

## Biopathologies et explorations fonctionnelles

# Imagerie moléculaire et fonctionnelle du squelette



Dr. Renaud GUIGNARD

# OBJECTIFS

1. **COMPRENDRE** le principe de réalisation d'une scintigraphie osseuse
2. **EXPLIQUER** une scintigraphie osseuse
3. **PRESCRIRE** correctement un examen d'imagerie (moléculaire)
4. **DECIDER** de la meilleure stratégie diagnostique à adopter (*avantages/inconvénients de la scintigraphie osseuse*)

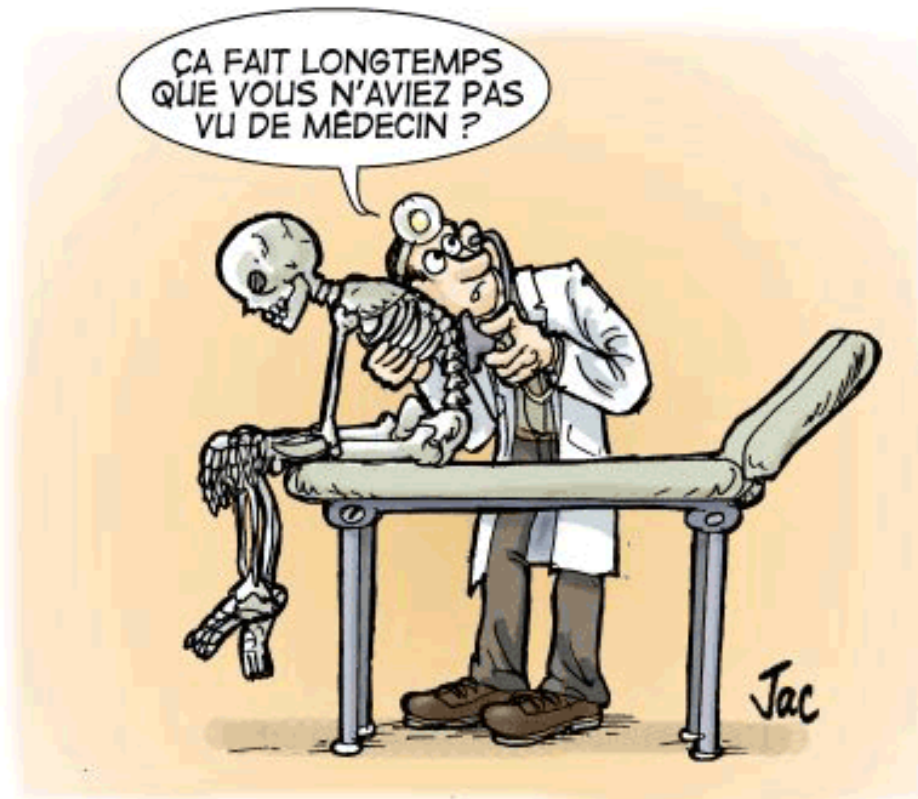
Installé dans votre cabinet de médecine omnipraticienne de ville, vous voyez en consultation une patiente de 55 ans, à sa sortie du CRLCC le plus proche où elle a été prise en charge pour un carcinome canalaire invasif du sein.

Dans son courrier d'hospitalisation, il est mentionné la réalisation d'une scintigraphie osseuse, pour lequel le médecin nucléaire indique une ***absence de foyer hyperfixant suspect sur le balayage corps entier réalisé au temps tardif.***

**Qu'est-ce que cela signifie?**

# C'est QUOI?

La Médecine  
Nucléaire  
POUR  
LES NULS



## 1. COMPRENDRE le principe de réalisation d'une scintigraphie osseuse

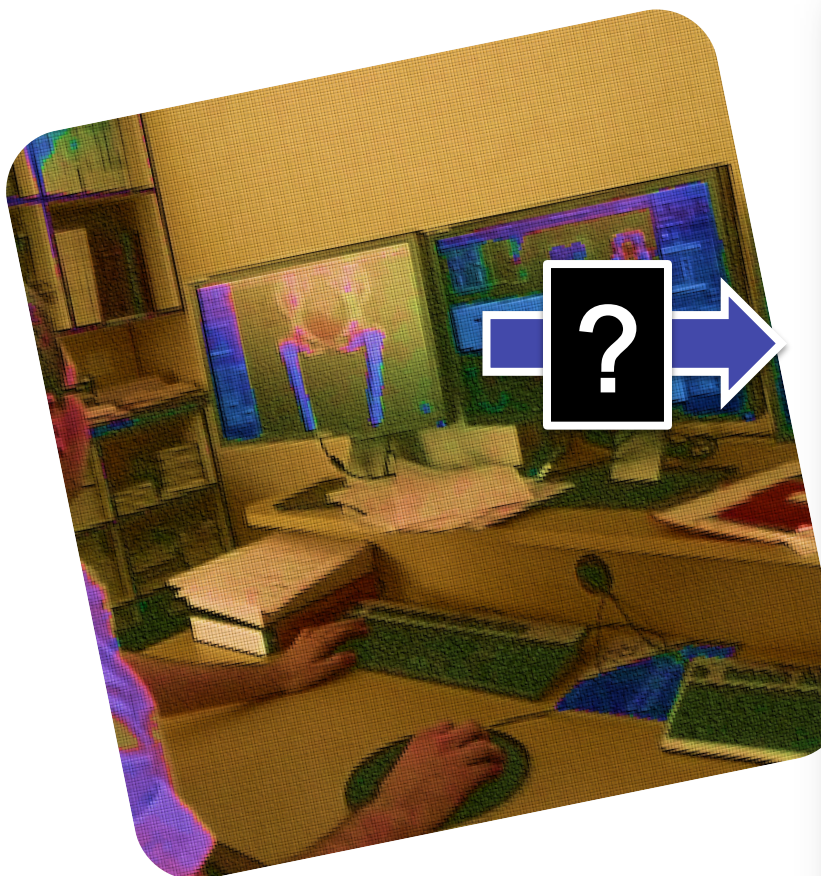
# BALAYAGE CORPS ENTIER ?



# BALAYAGE CORPS ENTIER



# De l'image au patient **QUE VOIT-ON REELLEMENT?**



# QUELS SONT LES INTERVENANTS?

PATIENT

SECRETAIRE

- Gestion du malade (RDV, accueil, CR...)

MANIPULATEUR

- Réalise l'acte technique (préparation, injection, acquisition)

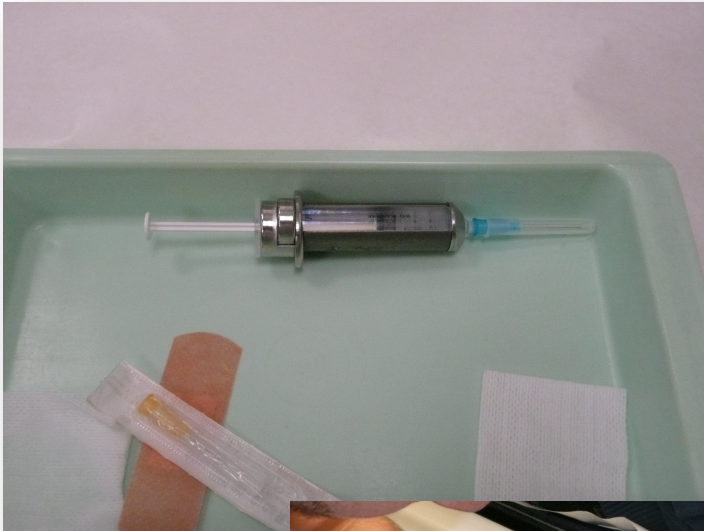
RADIOPHARMACIEN – RADIOPHYSICIEN

- Assurance Qualité, radioprotection (patient et personnel)

MEDECIN NUCLEAIRE

- Supervision, interprétation

# Administration du radiopharmaceutique



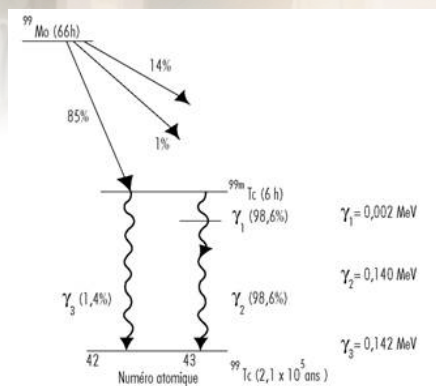
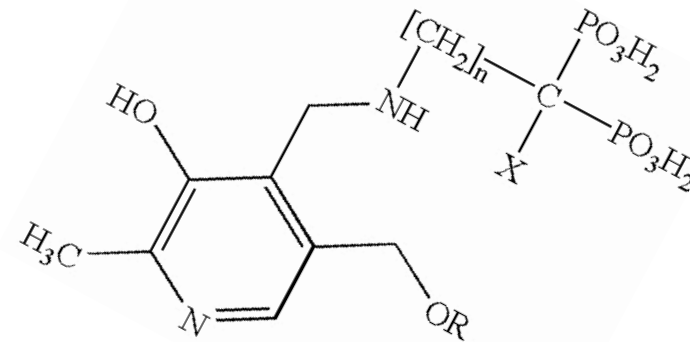
**CECI N'EST PAS DE L'IODE !**

# Qu'est ce qu'un radiopharmaceutique?

## MARQUEUR



## VECTEUR



$^{99m}\text{Tc-HDP}$

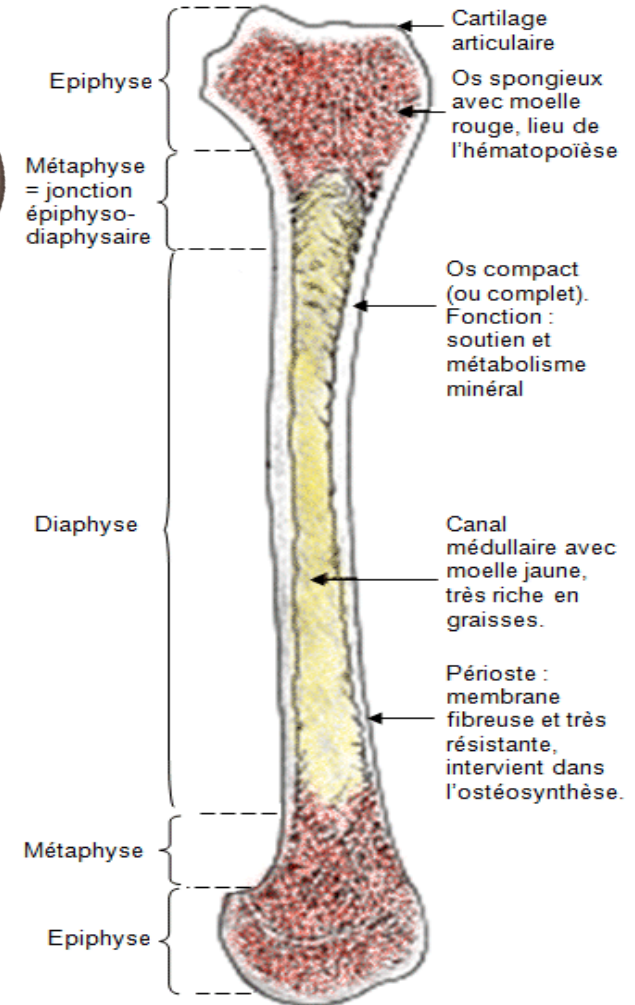
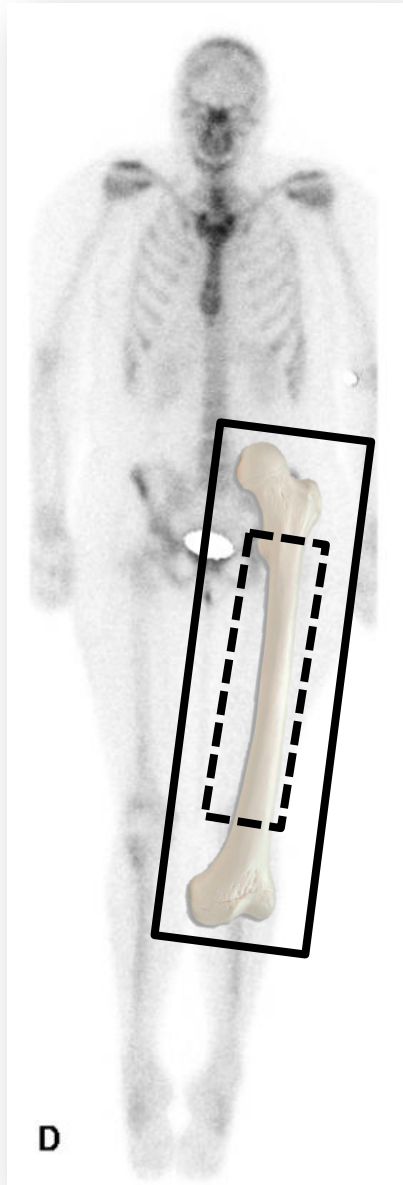
$T_{1/2} = 6 \text{ H}$

$\gamma = 140 \text{ keV}$

# Préparation d'un radiopharmaceutique: Le laboratoire chaud

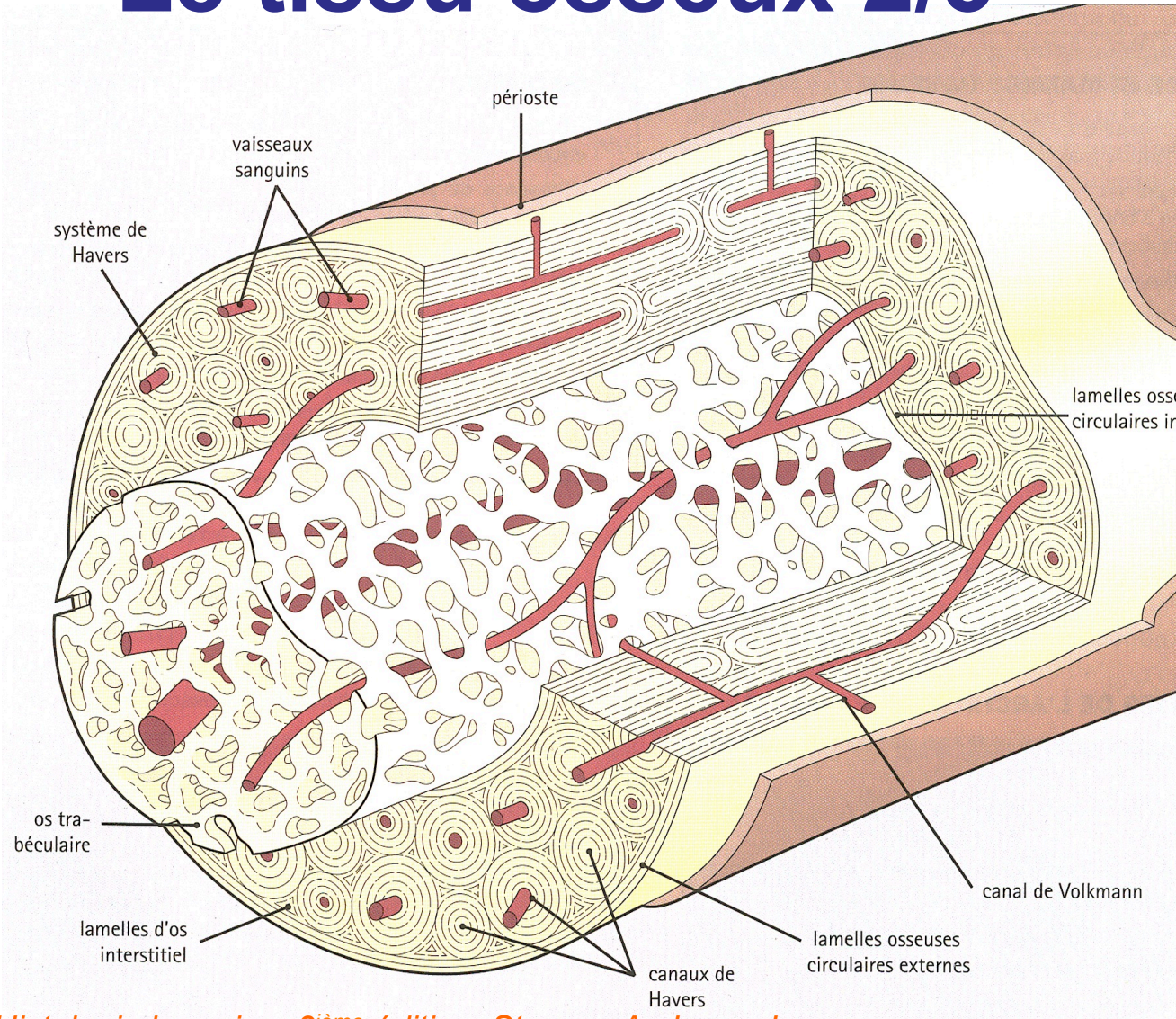


# Le tissu osseux 1/3



# Le tissu osseux 2/3

Représentation schématisée  
de la diaphyse d'un os long



*Histologie humaine, 3<sup>ème</sup> édition, Stevens A., Lowe J.*

# Le tissu osseux 3/3

	CORTICALE	TRABECULAIRE
Caractéristiques du tissu osseux	<b>COMPACT</b> Dense, Solide	<b>SPONGIEUX</b> Léger
Organisation	Régulière, orientée Systèmes de Havers (canaux + lamelles d'os concentriques + ostéocytes)	Aléatoire, irrégulière Travées enchevêtrées
Limites	Lamelles osseuses circulaires internes et externes	Corticale
Fonction	Protège la cavité médullaire	Contient la moelle hématopoïétique
Composition Métabolisme	<b>IDENTIQUE</b>	

# Le remodelage ostéoblastique

Agression  
du tissu osseux

**HYPERVASCULARISATION**

Fabrication de la  
composante organique  
de la matrice OSTEOÏDE

- = 90% de collagène type I

Stimulation

des progéniteurs osseux

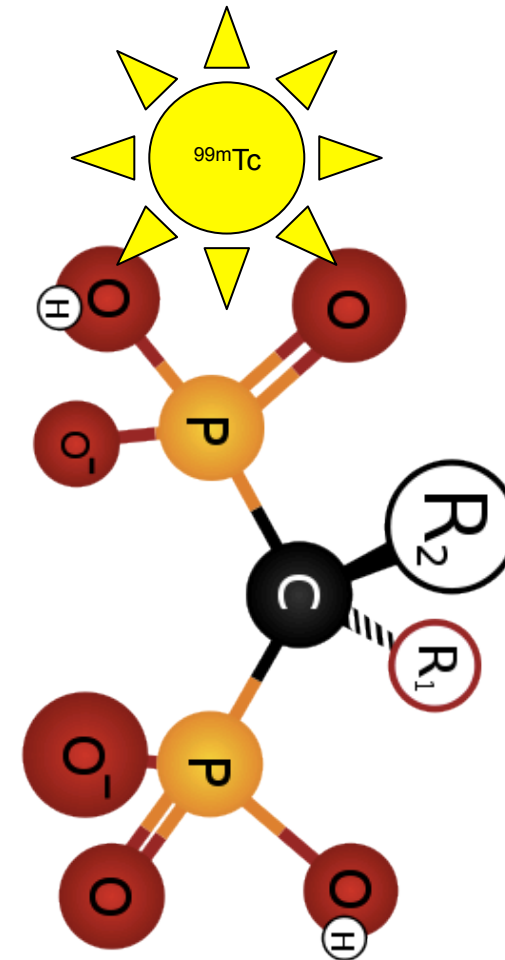
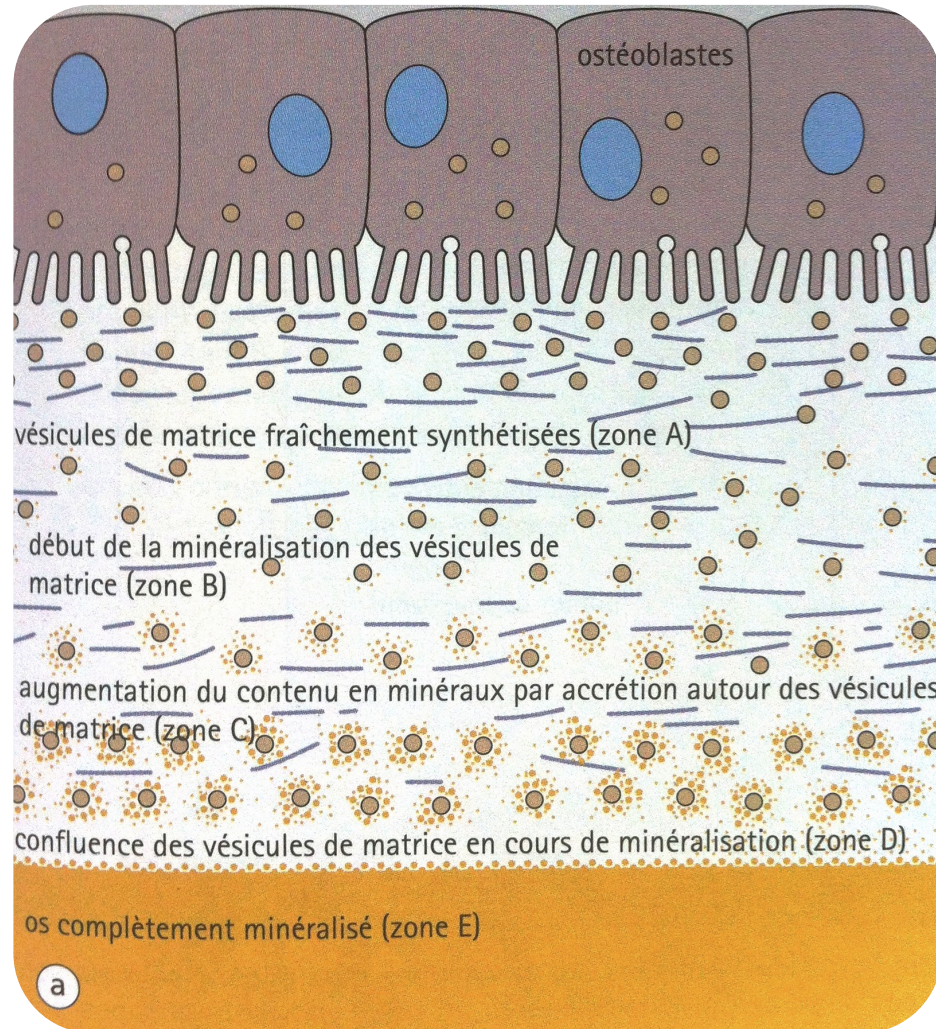
- Dédifférenciation en ostéoblastes actifs

Minéralisation de la  
matrice osseuse

- Cristaux d'hydroxyapatite  
(hydroxyde P et de Ca)

**CROISSANCE  
OSSEUSE**

# Tissu osseux et $^{99m}\text{Tc}$ -HDP

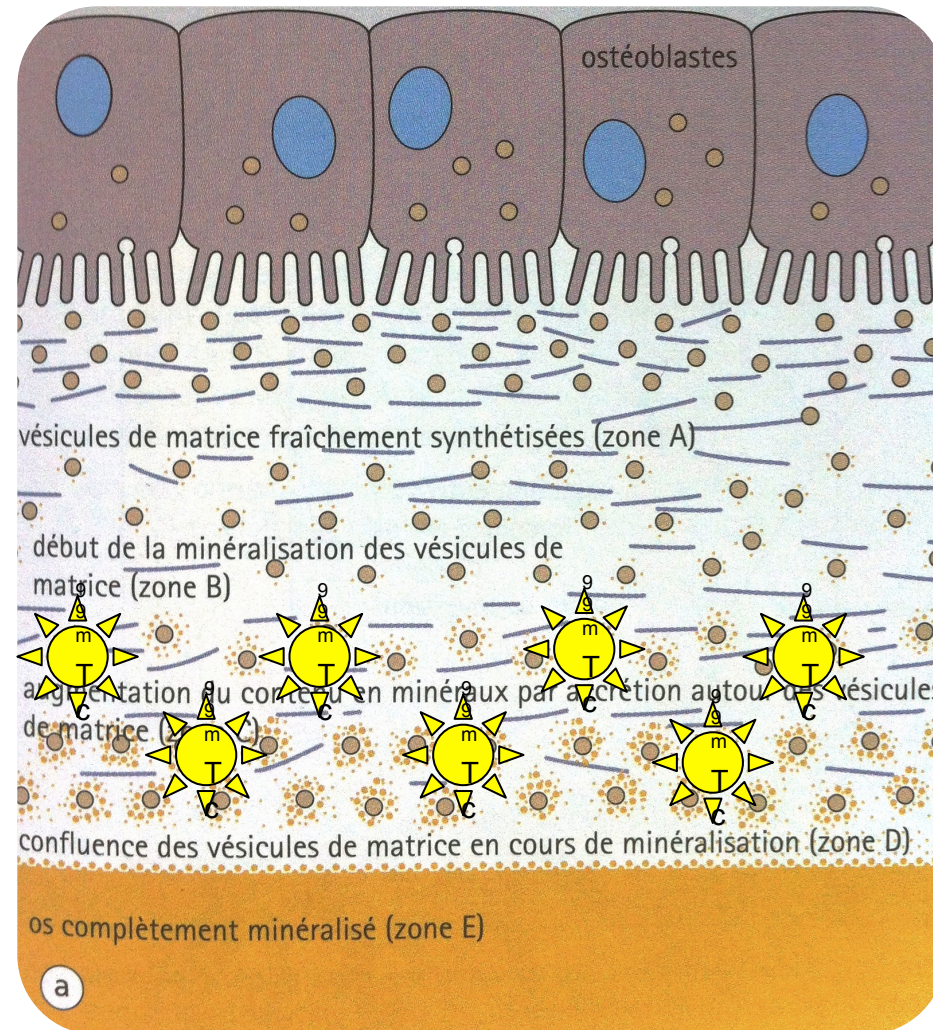


*Histologie humaine, 3<sup>ème</sup> édition, Stevens A., Lowe J.*

# Tissu osseux et $^{99m}\text{Tc}$ -HDP

## 2H post-injection

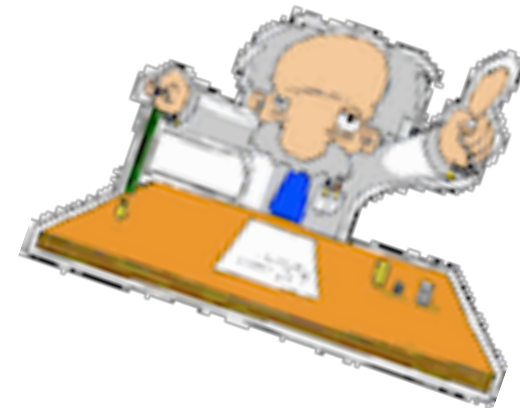
1. Os  $\approx$  50%
2. Urine  $\approx$  35%
3. Sang  $\approx$  3%



*Histologie humaine, 3<sup>ème</sup> édition, Stevens A., Lowe J.*

# SYNTHESE (*mots-clés*)

- Vecteur (=traceur): biphosphonates (*HDP*)
- Marqueur:  $^{99m}\text{Tc}$  (*pic photoélectrique  $\gamma = 140 \text{ keV}$ ,  $T_{1/2} = 6 \text{ heures}$* )
- Site de fixation:  $\text{Ca}_{10}(\text{OH})_2(\text{PO}_4)_6$  (*formation*)
- Topographie: corticale et trabéculaire
- Facteurs influençant la fixation:
  1. Vascularisation
  2. Perméabilité capillaire
  3. Intensité de l'activité ostéoblastique



# COMMENT?

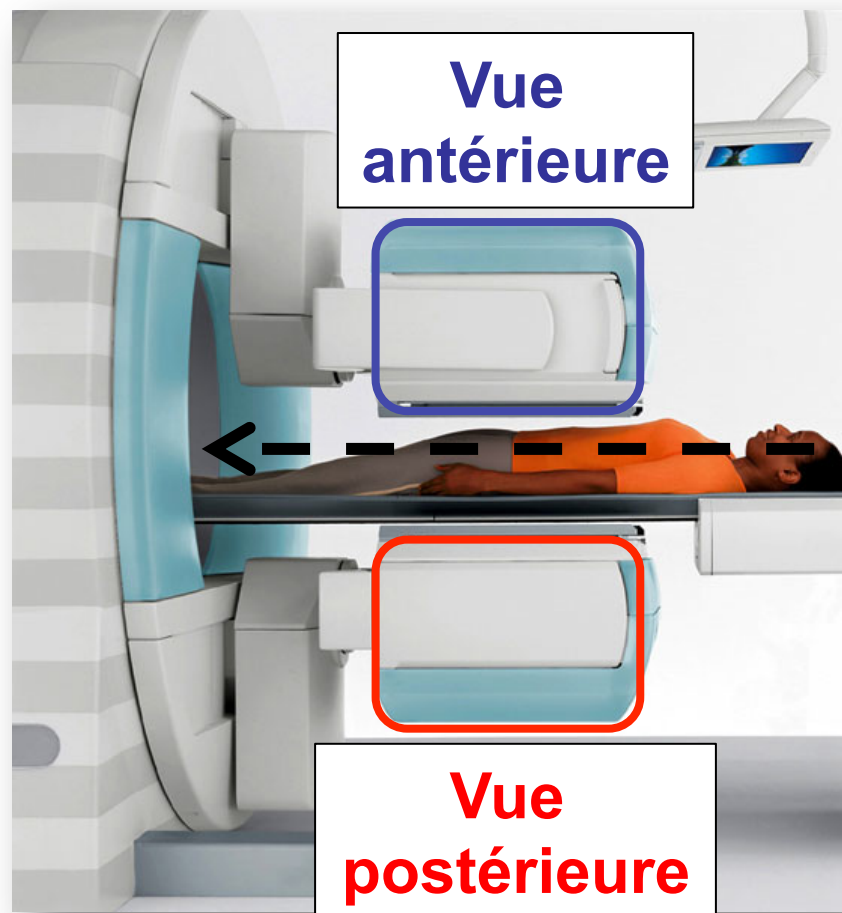


## 2. EXPLIQUER une scintigraphie osseuse

# En attendant la fixation...



# ACQUISITION CORPS ENTIER (balayage)



# ACQUISITIONS PLANAIRES

## Le balayage corps entier



# DIFFERENTS TYPES D'ACQUISITION

## TEMPS

- ✓ Vasculaire (*post-injection immédiat*)
- ✓ Tissulaire (*précoce; 5 min post-injection*)
- ✓ Osseux (*tardif*)

## PROTOCOLE

- ✓ Statique (=séquentiel) ≠ dynamique (=continu)
- ✓ Balayage
- ✓ Tomoscintigraphie (= SPECT = TEMP)
- ✓ Hybride si couplée au scanner: TEMP/TDM ou SPECT-CT



***Pour  
QUOI?***

### 3. PRESCRIRE correctement un examen d'imagerie (moléculaire)

# Motif de l'examen: douleur de hanche?



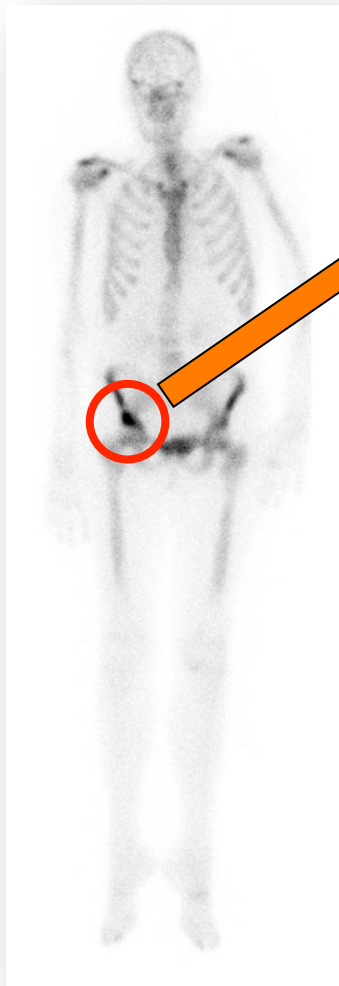
Patient n°1

- **Côté de la douleur**
- Type de douleurs
  - *Mécanique*
  - *Inflammatoire*
- Contexte / Facteurs déclenchants
- Antécédents
  - *Oncologiques*
  - *Traumatologiques*
  - *Familiaux*
- Traitements
- ...

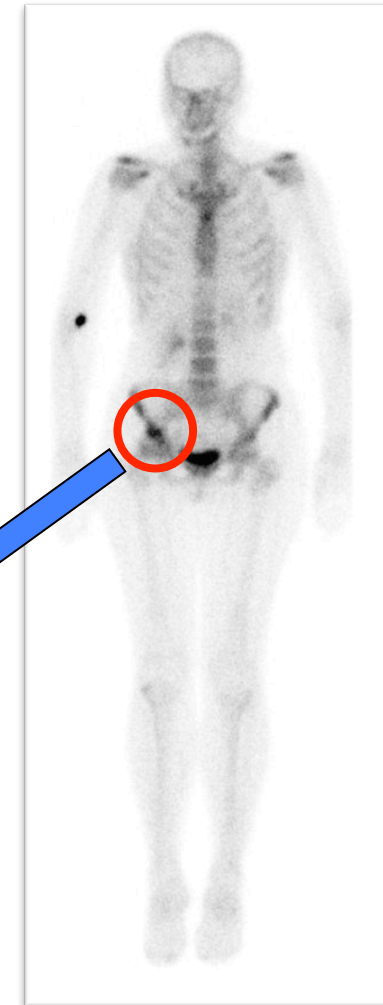
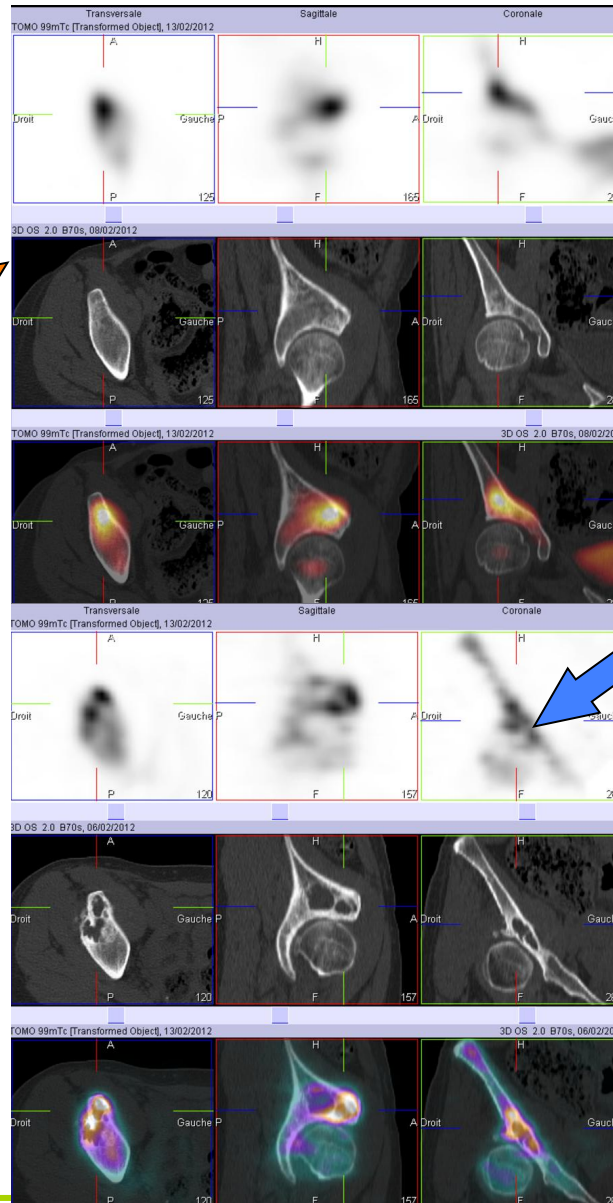


Patient n°2

# Motif de l'examen: douleur de hanche?

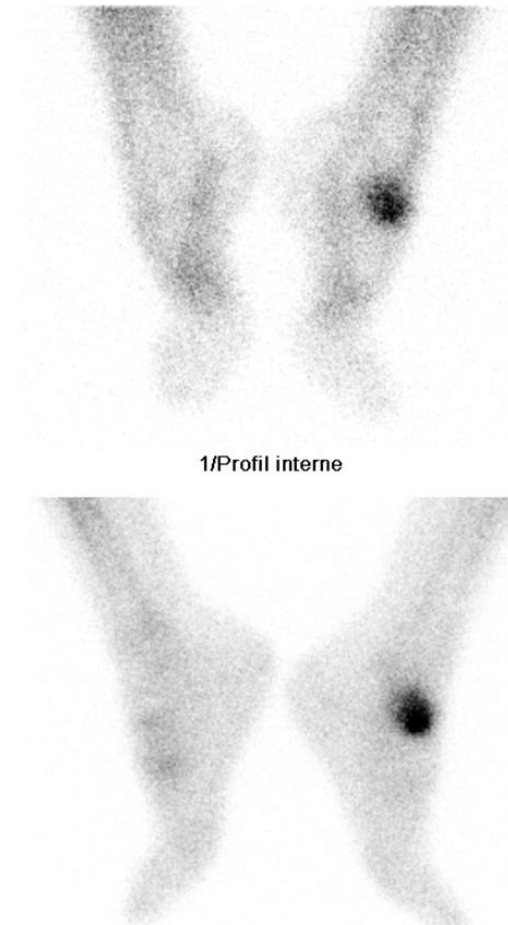


Coxarthrose

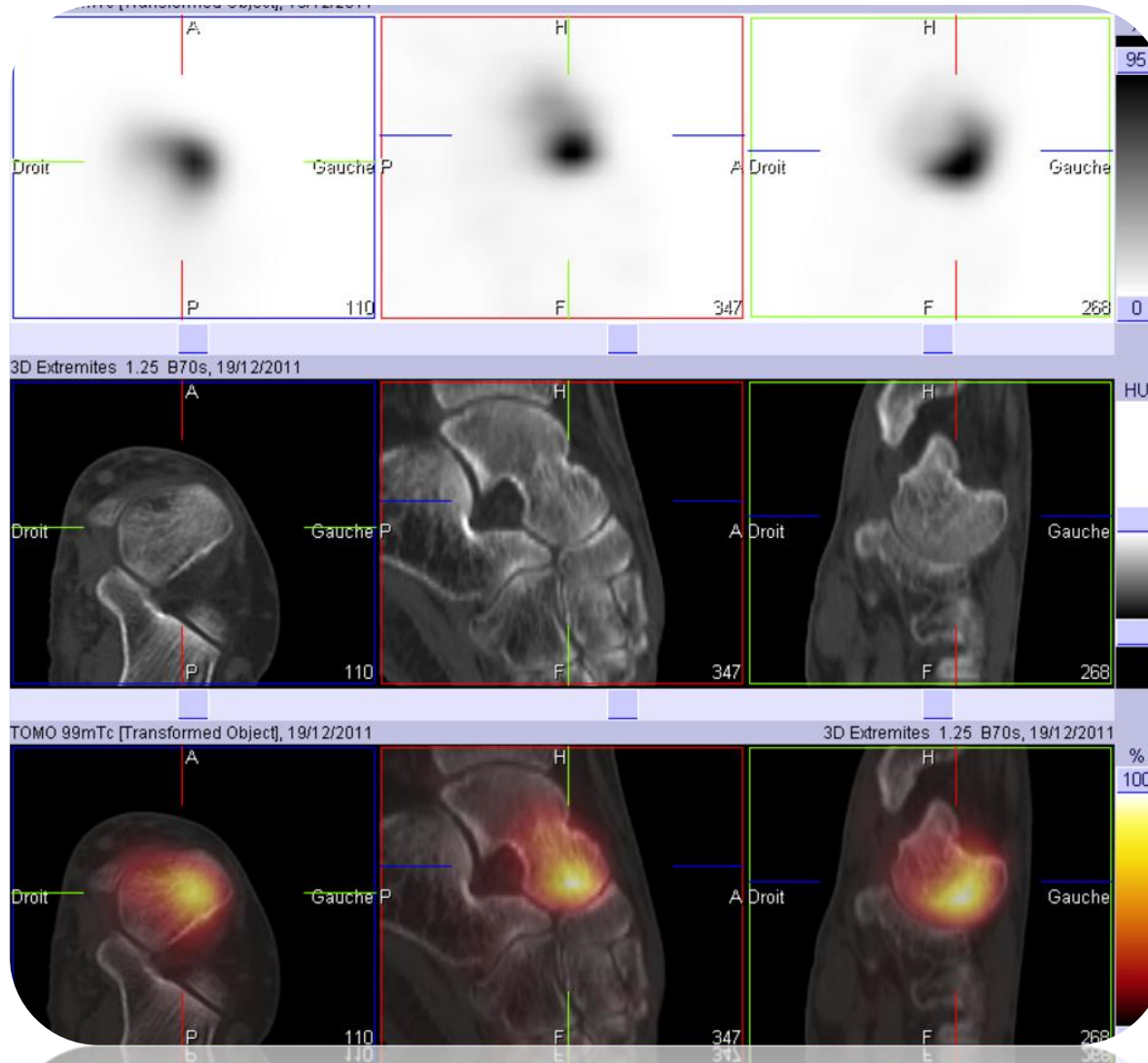


Lyse du cotyle

# Motif de l'examen: douleur du pied?



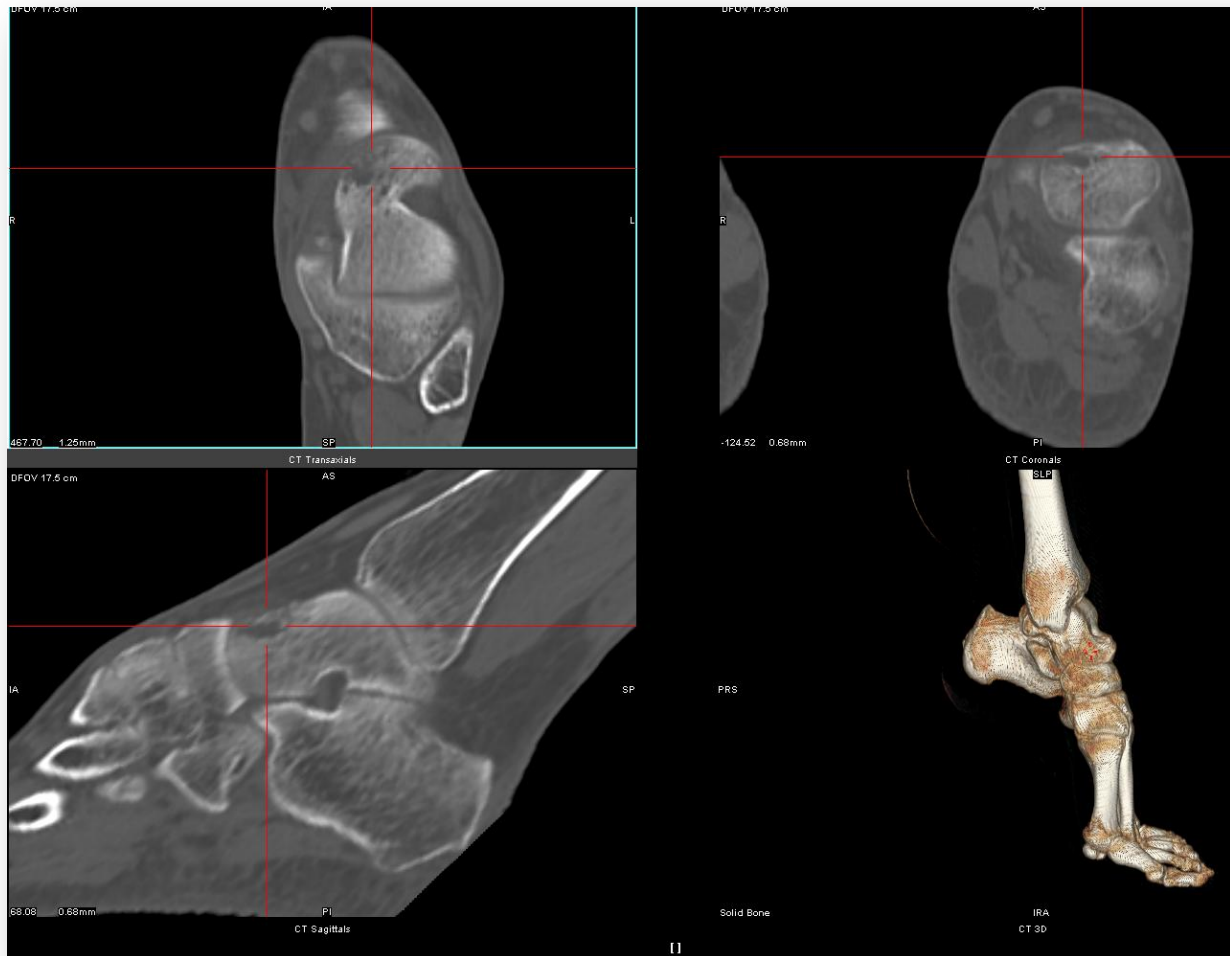
# Motif de l'examen: douleur du pied?



Ostéonécrose  
aseptique du  
talus gauche

*SPECT-CT*

# Motif de l'examen: douleur du pied?

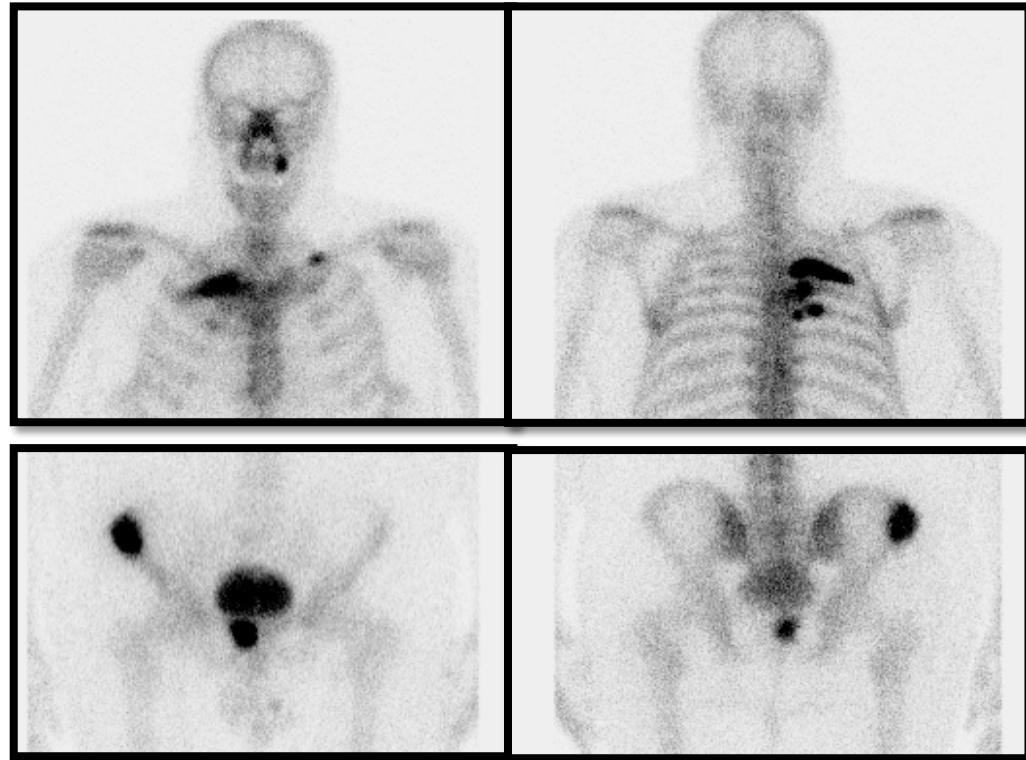
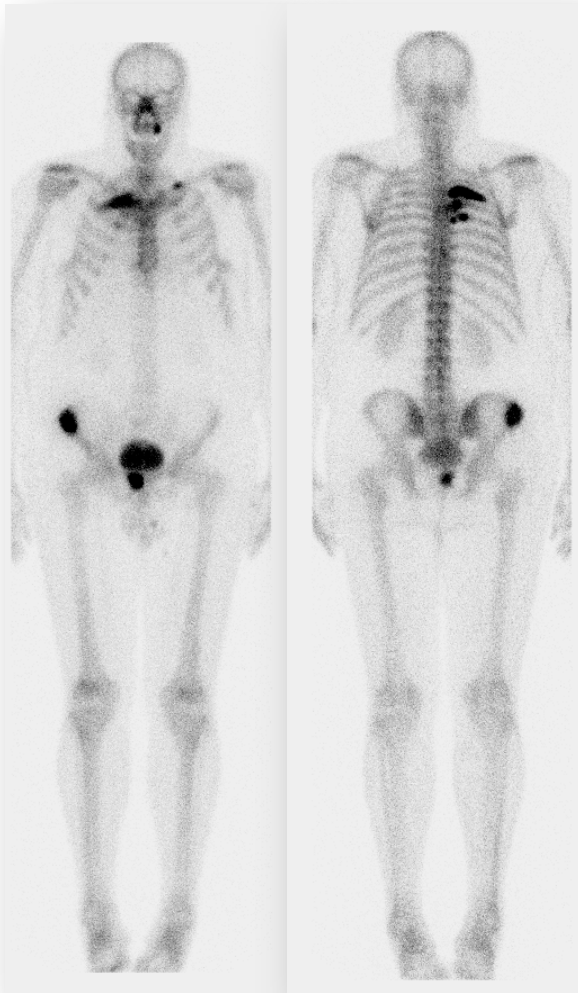


Ostéonécrose  
aseptique du  
talus gauche

CT

# ONCOLOGIE

## Métastases osseuses: staging / restaging / suivi

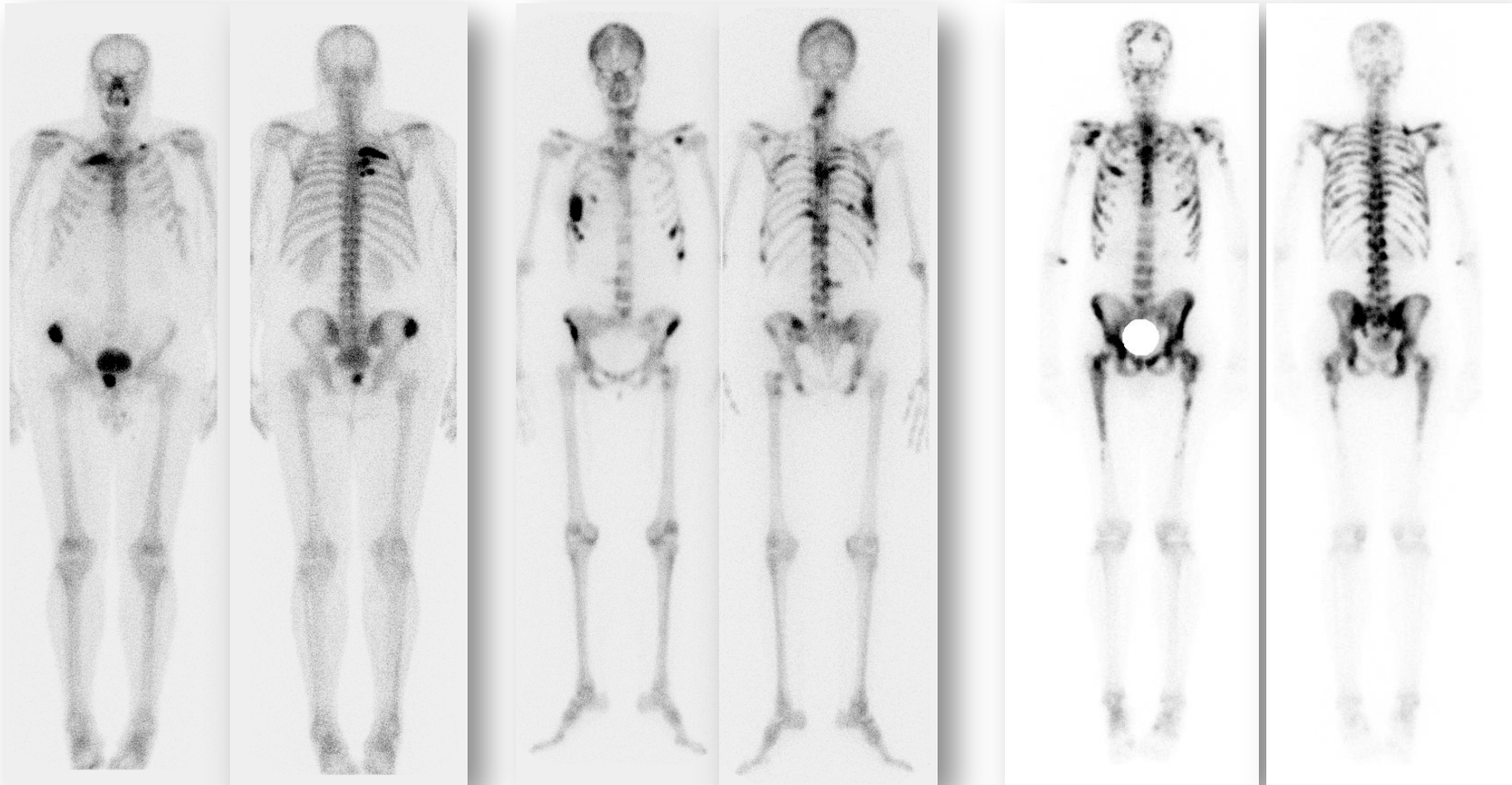


**Sensibilité: 95%**

**Taux de faux négatifs: 2-5%**

# ONCOLOGIE

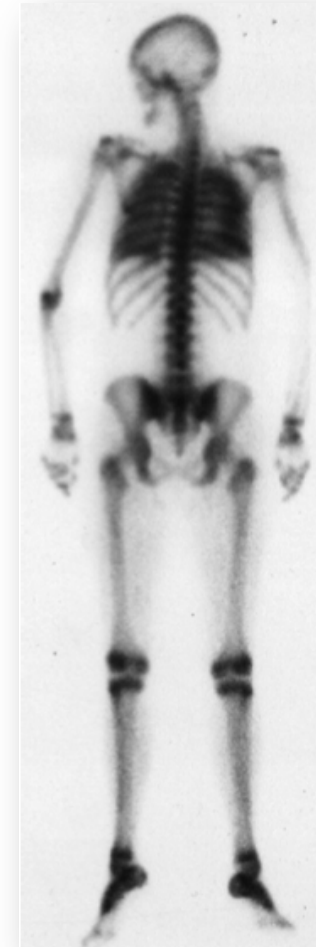
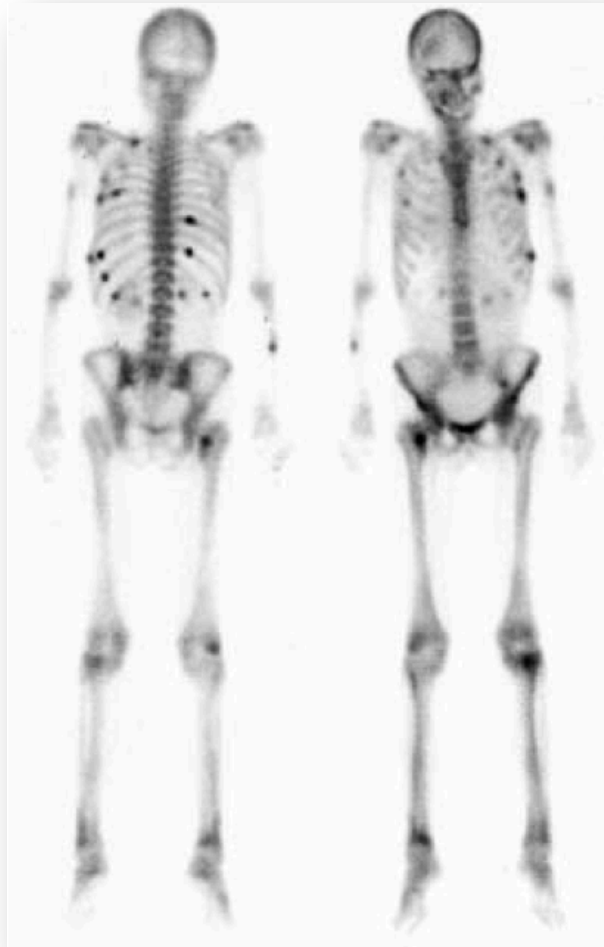
## Métastases osseuses: variantes



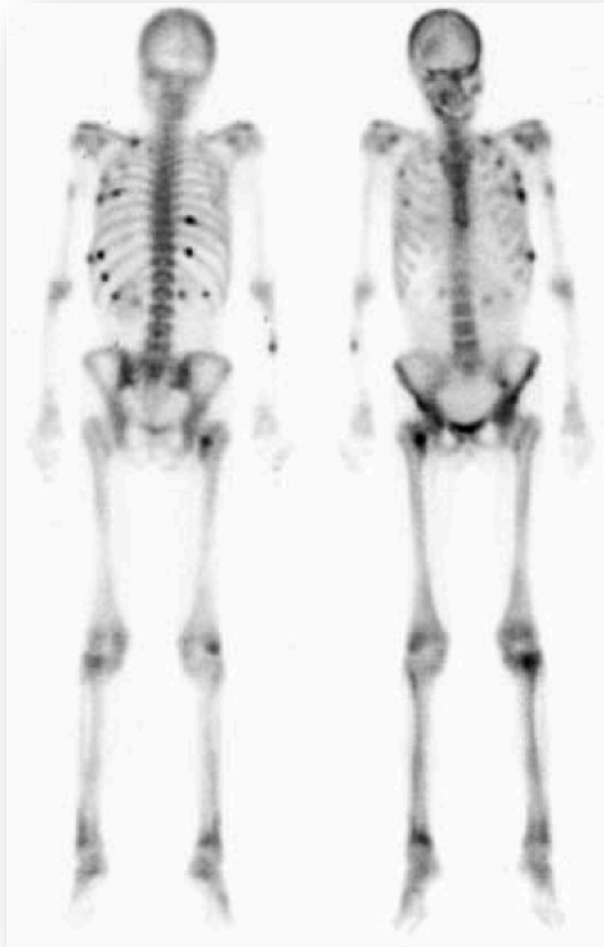
**Atteinte uni-ostotique  $\approx$  1 patient sur 10**

**SUPER BONE SCAN**

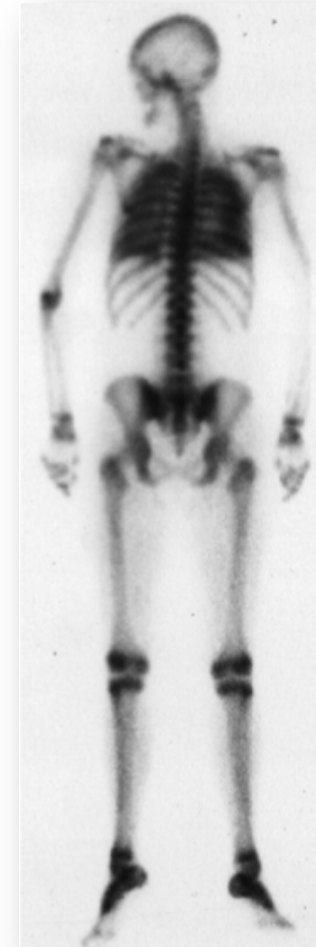
# ONCOLOGIE?



# ~~ONCOLOGIE~~ ENDOCRINOLOGIE



Pseudo-fractures  
**OSTEOMALACIE**



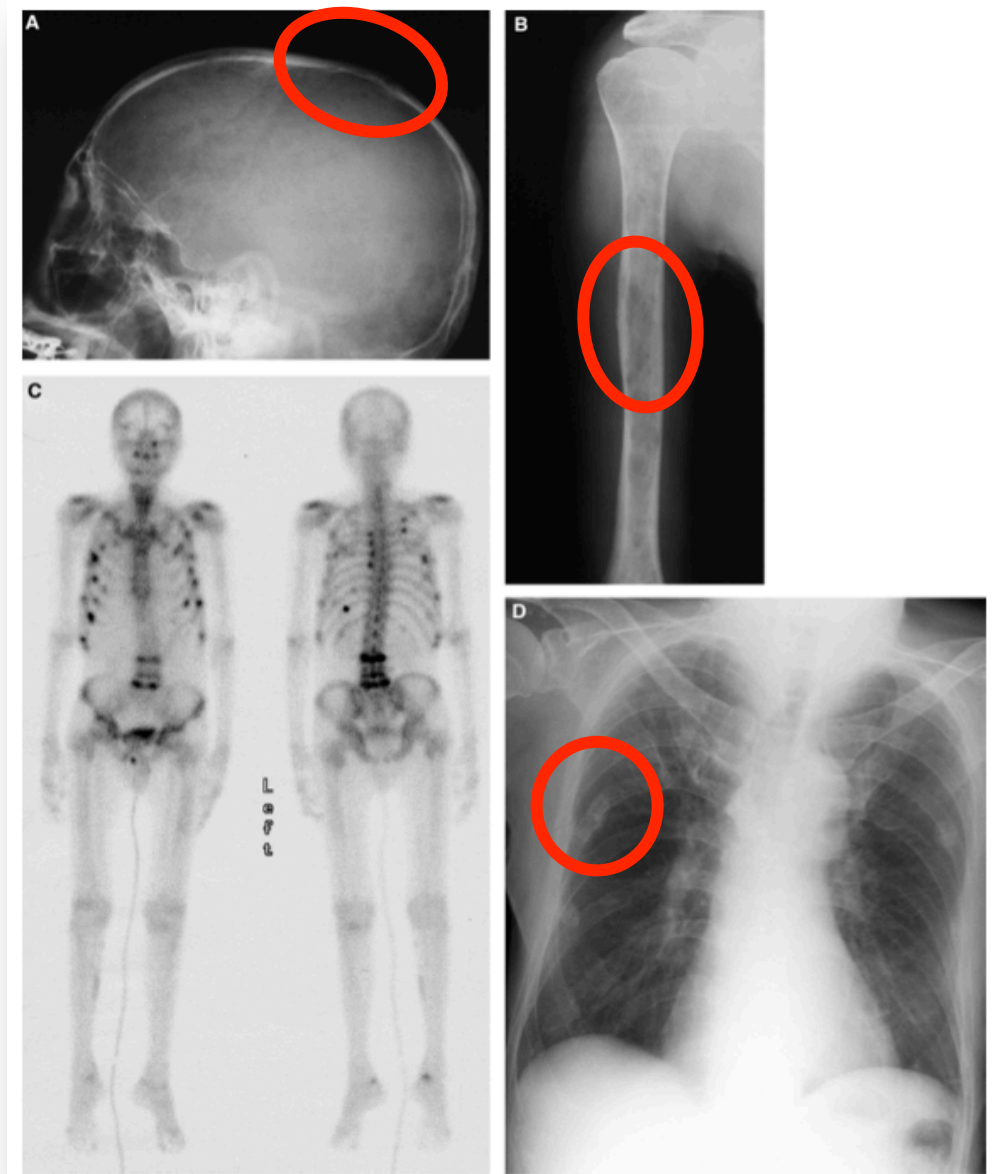
Super bone scan « métabolique »  
**HYPERPARATHYROIDIE**

# ONCOLOGIE

## Myélome multiple:

# Une mauvaise indication

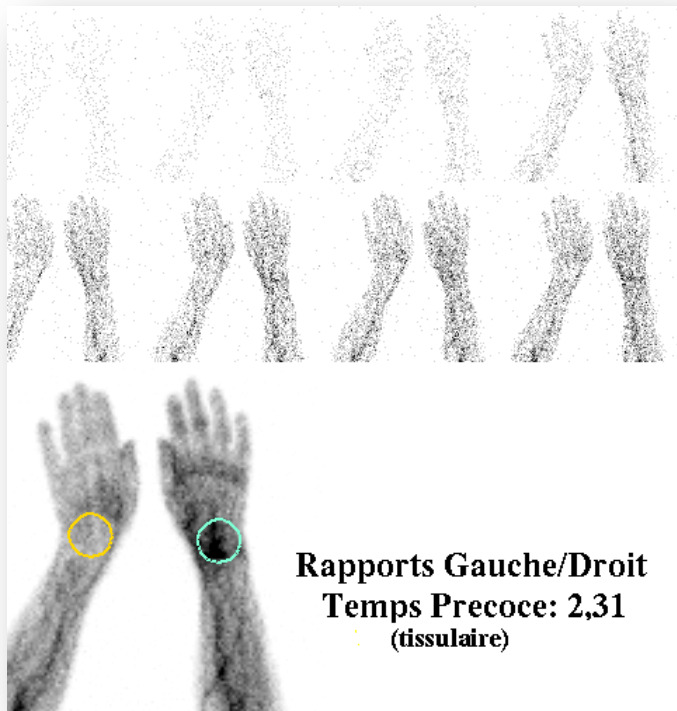
- Sensibilité  $\approx 50\%$
- *1/10 lésion détectée*



# RHUMATOLOGIE

## Syndrome douloureux régional complexe type I

### ALGONEURODYSTROPHIE

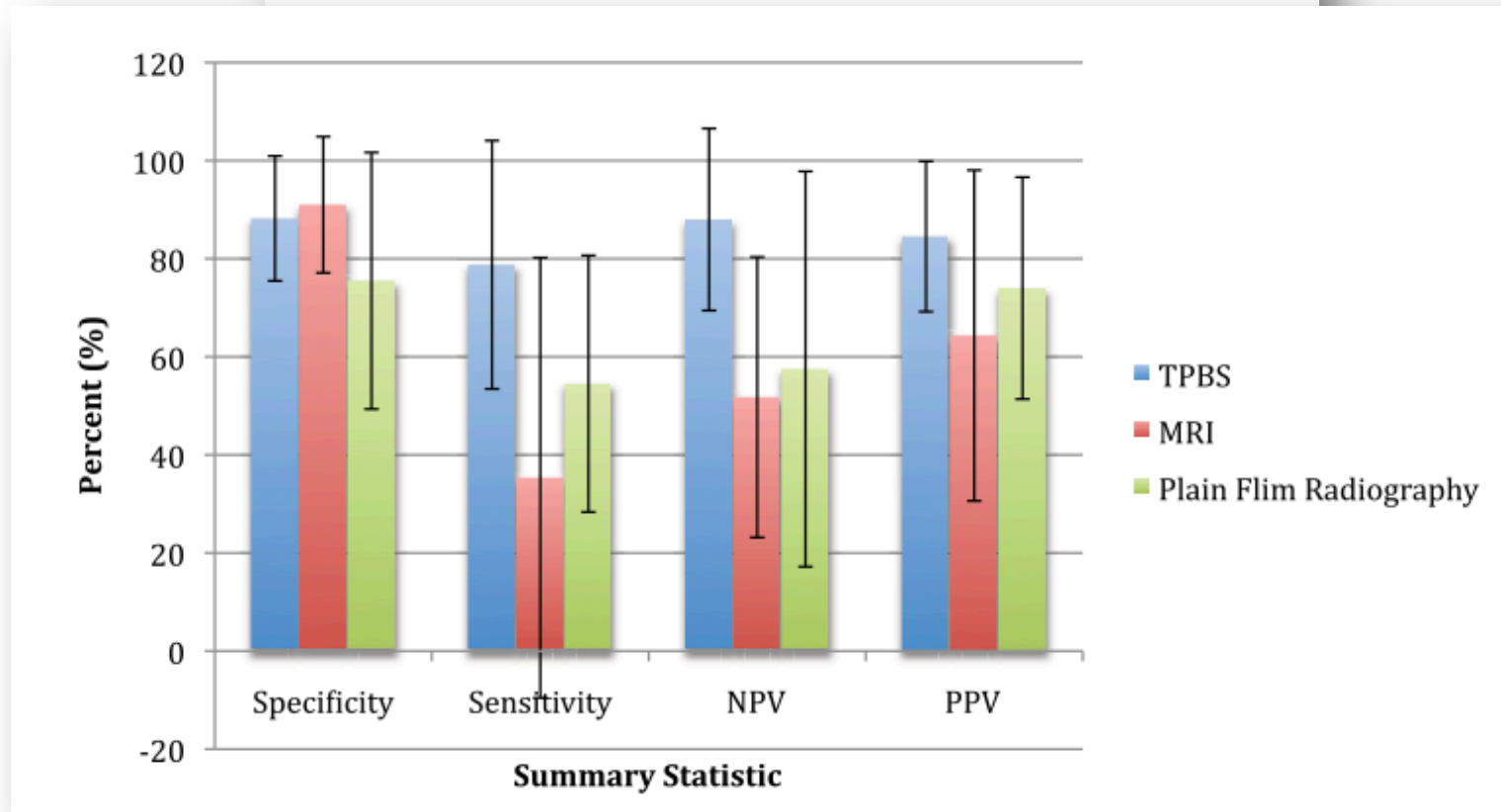


VPP > 67%  
VPN > 61%  
Se > 60%  
Sp > 92%

### STADES

1. Hyperémique (phase aiguë) (Se=25%)
2. Dystrophique (ischémique) (Se=85%)
3. Atrophique (Se=100%)

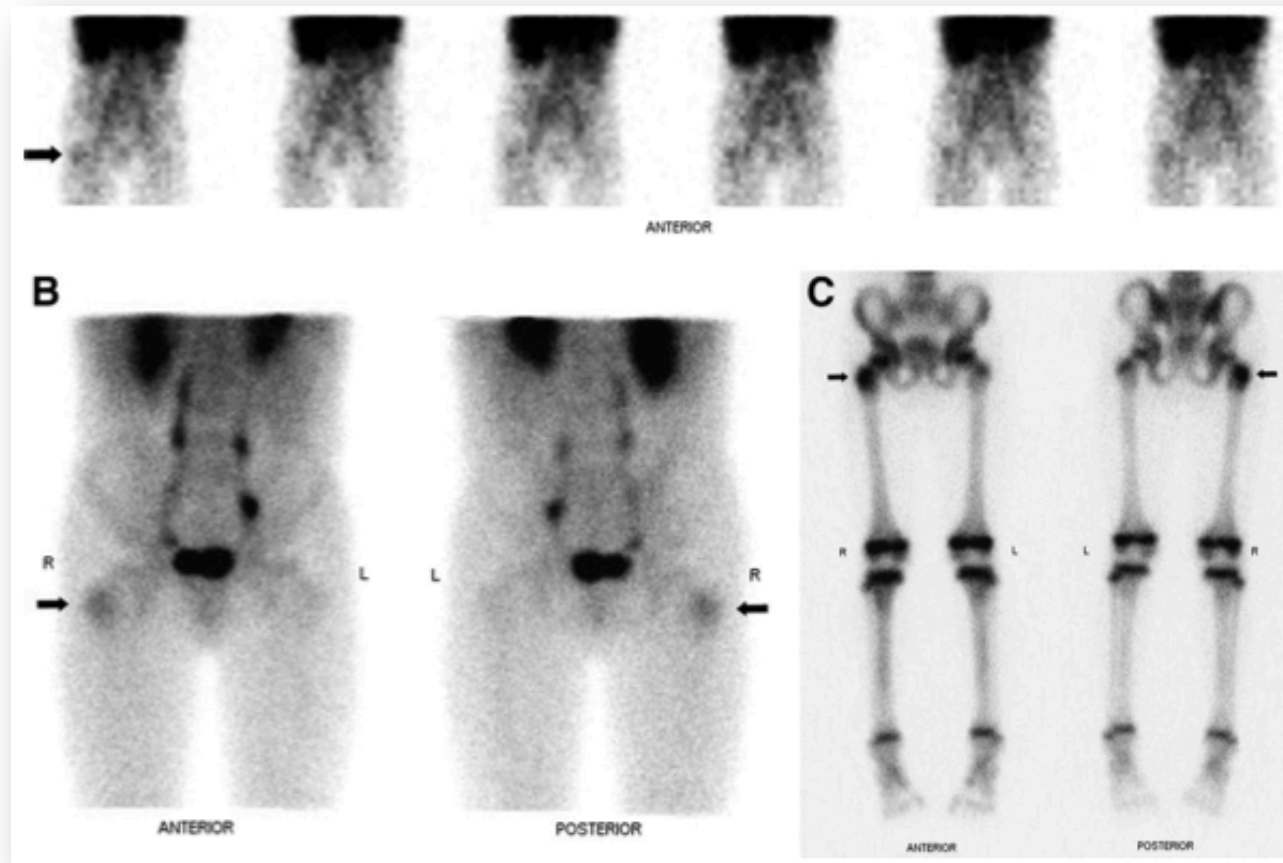
## Meta-Analysis of the Imaging Techniques for the Diagnosis of Complex Regional Pain Syndrome Type I



**Conclusions** The findings of this meta-analysis support the use of triple-phase bone scan in ruling out CRPS type I, owing to its greater sensitivity and higher negative predictive value than both magnetic resonance imaging and plain film radiography. (*J Hand Surg 2011;xx.* Copyright © 2011 by the American Society for Surgery of the Hand. All rights reserved.)

# RHUMATOLOGIE

## Ostéomyélite (de l'enfant)



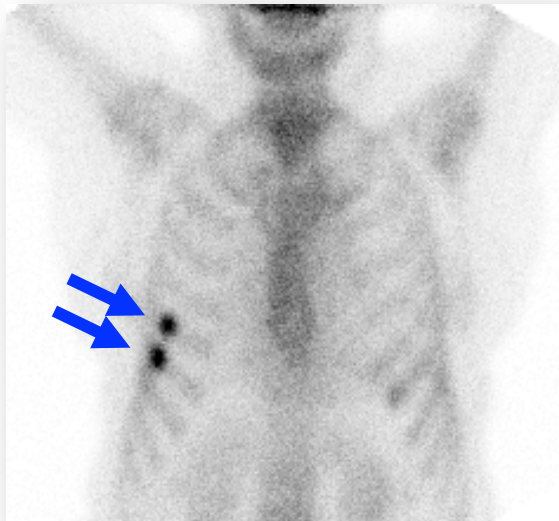
Dissémination hémotogène = 20% des cas

**Risque d'atteinte multifocale (enfant < 2 ans): intérêt de l'examen corps entier**

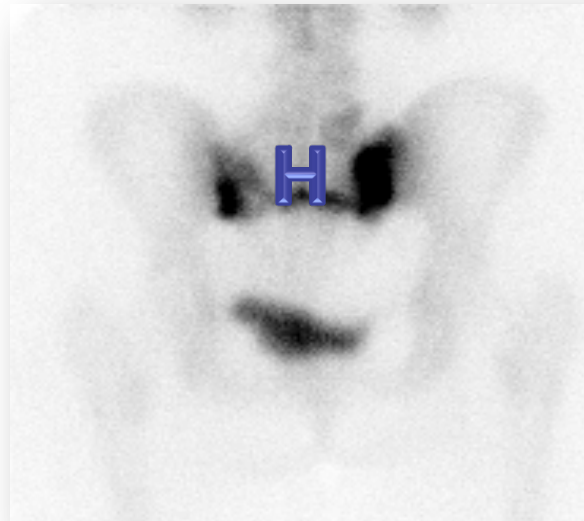
*Diagnostic différentiel: fractures occultes, fracture spiroïde accidentelle du tibia (Toddler)*

# TRAUMATOLOGIE

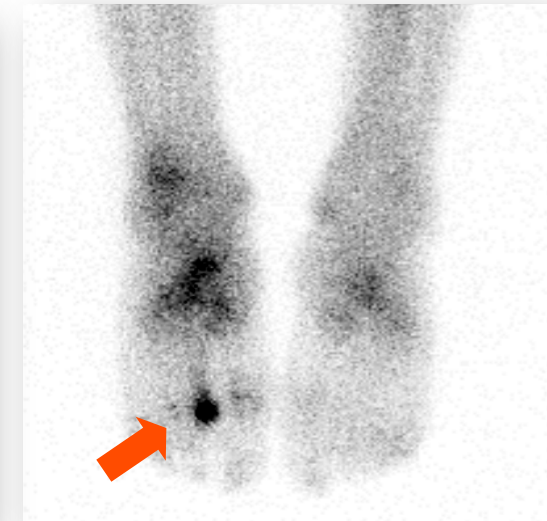
## Pathologies fracturaires (occultes)



Fractures de  
côtes



Fracture du  
sacrum (H)

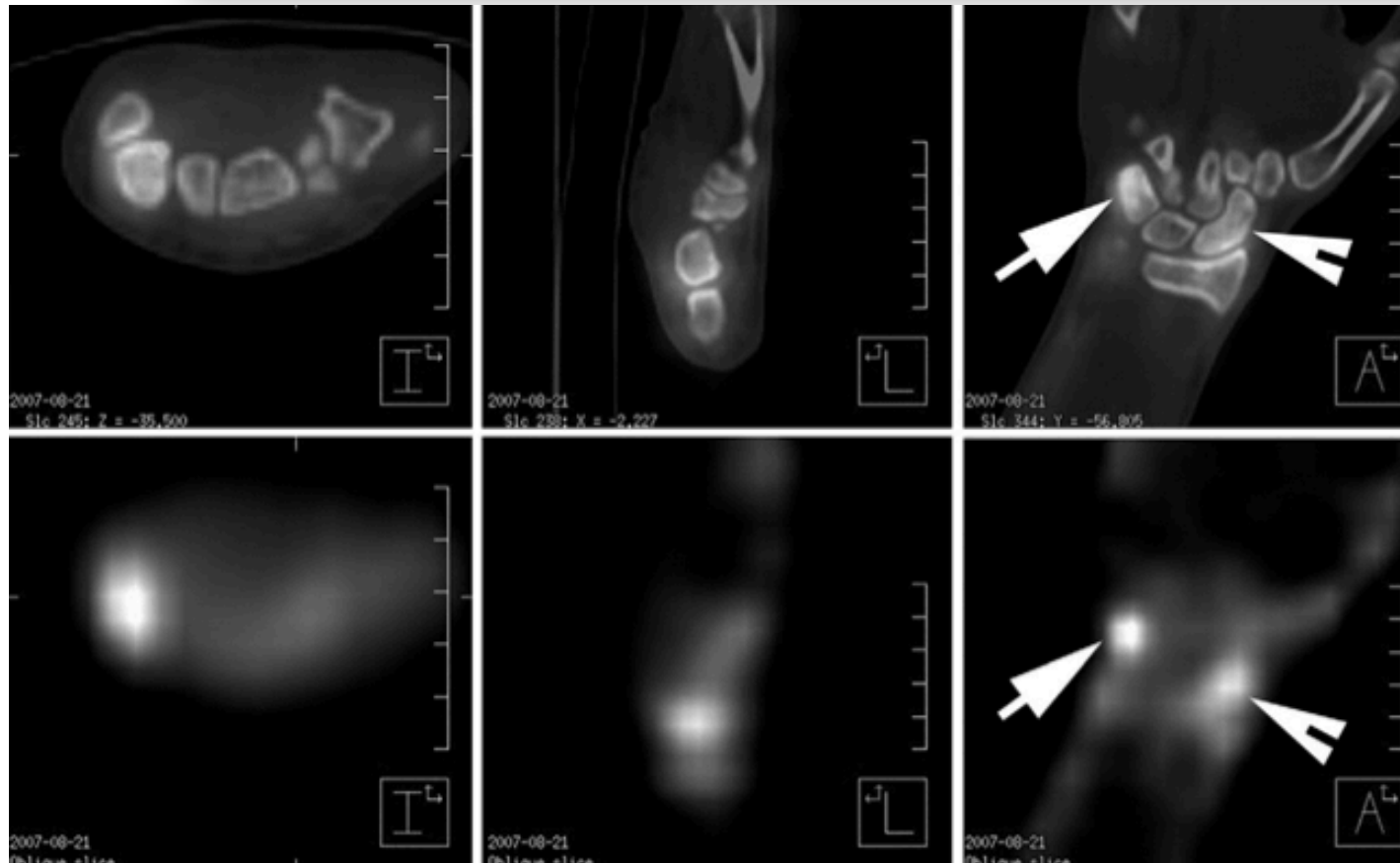


Fracture de  
contrainte

- 95% des fractures détectées dans les 72 heures suivant le traumatisme
- **Scintigraphie positive 6 mois après le traumatisme initial**

# TRAUMATOLOGIE (du sport)

## Radionuclide Bone Scintigraphy in Sports Injuries



**Fracture  
scaphoïde  
et  
triquetrum**

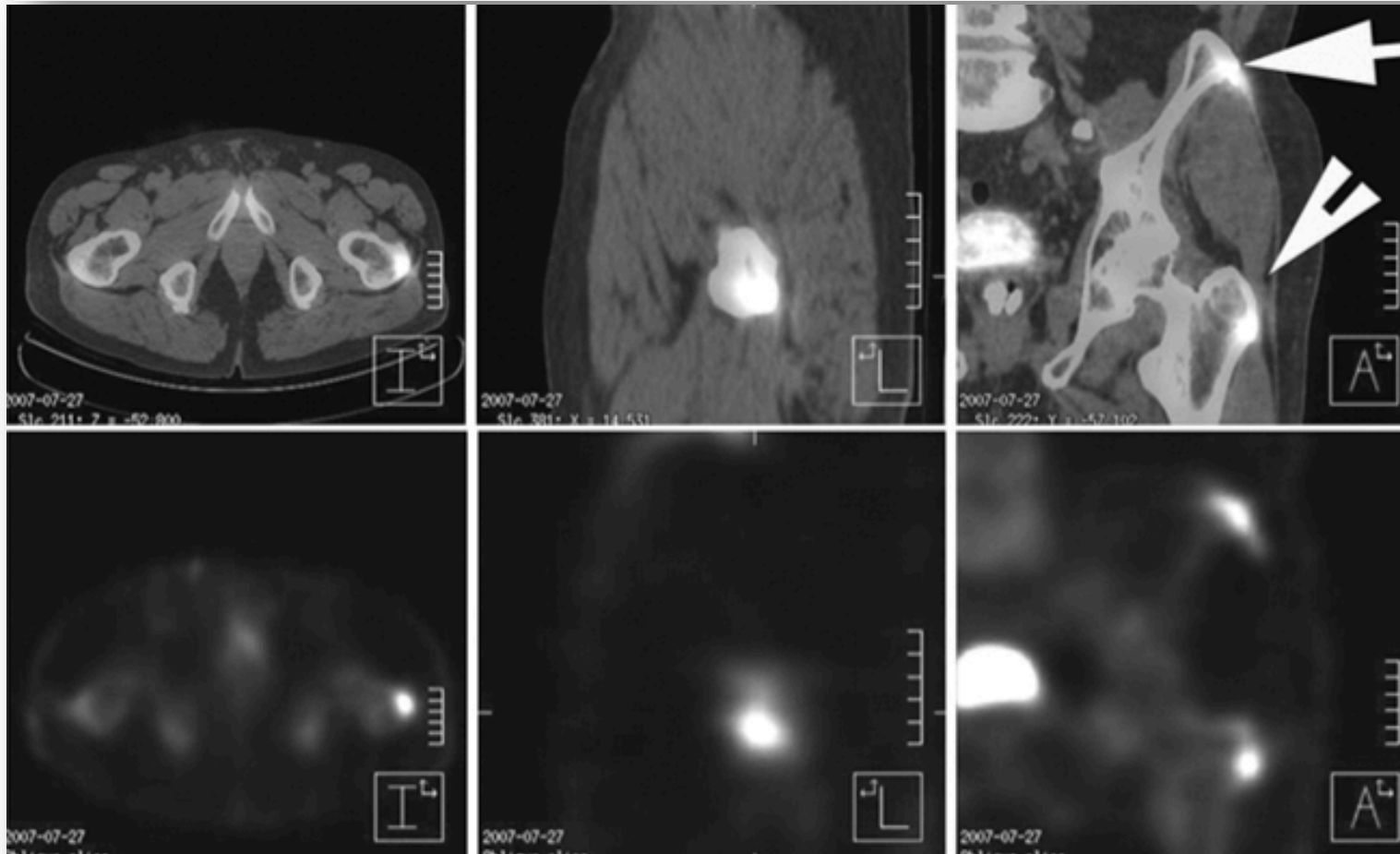
*Chute sur un  
terrain de baseball*

**Intérêt croissant du SPECT-CT (TEMP-TDM)  
en traumatologie du sport**

*Semin Nucl Med 40:16-30 © 2010*

# TRAUMATOLOGIE (du sport)

## Radionuclide Bone Scintigraphy in Sports Injuries

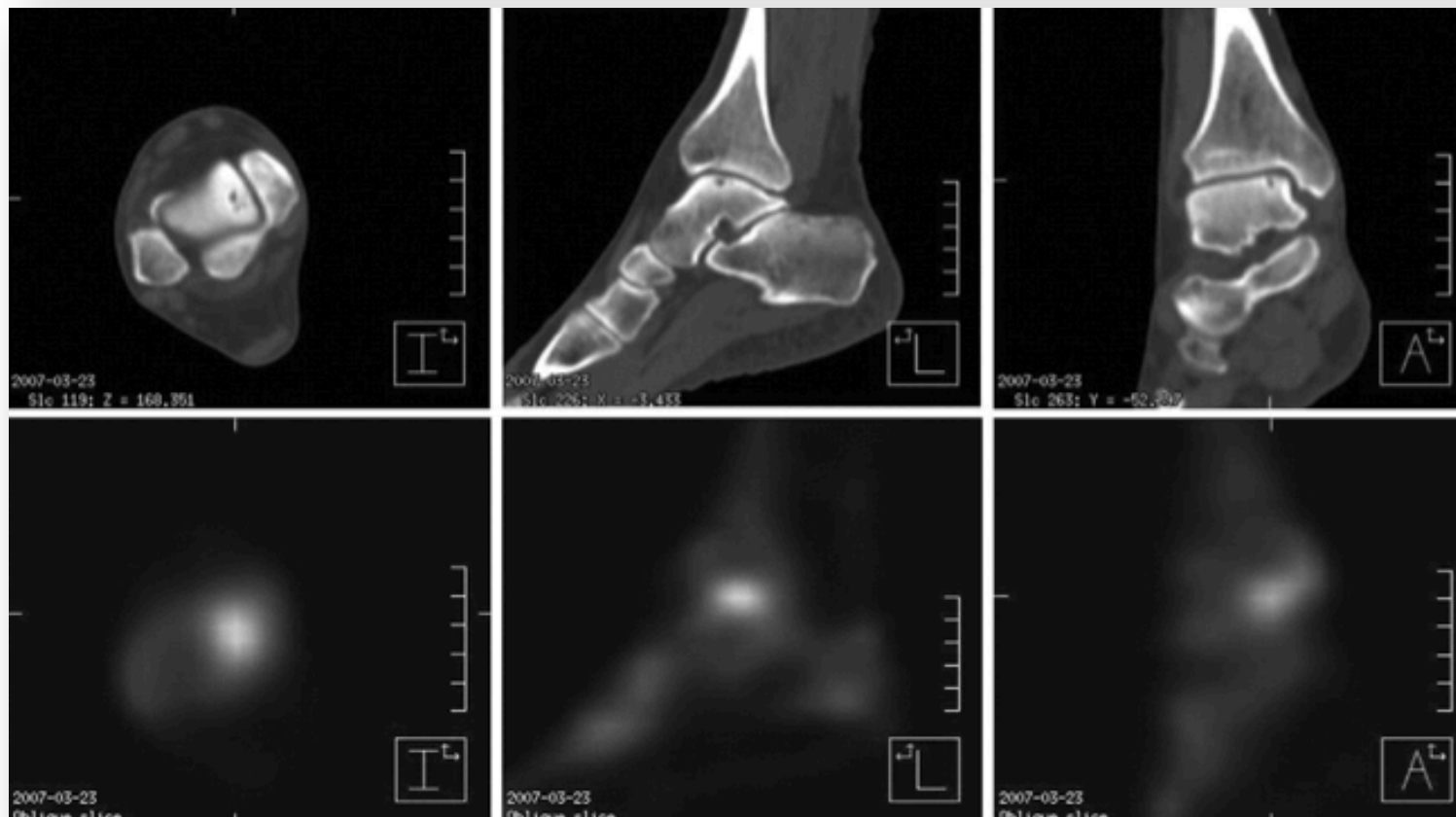


**Tendinopathie d'insertion (*enthésopathie*) du muscle  
moyen fessier (*glutéal*) gauche**

Semin Nucl Med 40:16-30 © 2010

# TRAUMATOLOGIE (du sport)

## Radionuclide Bone Scintigraphy in Sports Injuries



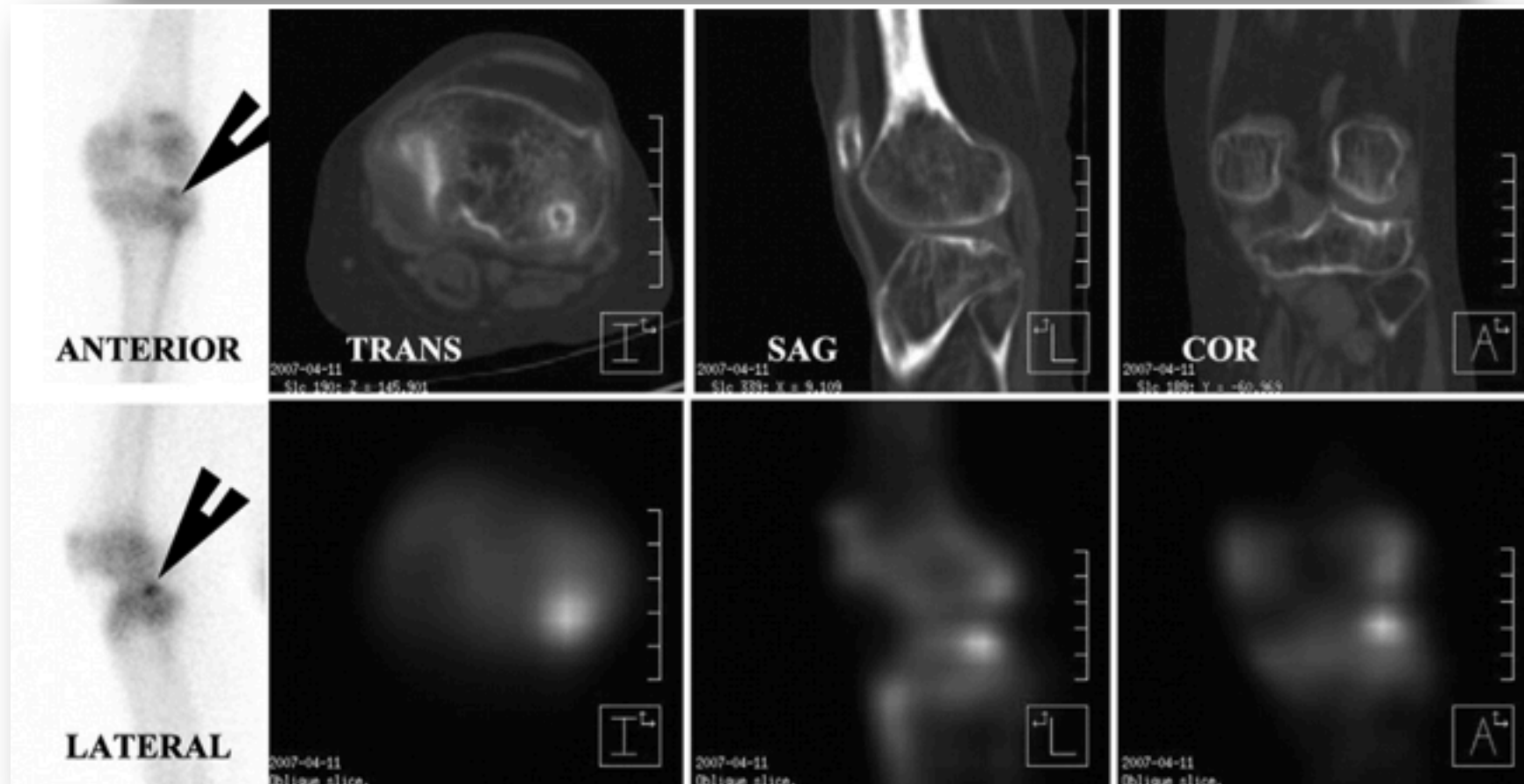
## Fracture ostéocondrale du dome astragalien

*Douleur de la cheville chez un joueur de basket*

Semin Nucl Med 40:16-30 © 2010

# TRAUMATOLOGIE (du sport)

## Radionuclide Bone Scintigraphy in Sports Injuries

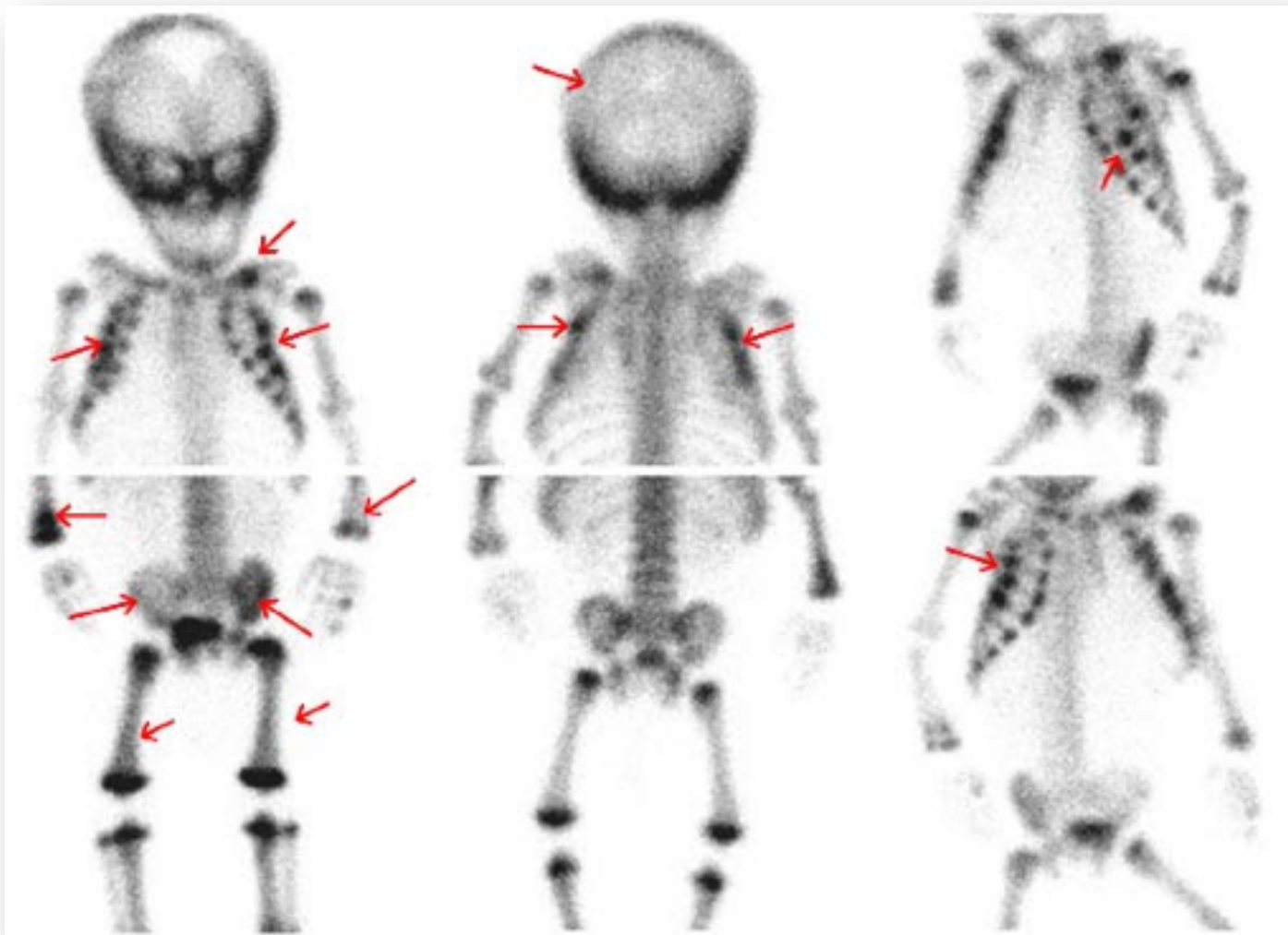


## Fracture ostéocondrale du plateau tibial

*Douleur du genou chez un skieur*

Semin Nucl Med 40:16-30 © 2010

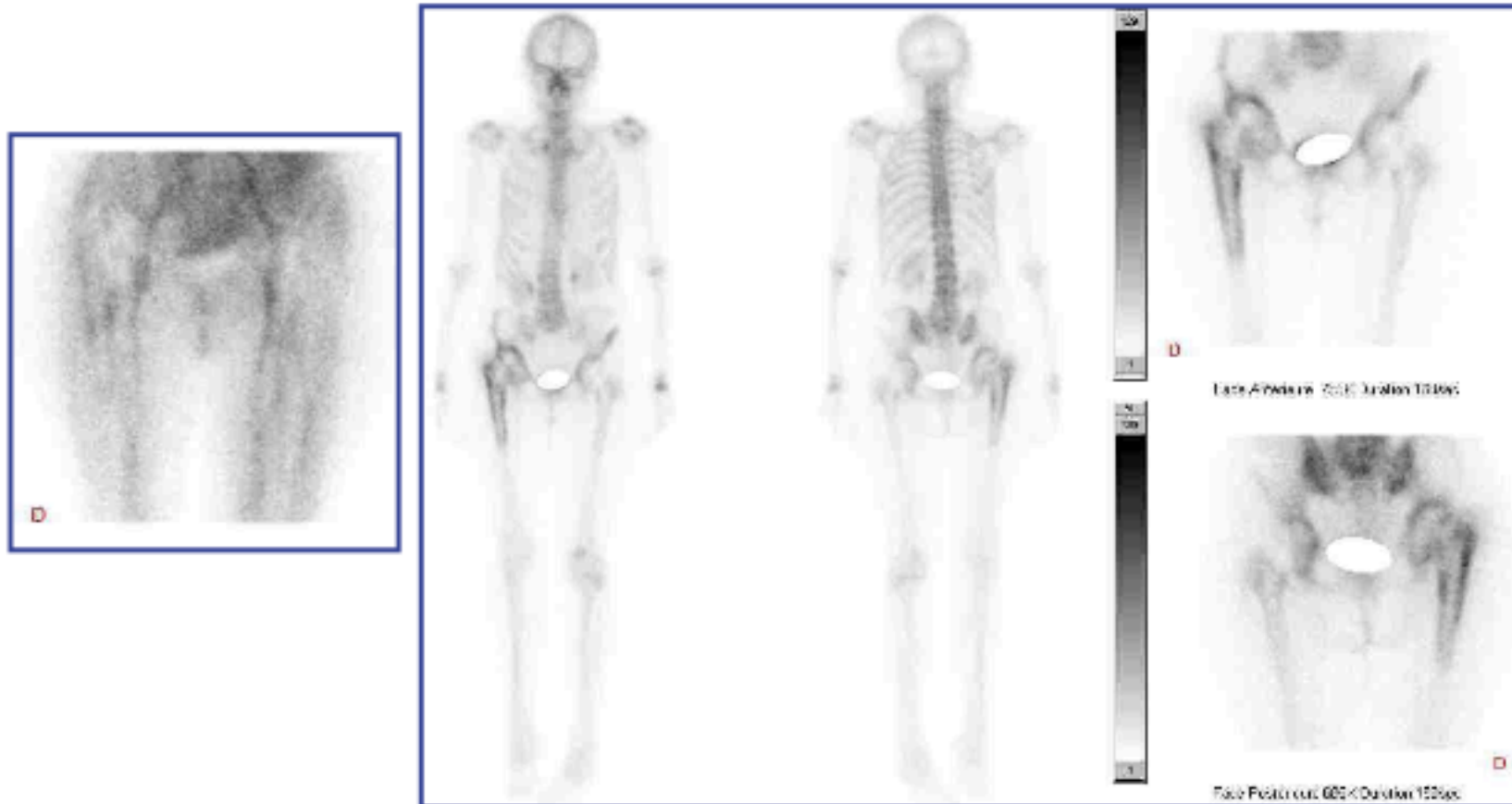
## TRAUMATOLOGIE (pédiatrique)



## Syndrôme de Silverman (*child abuse*)

# ORTHOPEDIE

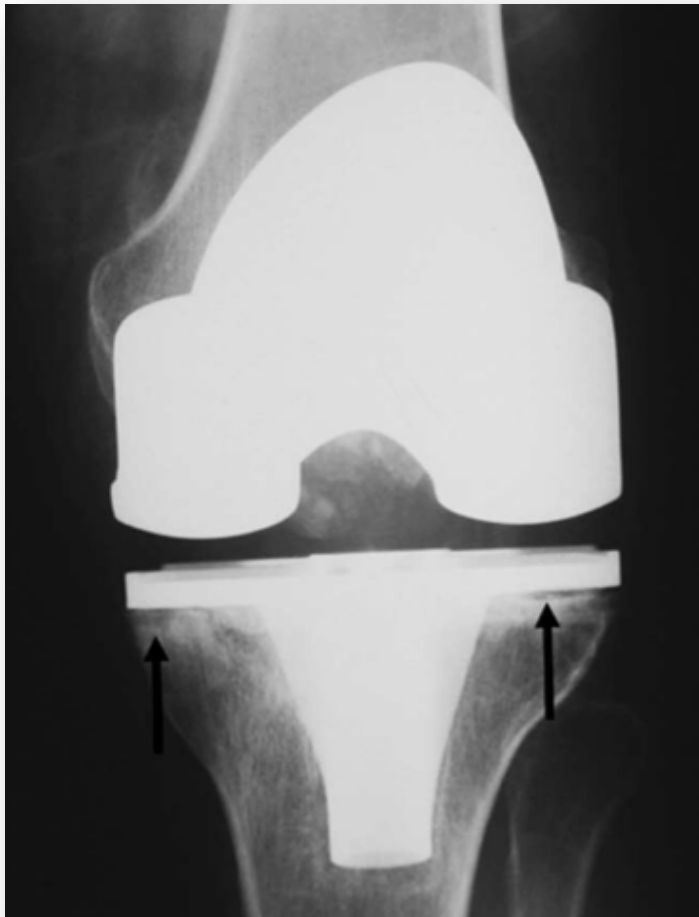
## Pathologies prothétiques: descellement (a)septique?



Conflit ostéo-prothétique sur prothèse totale de hanche droite

# ORTHOPEDIE

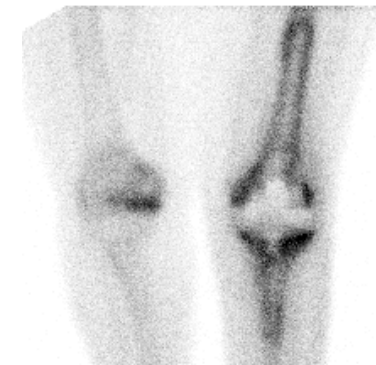
## Pathologies prothétiques: descellement (a)septique?



Hyperclarté linéaire (liseré tibial)



Précoce



Tardif

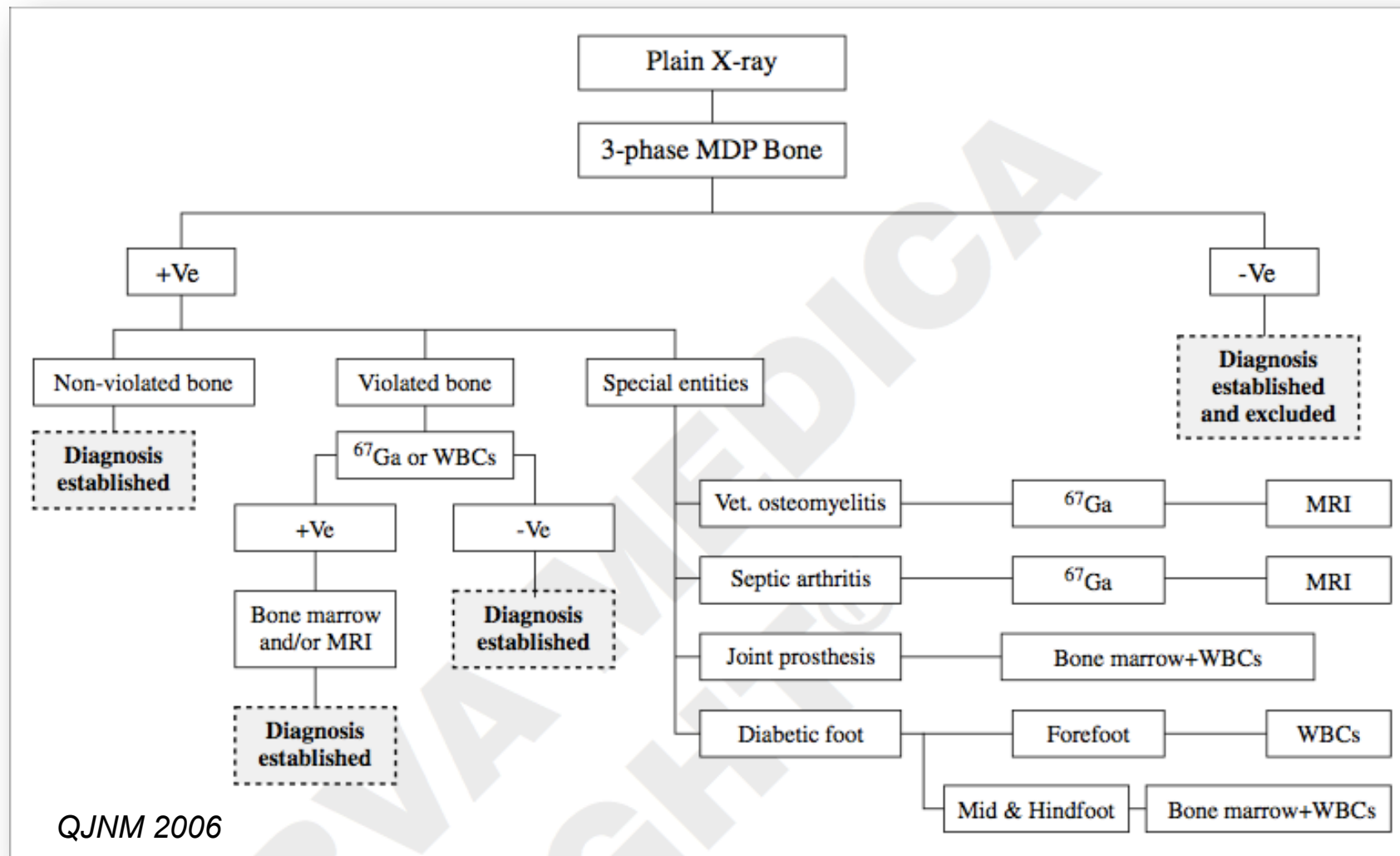
Conflit ostéo-prothétique  
sur prothèse totale de genou

**SEPTIQUE**



# ORTHOPÉDIE

## Pathologies prothétiques: descellement (a)septique?



# SYNTHESE *(mots-clés)*



QUESTIONS	REponses
<b>Douleurs osseuses</b> <i>(post-traumatiques)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fracture <i>(occulte)</i></li> <li>• Lésion <i>(primitive)</i></li> <li>• Algodystrophie</li> <li>• Maladie métabolique</li> <li>• Troubles vasculaires <i>(ostéonécrose)</i></li> </ul>
<b>Néoplasie</b> <i>(ostéophiles)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Métastases osseuses</li> </ul>
<b>Prothèse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descellement</li> </ul>
<b>Infection ostéo-articulaire</b>	



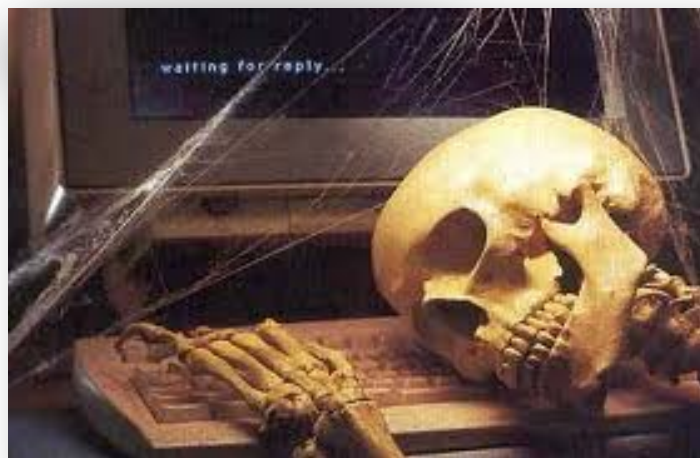
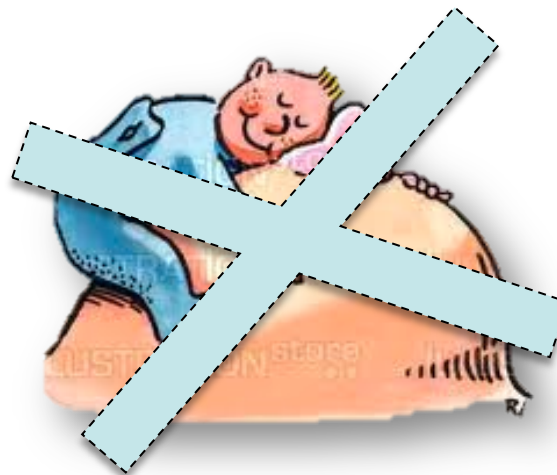
**Pour  
QUI?**

- 4. DECIDER** de la meilleure stratégie diagnostique à adopter (*avantages/inconvénients de la scintigraphie osseuse*)

# QUELS AVANTAGES ?

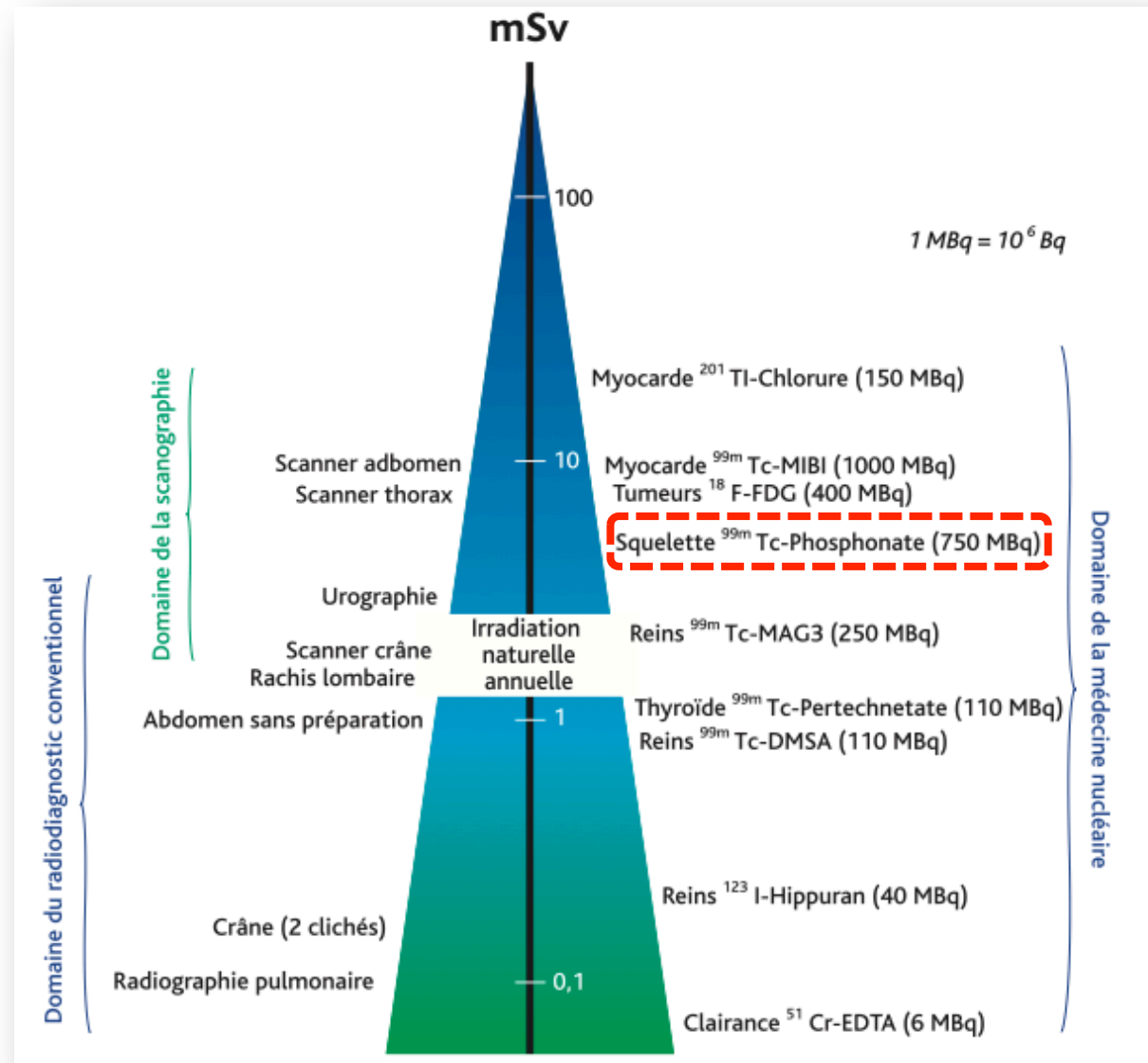
- Imagerie corps entier
- Sensibilité élevée
- Indolore
- Non allergisant
- Pas de toxicité rénale
- Faible irradiation ( $\approx 4$  mSv)
- Coût modéré?

# QUELLES CONTRAINTES ?



Niveau des doses efficaces reçues lors d'expositions médicales à des fins diagnostiques

source: IRSN





## CCAM en ligne

### Tarification détaillée

PAQL003 - Scintigraphie osseuse du corps entier  
[temps tardif]

Prix de l'acte : 180,44 euros

Suppléments de charges en cabinet : 0,0 euros

#### Modificateurs

Modificateurs

Code Libellé

G Glaucome... patient < 1 an ; Extraction oeso ou bronch. p  
< 3 ans ; Med. nuc. patient < 3 ans

#### Autres majorations

Majorations DOM :

Majorations DOM

Departement Majoration

Guadeloupe + 1.0%

Martinique + 1.0%

Guyane + 1.0%

Réunion + 1.0%

Frais de déplacement : Autorise les frais de deplac

#### Composantes du tarif

Score de travail médical : 0.0

Coût de la pratique : 0.0

#### Données PMSI

Caractère classant :

Indice de Coût Relatif (ICR) : 80



## CCAM en ligne

### Tarification détaillée

PAQL002 - Scintigraphie osseuse  
[temps]

Prix de l'acte : 268,87 euros

Suppléments de charges en cabinet :

#### Modificateurs

Modificateurs

Code Libellé

G Glaucome... patient < 1 an ; Extraction  
< 3 ans ; Med. nuc. patient < 3 ans

#### Autres majorations

Majorations DOM :

Majorations DOM

Departement Majoration

Guadeloupe + 1.0%

Martinique + 1.0%

Guyane + 1.0%

Réunion + 1.0%

Frais de déplacement : Autorise les f

#### Composantes du tarif

Score de travail médical : 0.0

Coût de la pratique : 0.0

#### Données PMSI

Caractère classant :

Indice de Coût Relatif (ICR) : 104



## CCAM en ligne

### Tarification détaillée

ZZQL007 - Tomoscintigraphie complémentaire  
[planaire]

Prix de l'acte : 132,64 euros

Suppléments de charges en cabinet : 0,0 euros

#### Modificateurs

Modificateurs

Code Libellé

G Glaucome... patient < 1 an ; Extraction oeso ou bronch. p  
< 3 ans ; Med. nuc. patient < 3 ans

#### Autres majorations

Majorations DOM :

Majorations DOM

Departement Majoration

Guadeloupe + 1.0%

Martinique + 1.0%

Guyane + 1.0%

Réunion + 1.0%

Frais de déplacement : Autorise les frais de deplac

#### Composantes du tarif

Score de travail médical : 0.0

Coût de la pratique : 0.0

#### Données PMSI

Caractère classant :

Indice de Coût Relatif (ICR) : 14

# COÛTS: mise en perspective

EXAMEN	COÛTS <i>(en euros; cotation CCAM)</i>
Radiographie (cervical + thoracique)	75
<ul style="list-style-type: none"> <li>Scanner sans injection 1 segment</li> <li>Scanner sans injection (cervical, thoracique, lombaire, sacré)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 25</li> <li>• 100</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>IRM 3 segments sans injection</li> <li>IRM 3 segments avec injection</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 69</li> <li>• 69</li> </ul>
Scintigraphie osseuse corps entier	180 <i>(max: 400)</i>

# Quels enjeux pour le futur ?



- Réduction dosimétrique
- SPECT versus planaire?
- Radiopharmaceutiques
  - ✓  $^{18}\text{F}$ -FDG
  - ✓  $^{18}\text{F}$ -NaF
  - ✓ ...
- Imagerie multimodale
  - ✓ TEP-IRM
  - ✓ SPECT-IRM

# Et le futur?

## Review

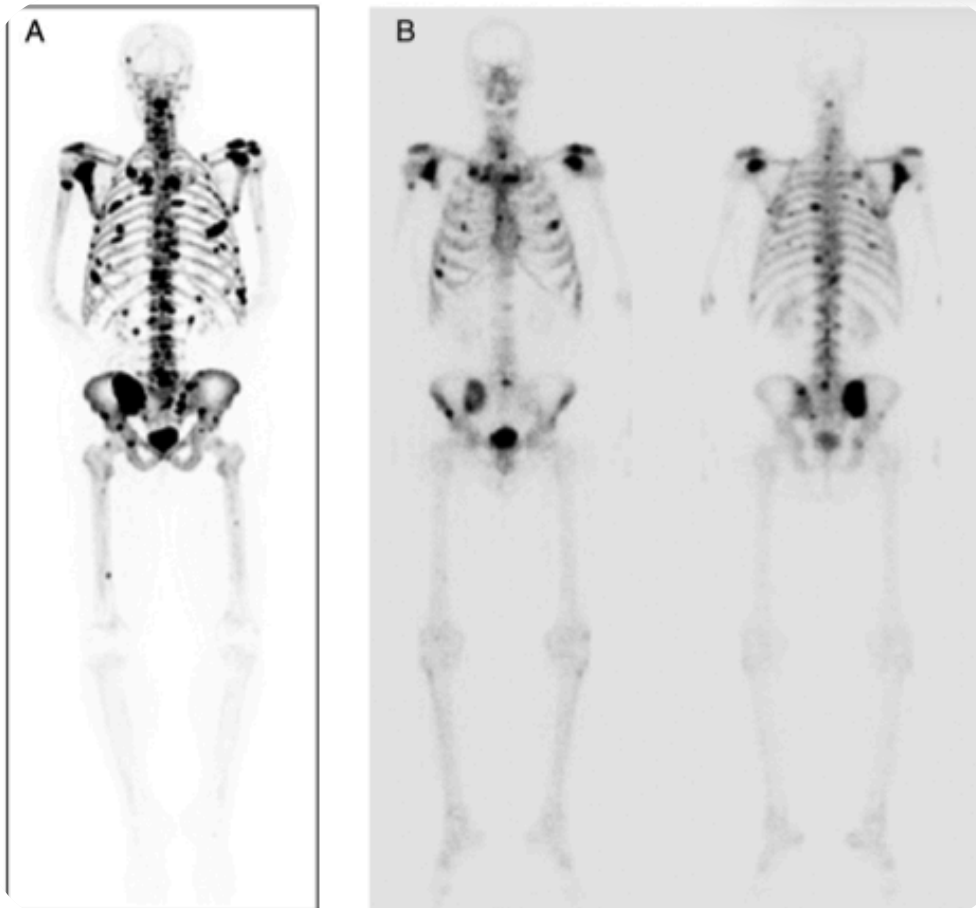
### Clinical utility of $^{18}\text{F}$ -fluoride PET/CT in benign and malignant bone diseases

Yuxin Li <sup>a</sup>, Christiaan Schiepers <sup>b</sup>, Ralph Lake <sup>a</sup>, Simin Dadparvar <sup>c</sup>, Gholam R. Berenji <sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> VA Greater Los Angeles Healthcare System, Los Angeles, CA, USA

<sup>b</sup> Department of Molecular and Medical Pharmacology, David Geffen School of Medicine at UCLA, Los Angeles, CA, USA *Bone* 50 (2012) 128–139

<sup>c</sup> University PA Health System, Philadelphia, PA, USA

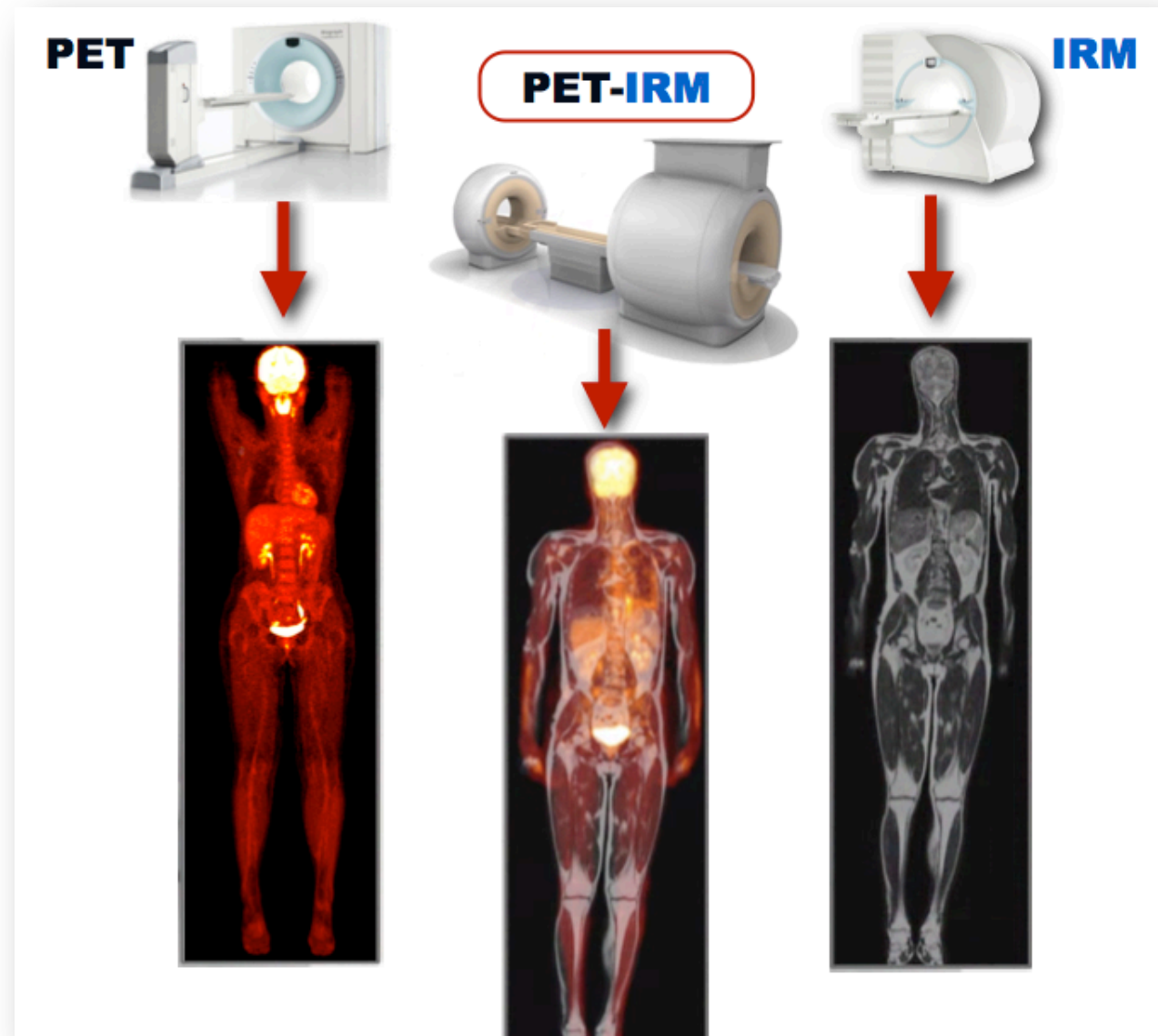


**Table 1**

Comparison between PET and conventional bone scintigraphy.

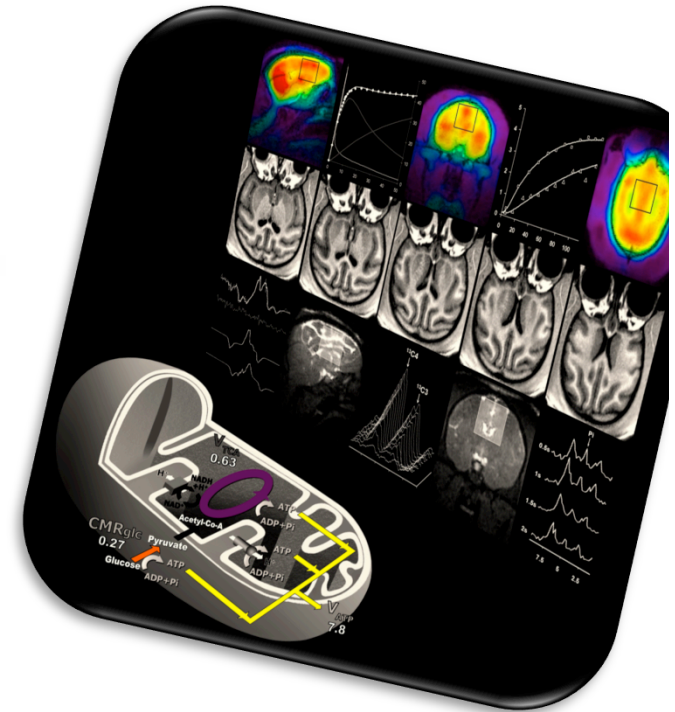
	Skeletal PET	Conventional bone scintigraphy
Radiopharmaceutical	F-18 sodium fluoride	Tc-99m MDP
Physical half life	110 min	6 h
Emissions	511 keV photons from positron annihilation	140 keV photons
Spatial resolution	3–6 mm	4–15 mm
Binding to serum protein	Minimal	30% initially, 70% at 24 h
Clearance	Rapid	Relatively slow
Total uptake by bone	~50%	~30%
Organ receiving highest radiation	Bladder	Bone surface
Time to imaging after injection	30–60 min	3–6 h
Effective radiation dose (mSv/MBq)	0.024	0.0057

Et le  
futur?



Remerciements: Pr. Osman Ratib, Hôpitaux Universitaires de Genève, Suisse ©

# Conclusion



# MENTIONS LEGALES

- *L'ensemble de ce document relève des législations française et internationale sur le droit d'auteur et la propriété intellectuelle.*
- *Tous les droits de reproduction de tout ou partie sont réservés pour les textes ainsi que pour l'ensemble des documents iconographiques, photographiques, vidéos et sonores.*
- *Ce document est interdit à la vente ou à la location par un tiers autre que l'Université de Nice-Sophia Antipolis.*
- *La diffusion, la duplication, la mise à disposition du public (sous quelque forme ou support que ce soit), la mise en réseau, de tout ou partie de ce document, sont strictement réservés à l'Université de Nice-Sophia Antipolis.*
- *L'utilisation de ce document est strictement réservée à l'usage privé des étudiants inscrits aux cours et au tutorat organisés par l'UFR de Médecine de l'Université de Nice-Sophia Antipolis, et non destinée à toute autre utilisation privée ou collective, gratuite ou payante.*

## Biopathologies et explorations fonctionnelles

# Merci pour votre attention



Contact:

Dr. Renaud GUIGNARD

Médecine nucléaire, Centre Antoine Lacassagne

[Renaud.GUIGNARD@unice.fr](mailto:Renaud.GUIGNARD@unice.fr)