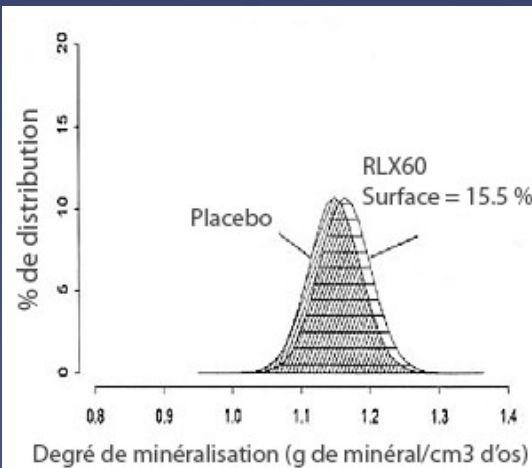
# Raloxifène

# Le raloxifène augmente le degré moyen de minéralisation de l'os entier\*

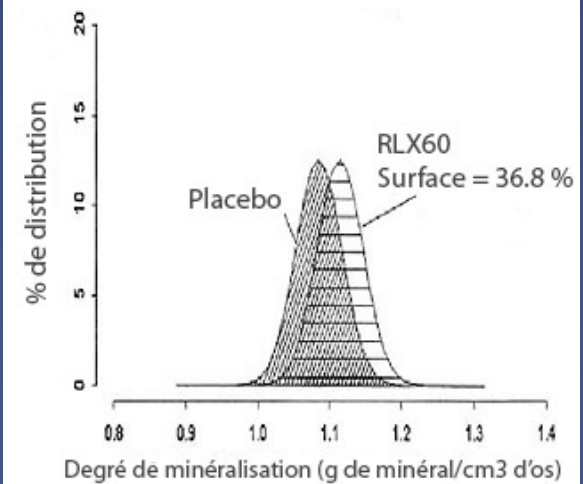
## Os entier



## Os trabéculaire



## Os cortical



\*D'après des données appariées de biopsies

# Sommaire sur le raloxifène

- Le raloxifène augmente le degré moyen de minéralisation de l'os entier\*.
- Il n'existe actuellement aucune donnée clinique publiée et examinée par des pairs sur l'impact du raloxifène sur d'autres propriétés structurales et matérielles de l'os (au-delà de la DMO et des MRO).





# Hormonothérapie (HT)\* (Œstrogène)

\*Aussi appelée « hormonothérapie de remplacement (HT) »

# Une dose élevée d'HT augmente le degré moyen de minéralisation osseuse\*

Degré moyen de minéralisation osseuse (DMMiO, g/cm<sup>3</sup>) chez des femmes, avant et après le traitement par une HT classique et chez des femmes prenant une dose élevée d'œstrogène

	Avant l'HT (n = 20)* DMMiO moyen ± É.T.		Après l'HT (n = 20)* DMMiO moyen ± É.T.		Moy. Δ ± E.T. (%)	p
<b>Os entier</b>	<b>0,980</b>	<b>0,077</b>	<b>1,013</b>	<b>0,058</b>	<b>4,42 ± 1,87</b>	<b>N.S.</b>
<b>Os cortical</b>	<b>0,963</b>	<b>0,075</b>	<b>0,992</b>	<b>0,062</b>	<b>4,07 ± 2,08</b>	<b>N.S.</b>
<b>Os trabéculaire</b>	<b>0,997</b>	<b>0,086</b>	<b>1,035</b>	<b>0,073</b>	<b>4,45 ± 2,25</b>	<b>N.S.</b>
			<b>Après des doses élevées (n = 19)<sup>a</sup></b>			
<b>Os entier</b>			<b>1,047</b>	<b>0,081</b>	<b>6,85 ± 1,89</b>	<b>0,020</b>
<b>Os cortical</b>			<b>1,045</b>	<b>0,090</b>	<b>8,57 ± 2,14</b>	<b>0,005</b>
<b>Os trabéculaire</b>			<b>1,061</b>	<b>0,091</b>	<b>6,45 ± 2,09</b>	<b>0,030</b>

Δ représente le gain de minéralisation par rapport aux femmes, avant un traitement par une HT classique.

<sup>a</sup> Les valeurs du DMMiO étaient significativement plus élevées par rapport à avant le traitement par une HT classique chez des femmes.

\*Paires de biopsies

Les valeurs du DMMiO n'étaient pas significativement différentes entre les biopsies prélevées après et celles prélevées avant l'HT.

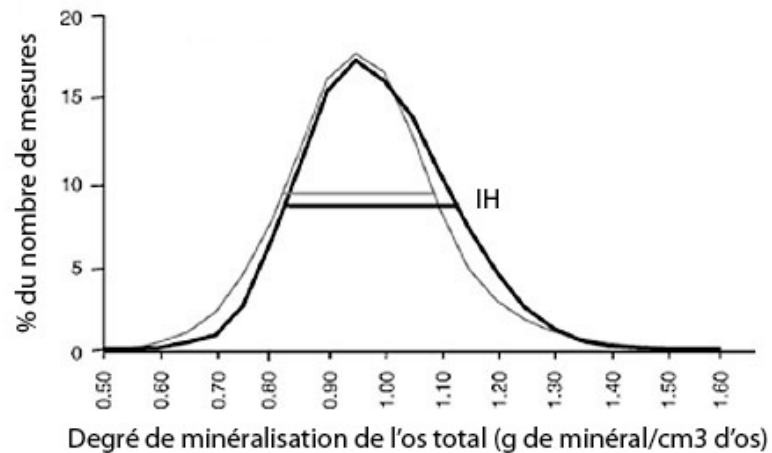
**\*D'après des données provenant de biopsies appariées**

# La dose élevée d'HT augmente le degré moyen de minéralisation osseuse\*

Répartitions moyennes du DMMiO de l'os entier

## Femmes avant et après l'HT classique

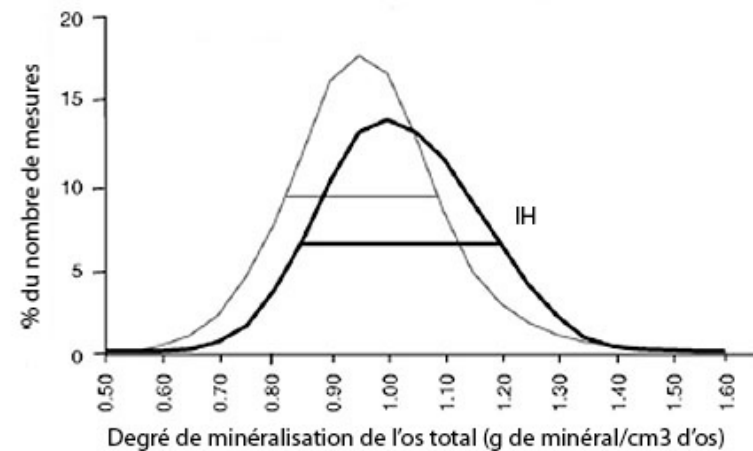
20 femmes OsPM	Avant l'HTR	Après l'HTR
DMiO moyen	0.980 +/- 0.077	1.013 +/- 0.058 N.S.
Indice d'hétérogénéité	0.239 +/- 0.064	0.267 +/- 0.083 N.S.



OsPM = Ostéoporose postménopausique

## Femmes traitées par une dose élevée d'œstrogène et avant une HT classique

20 femmes OsPM	Avant l'HTR	19 après dose élevée d'œst.
DMiO moyen	0.980 +/- 0.077	1.047 +/- 0.019 p = 0.02
Indice d'hétérogénéité	0.239 +/- 0.064	0.231 +/- 0.010 N.S.



OsPM = Ostéoporose postménopausique

\*D'après des données provenant de biopsies appariées

IH : indice d'hétérogénéité

# Sommaire sur l'hormonothérapie

- L'administration d'une dose élevée d'HT augmente le degré moyen de minéralisation osseuse\*
- L'HT préserve la microarchitecture trabéculaire et d'autres propriétés structurales de l'os (surface transversale, diamètre périosté, coefficient de la section, rapport de déformation)
- L'HT préserve les propriétés matérielles de l'os (cristallinité, minéralisation de la matrice, pontages du collagène)
- Il n'existe actuellement aucune donnée clinique publiée et examinée par des pairs sur l'impact de l'HT sur d'autres propriétés structurales et matérielles de l'os (au-delà de la DMO et des MRO)



# Dénosumab

# Effects of Denosumab on Bone Matrix Mineralization: Results From the Phase 3 FREEDOM Trial

David W Dempster,<sup>1</sup> Jacques P Brown,<sup>2</sup> Susan Yue,<sup>3</sup> Delphine Farlay,<sup>4</sup>  
Sébastien Rizzo,<sup>4</sup> Jenny Song,<sup>5</sup> Andrea Wang,<sup>3</sup> Rachel B Wagman,<sup>3</sup>  
Georges Boivin<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Columbia University, New York, NY, USA and Helen Hayes Hospital, West Haverstraw, NY, USA; <sup>2</sup>Laval University and CHU de Québec-(CHUL) Research Centre, Québec City, QC, Canada; <sup>3</sup>Amgen Inc., Thousand Oaks, CA, USA; <sup>4</sup>INSERM UMR 1033, Université de Lyon, Lyon, France; <sup>5</sup>HealthCruiser Consulting, Plano, TX, USA

# Dénosumab

Purpose: Low fracture incidence has been demonstrated in women with postmenopausal osteoporosis treated with denosumab (DMAb) for up to 9 years in the FREEDOM Extension.<sup>1</sup> Several assessments have evaluated effects of DMAb treatment at the tissue level<sup>2,3</sup> and showed low remodeling consistent with mechanism of action. While reduced bone matrix heterogeneity has been observed in huRANKL mice treated with DMAb for 6 months,<sup>4</sup> assessment in clinical biopsies has not been performed. Here, we report the effects of DMAb on bone matrix mineralization in women who underwent transiliac crest bone biopsy in FREEDOM.

Methods: FREEDOM was a 3-year randomized, double-blind, placebo (Pbo)-controlled study in postmenopausal women who received Pbo or 60 mg DMAb subcutaneously every 6 months.<sup>5</sup> A subset of women underwent transiliac crest bone biopsies at year 2 and/or 3.<sup>2</sup> In the current assessment, bone matrix mineralization was assessed in a blinded fashion by digitized quantitative microradiography and analyzed using a Matlab program.<sup>6</sup> The mean degree of mineralization of bone (DMB) and the heterogeneity index (HI) of the distribution of DMB were calculated for cancellous and cortical bone, endocortical and periosteal sub-compartments of cortical bone, and total bone (cancellous and cortical combined).



# Dénosumab

**Results:** In this analysis, 72 bone biopsy samples (42 DMAb, 30 Pbo) from a subset of the FREEDOM bone biopsy assessment (N = 115) were evaluated and analyzed. Demographics for subjects in this matrix mineralization substudy were comparable to the FREEDOM study. Treatment with DMAb resulted in a significant increase in mean DMB compared with Pbo-treated subjects (Figure) and these findings were consistent across cancellous and cortical compartments ( $p < 0.01$ ). A significantly lower HI was observed in total bone and in all compartments assessed in the DMAb-treated group ( $p < 0.05$ ), consistent with reduced bone turnover in response to DMAb therapy.

**Conclusions:** Treatment of women with postmenopausal osteoporosis with DMAb resulted in increased bone matrix mineralization and a lower HI compared with Pbo. These data are consistent with expected results based on observations with other antiresorptives<sup>7</sup> and with mechanism of action.

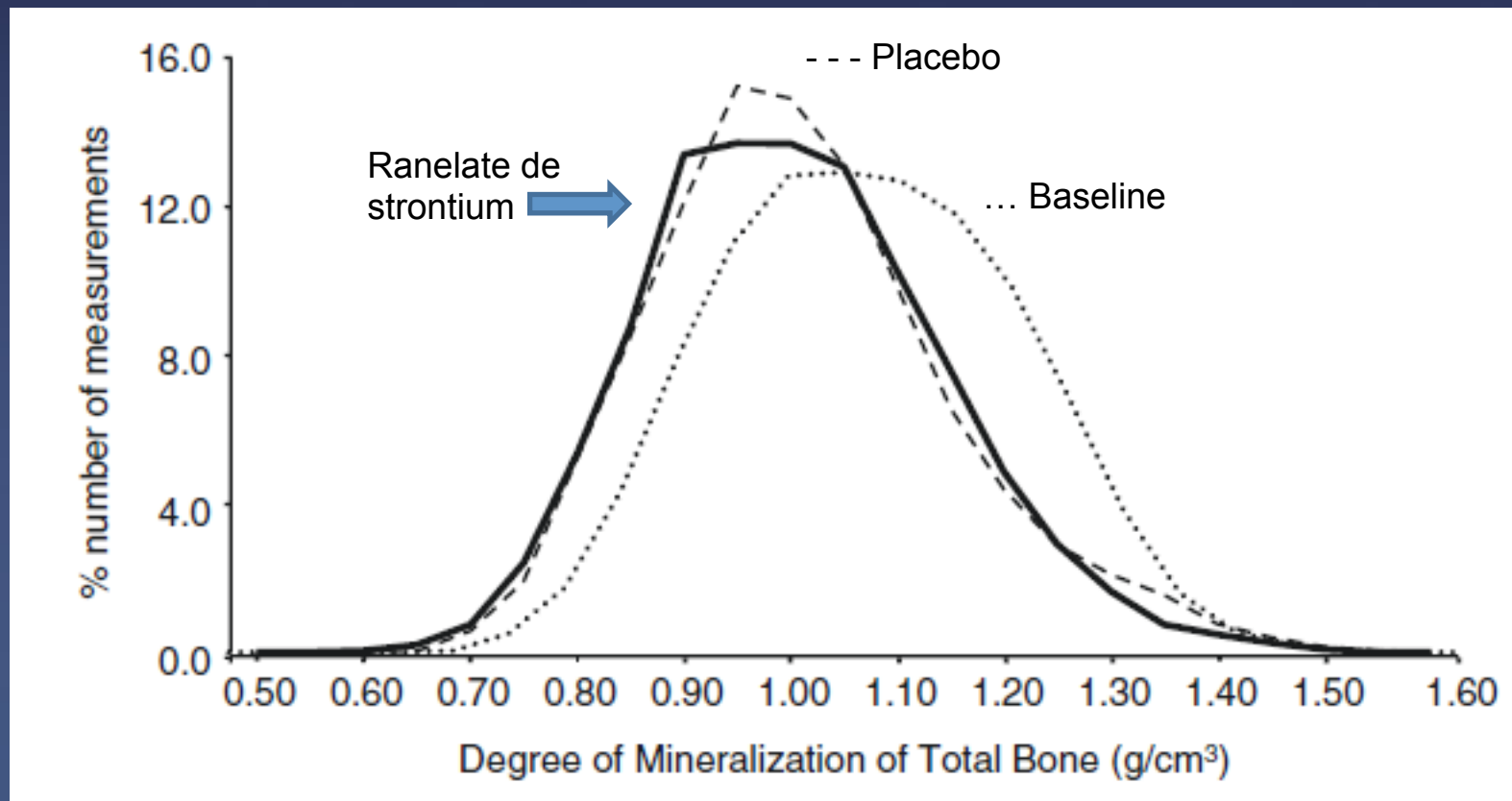






# Ranélate de strontium

# Effet du ranelate de strontium (3 ans) sur le degré moyen de minéralisation de l'os entier vs placebo



DMMiO : degré moyen de minéralisation osseuse; PLA : placebo; SrR

# Sommaire sur le Ranélate de strontium

- Le ranélate de strontium améliore la microarchitecture osseuse (avec les limites des petits échantillons et les comparaisons transversales)
- Il n'existe actuellement aucune donnée clinique publiée et examinée par des pairs sur l'impact du ranelate de strontium sur d'autres propriétés structurales et matérielles de l'os

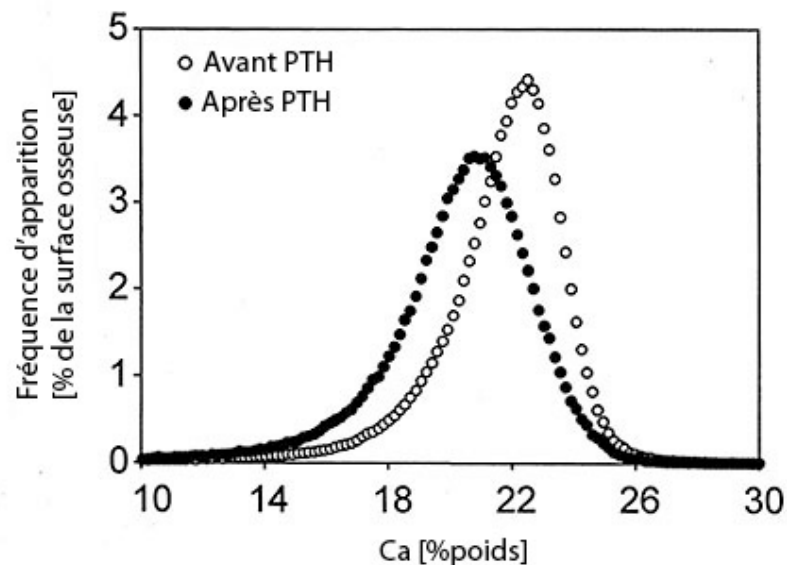


# Parathormone (PTH 1-34, 1-84)

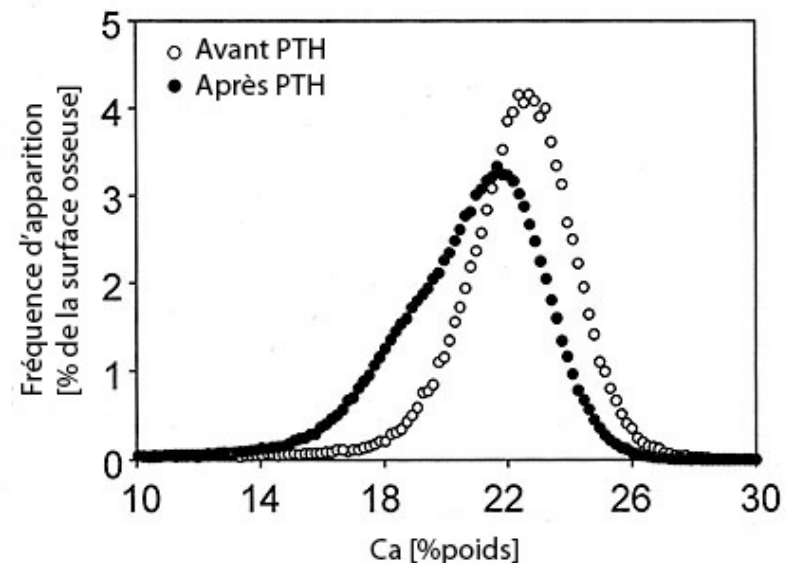
# La tériparatide (PTH 1-34) décale la courbe de minéralisation et augmente la largeur du pic

Répartitions de la densité minérale osseuse correspondante de l'os cortical et de l'os spongieux provenant d'un patient, avant et après le traitement par la tériparatide

## Os cortical



## Os trabéculaire



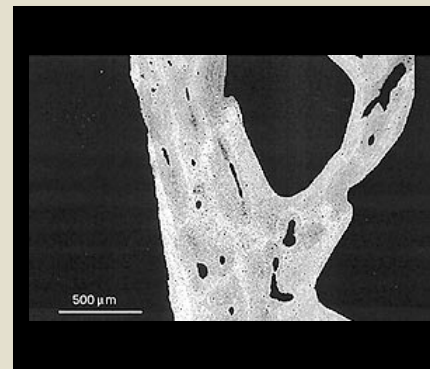
\*Données transversales

# La tériparatide (PTH 1-34) augmente l'hétérogénéité de la minéralisation et la formation osseuse

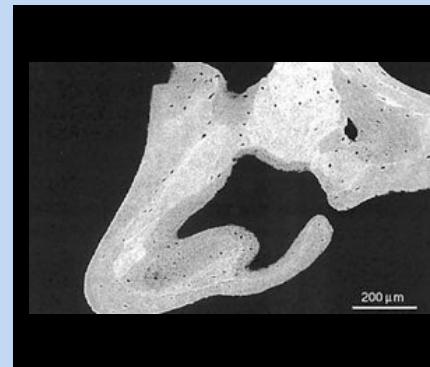
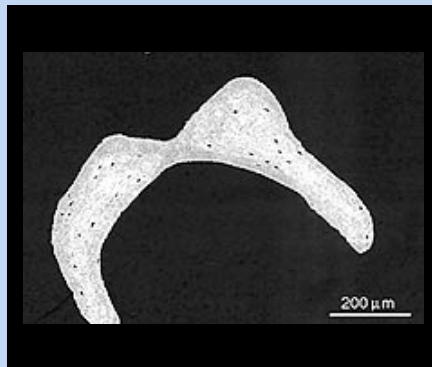
Avant

Après

Cortical



Spongieux



Clichés d'électrons rétrodiffusés des biopsies de crête iliaque appariées chez un patient de sexe masculin

# Sommaire sur la parathormone

- La tériparatide (PTH 1-34) est associée à une diminution significative de la minéralisation de la matrice, de la cristallinité minérale et du ratio des pontages du collagène par rapport au placebo.
- La tériparatide déplace la courbe de minéralisation vers la gauche et augmente la largeur du pic.
- La tériparatide augmente l'hétérogénéité de la minéralisation et augmente la formation osseuse.
- L'association tériparatide + HT permet de préserver la microarchitecture de l'os et peut augmenter la densité de connectivité.
- La tériparatide augmente la solidité osseuse lorsqu'évaluée par la modélisation d'éléments finis.
- Il n'existe actuellement aucune donnée clinique publiée et examinée par des pairs sur l'impact de la tériparatide sur d'autres propriétés structurales et matérielles de l'os
- Il n'existe actuellement aucune donnée clinique publiée et examinée par des pairs sur l'impact de la PTH 1-84 sur la solidité osseuse (au-delà de la DMO et des MRO).

## Sommaire : Impacts des thérapies anti-fracturaires fréquemment utilisées sur les composantes de la solidité osseuse

- Les bisphosphonates, le raloxifène, l'hormonothérapie et le dénosumab augmentent le degré moyen de minéralisation osseuse, alors que la tériparatide le diminue.
- L'augmentation du degré moyen de minéralisation osseuse explique en grande partie l'augmentation de la DMO par DXA.
- Les bisphosphonates et le dénosumab augmentent l'uniformité de la minéralisation de la matrice osseuse, alors que la tériparatide augmente son hétérogénéité.