

# IRM DE LA MOELLE OSSEUSE



Alain RAHMOUNI  
CHU Henri Mondor - Créteil

# Moelle osseuse - Composants

---

- Travées osseuses
  - Adipocytes
  - Cellules hématopoïétiques
  - Tissu conjonctif de soutien / Fibres de réticuline
  - Vaisseaux
-

# Moelle osseuse - Composants

Macroscopiquement, deux types de Moelle Osseuse avec 3 "composants" principaux :

- **Jaune** : Graisse +++  
Cellules hématopoïétiques +  
Travées osseuses
- **Rouge** : Cellules hématopoïétiques +++  
Graisse +  
Travées osseuses

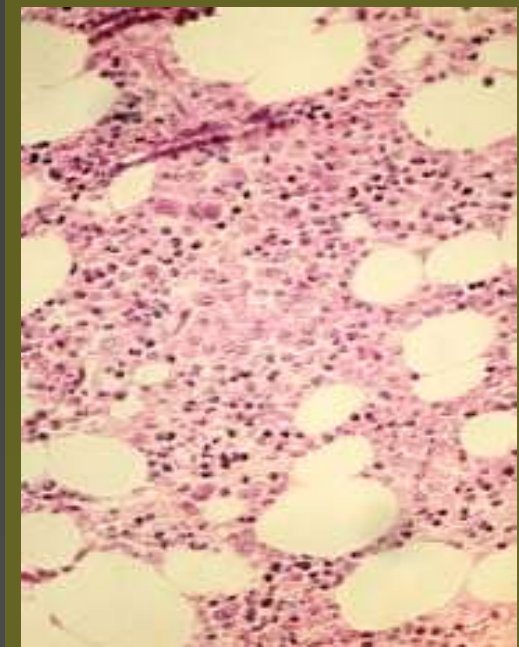
# Moelle osseuse - Composants

- Moelle cellulaire ou active ou moelle rouge (10 à 20 ans)
  - 40 % d'eau
  - 40 % de graisse
  - 20 % de protéïnes



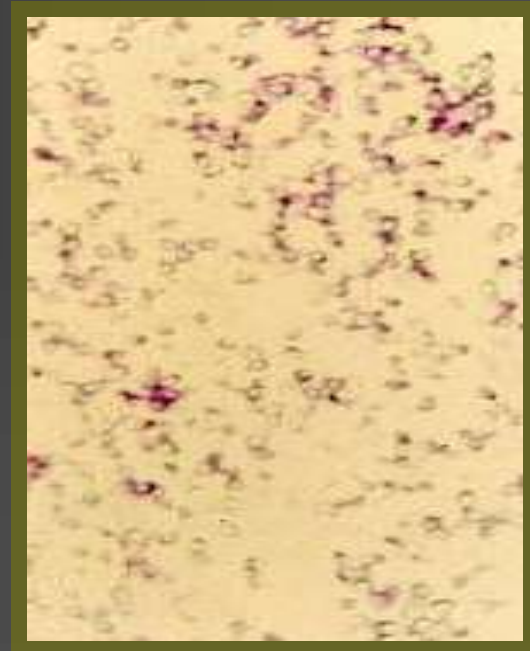
# Moelle osseuse - Composants

- Moelle cellulaire ou active ou moelle rouge (60 à 70 ans)
  - 30 % d'eau
  - 60 % de graisse
  - 10 % de protéïnes



# Moelle osseuse - Composants

- Moelle osseuse inactive ou moelle jaune
  - 15 % d'eau
  - 80 % de graisse
  - 5 % de protéïnes



# Moelle osseuse - Physiologie

- Les adipocytes sont le composant majeur de la moelle osseuse de l'adulte
- En physiopathologie, il faudra raisonner en terme **tricompartimental**

# Moelle osseuse - Conversion

---

Cellules hématopoïétiques  adipocytes 

Avec l'âge, il existe une augmentation de la composante grasseuse et une augmentation de la moelle jaune

---



# Moelle osseuse - Conversion

---

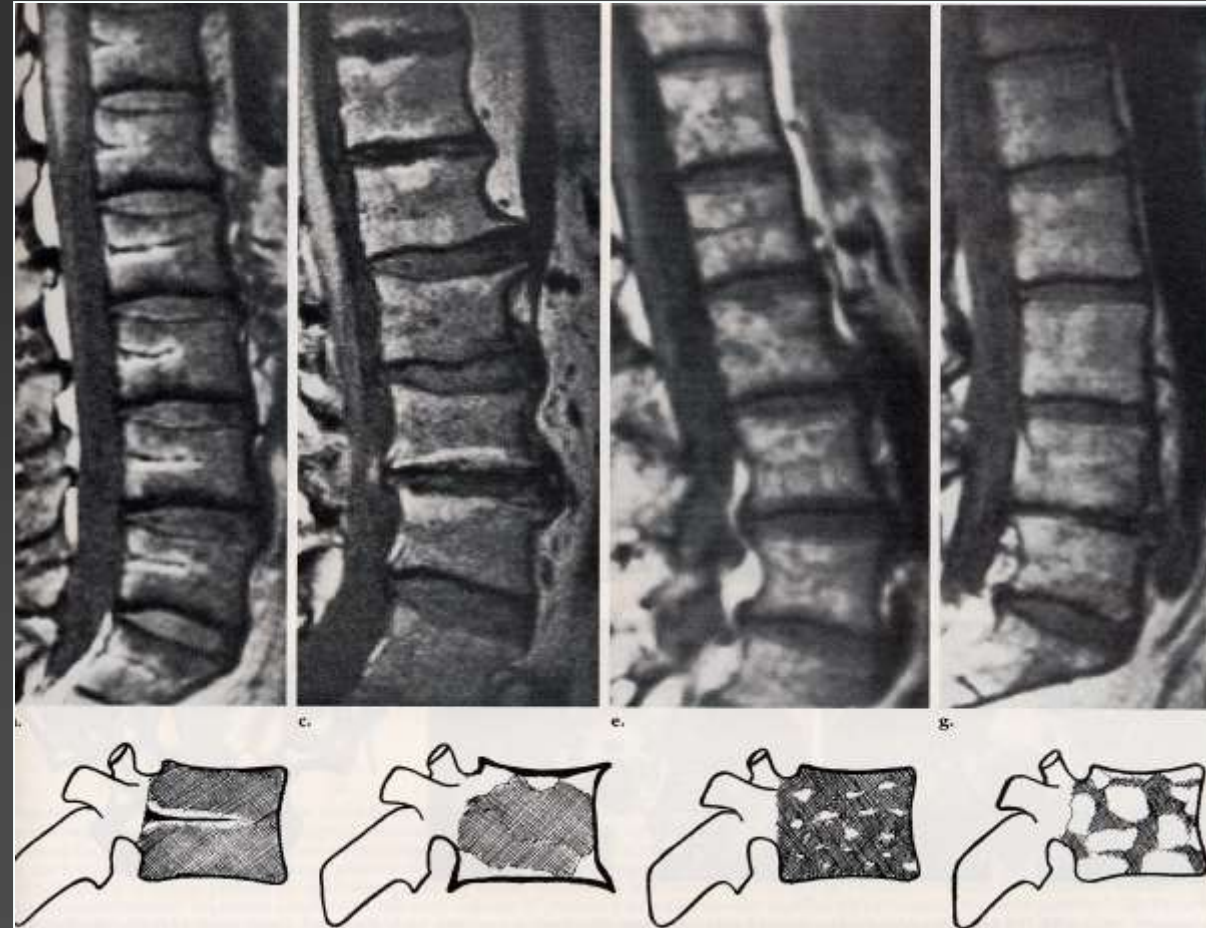
- Du squelette périphérique au squelette axial
  - Diaphyses et épiphyses et puis métaphyses
  - D'une manière hétérogène
  - Variations inter-individuelles
-

# Moelle osseuse - Conversion

---

- Avant 5 ans, débute le remplacement par de la graisse au niveau des diaphyse et des épiphyses (dans les 6 mois de l'apparition des noyaux)
  - Avant 20 ans,  
Métaphyses distales et + ou - proximales
-

# Moelle osseuse - Conversion

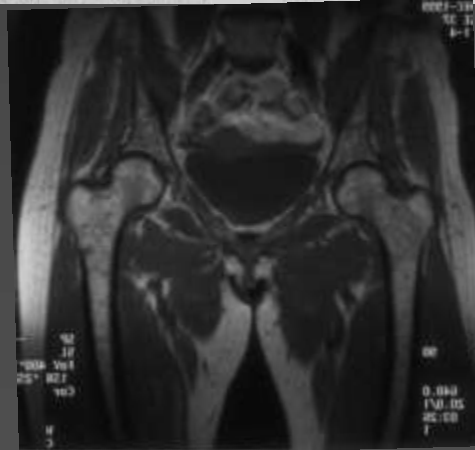
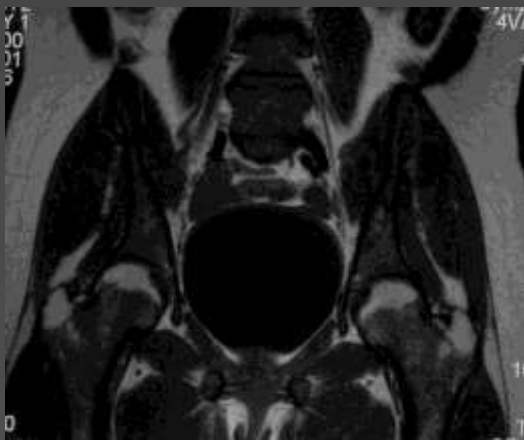
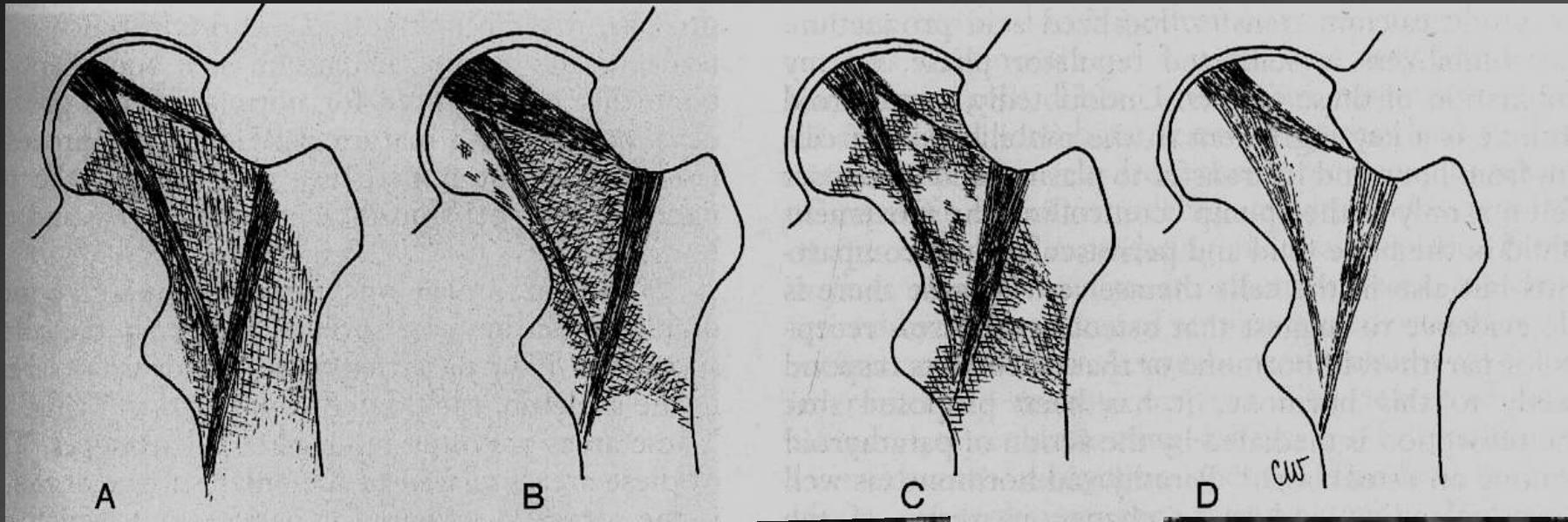


Ricci C, Cova M, Kang Y, Rahmouni A et al. Normal aged-related patterns of cellular and fatty bone marrow distribution in the axial skeleton: MR imaging study. Radiology 1990 ; 177 : 83-8

# Moelle osseuse - Conversion



# Moelle osseuse - Conversion



# Moelle osseuse - Conversion

---

- Ostéoporose
    - Diminution de la masse osseuse et augmentation des adipocytes et diminution perfusion
    - Hypothèse vasculaire ou compression vasculaire par adipocytes ? *(Griffith J et al. Radiology 2006)*
-

# Moelle osseuse - Physiopathologie

---

- Diminution de la production des cellules hématopoïétiques

 augmentation du volume des adipocytes

- Augmentation de la production des cellules hématopoïétiques

 diminution du volume des adipocytes

---

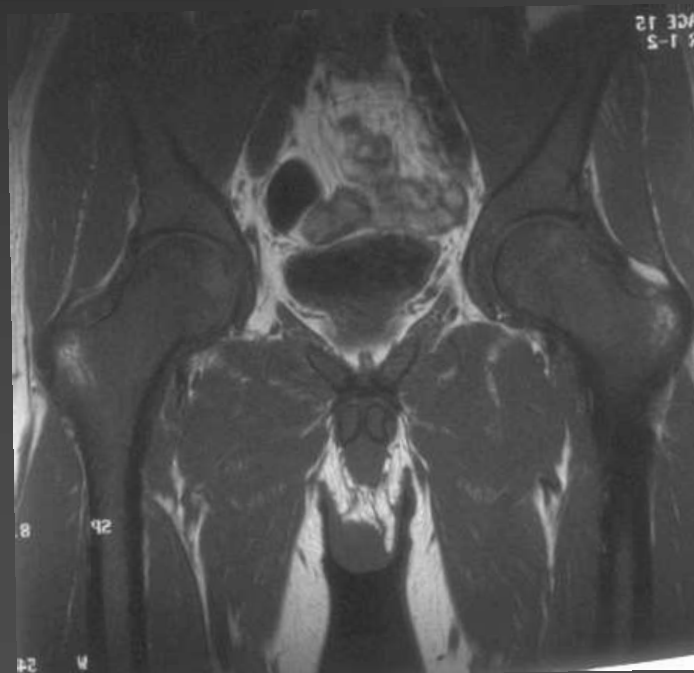
# Moelle osseuse - Physiopathologie

- Défaillance des cellules souches
  - ➔ anémie réfractaire
- Prolifération non contrôlée
  - ➔ syndrome myéloprolifératif
- Transformation néoplasique
  - ➔ lymphome myélome



# Moelle osseuse - Physiopathologie

- Absence de conversion: drépanocytose



# Moelle osseuse - Conversion accélérée

- **Radiothérapie** (associée à une déminéraliation)

Début : 1 à 2 semaines

Maximum : 1 à 2 mois

Durée : en années



# Moelle osseuse - « Reconversion »

---

Cellules hématopoïétiques  Adipocytes 

- **Hémolyses acquises**, erythropoïétine, **GCSF**, grossesse, femme (anémie chronique), marathonien, fumeur
-

# Moelle osseuse - Technique IRM

---

- Résolution millimétrique dans le plan de coupes, grand FOV
  - Sagittales +++, phase verticale
  - Bandes de présaturation antérieures
-

# Moelle osseuse - Technique IRM

---

- ES T1 : de 3 à 4 mm, TR < 500, TE < 15,
  - Puis TSE T2 avec suppression de graisse ou STIR (mais addition du contraste T1 et T2)
  - Suppression de graisse si shim localisé +
-

# Moelle osseuse - Technique IRM

---

- Eviter TSE sans suppression de graisse +++:  
absence de contraste des processus  
pathologiques dus à l'hypersignal graisseux
  - Eviter séquences en écho de gradient sensibles  
aux inhomogénéités de champ magnétique  
(minéralisation)
-

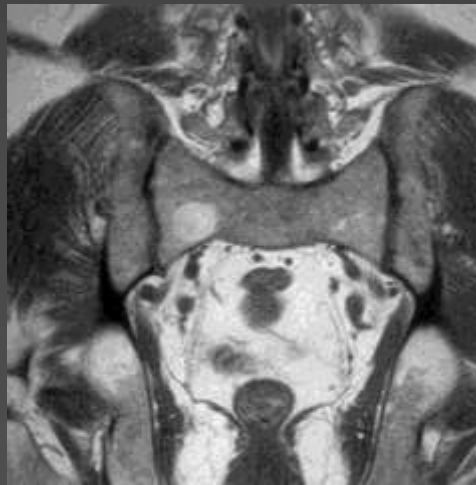
# Technique IRM

---

- Injection de Gadolinium
    - Dynamique : couplé à des séquences en écho de gradient ultrarapides (TE court < 3 msec) pondérées T1
-

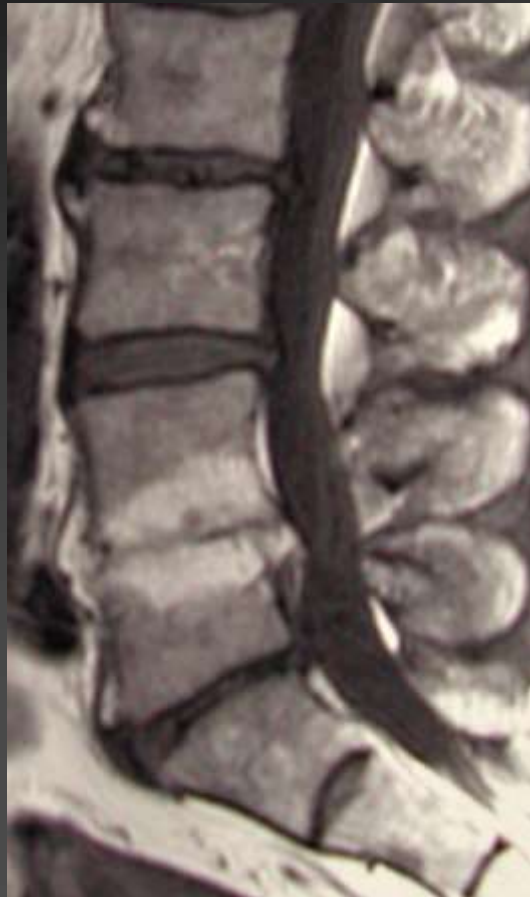
# Moelle osseuse normale

- Variations interindividuelles +++ (ne pas se fier aux descriptions)
- Moelle jaune : riche en graisse, **hyper T1**  
diagnostic différentiel : angiome, lipome





# Moelle osseuse - Aspects fréquents et bénins. Dégénérescence

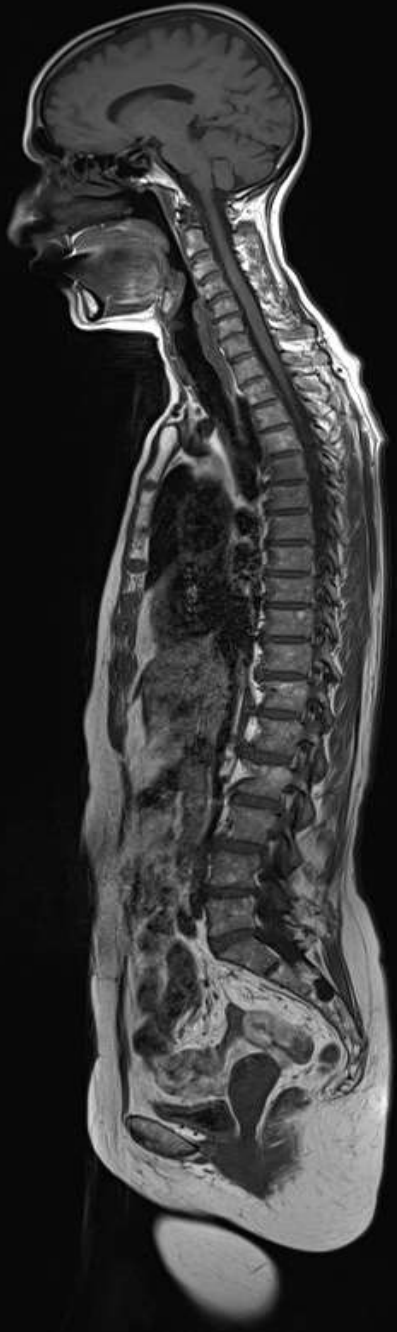
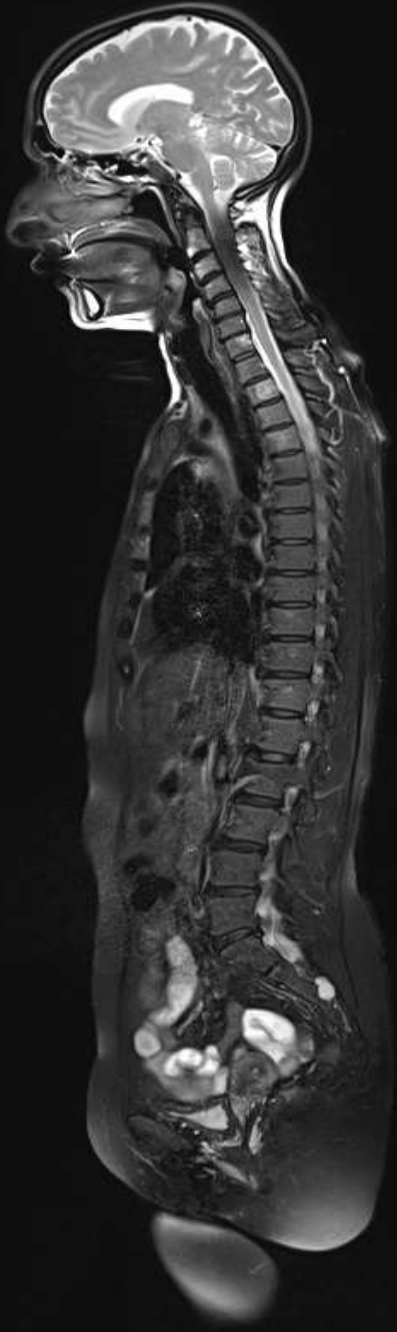


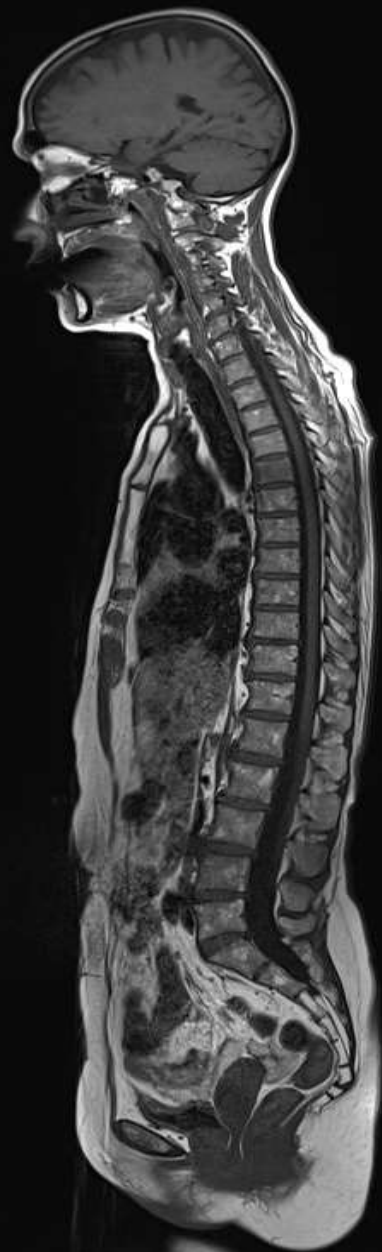
# Moelle osseuse - Aspects fréquents et bénins. Angiome



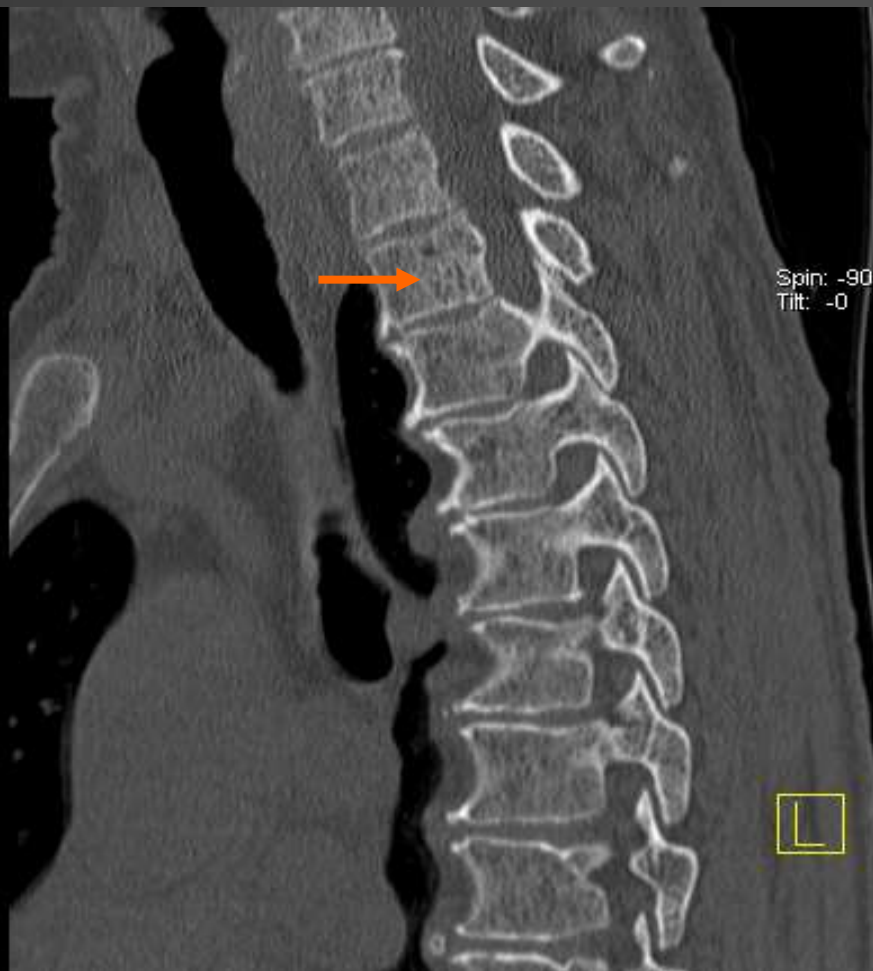
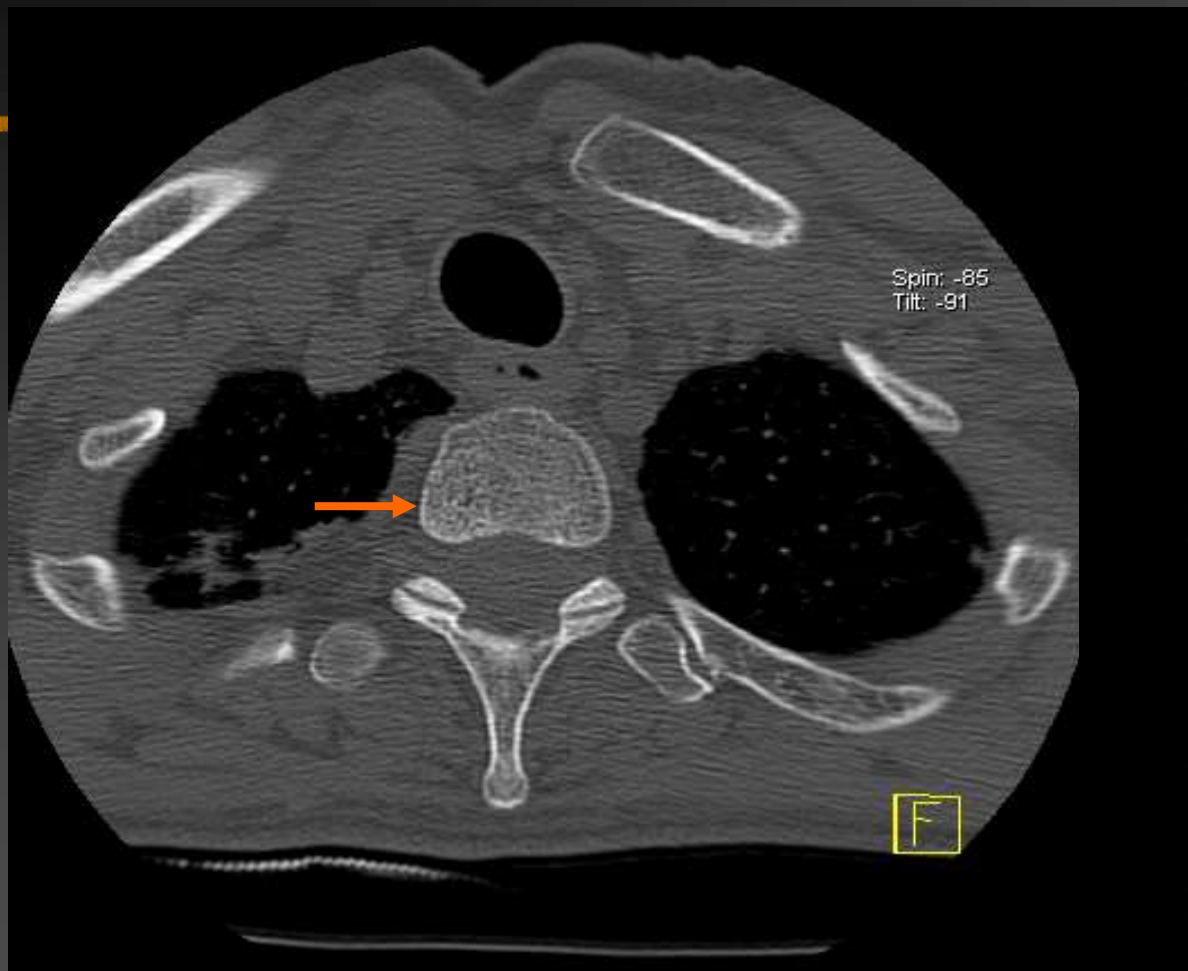








# T2 lesion



# Moelle osseuse normale

---

## ■ Problème

- Différencier moelle cellulaire focale d'un processus tumoral focal
    - ES T1 : la moelle cellulaire contient plus de graisse que le muscle...Dixon?
    - TSE T2 +++ avec saturation de graisse
-



# Moelle osseuse normale

---

## ■ Problème

- Différencier moelle cellulaire diffuse d'un processus diffus
    - T2 avec saturation de graisse
    - Séquences dynamiques après injection de Gadolinium
-

# Moelle osseuse - syndromes lymphoprolifératifs

---

## A - Plasmocytes

- Myélome multiple
- Plasmocytome solitaire
- Gammopathie monoclonale

## B - Lymphomes HD et NHL

## C - Autres : LLC, LMC, Waldenström

---

# Moelle osseuse - Myélome

## ■ Critères diagnostiques :

- Plasmocytose osseuse
- Pic monoclonal
- IRM ?

## ■ Critères pronostiques :

- Hb
- Calcium
- Pic
- **Lésions osseuses**

# Moelle osseuse - Myélome au diagnostic

- **Lésions osseuses :**
  - Radiographies
  - TDM
  - IRM
  - FDG TEP-TDM

Scintigraphie osseuse sans objet

# Moelle osseuse - Myélome au diagnostic

- **Avant traitement**, une lésion focale apparaît :
  - En T2 et STIR : hypersignal
  - En T1 : hyposignal le plus souvent

# Moelle osseuse - Myélome au diagnostic

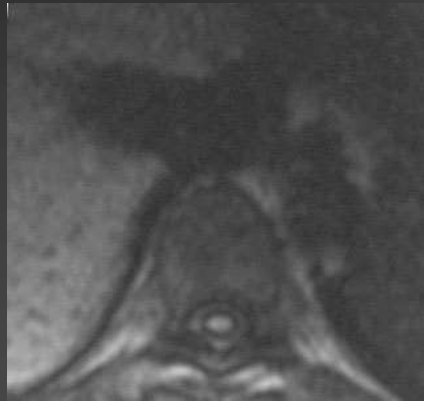
- **Après injection dynamique de Gd, une lésion focale présente un rehaussement précoce, massif, persistant sur les séquences T1 tardives**

# Moelle osseuse - Myélome

---

- Gd n'apparaît pas indispensable sauf cas particulier : épidurite, suspicion d'infiltration diffuse
  - Absence de critère IRM de spécificité d'une lésion focale
-

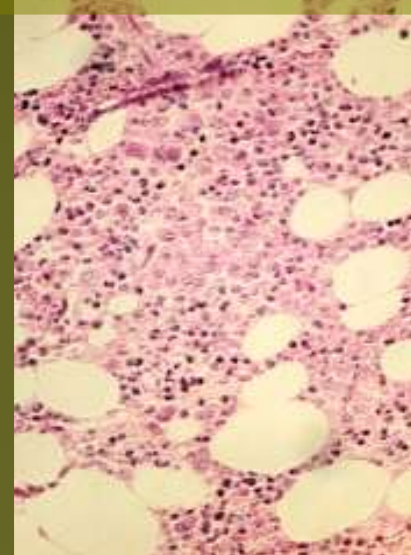
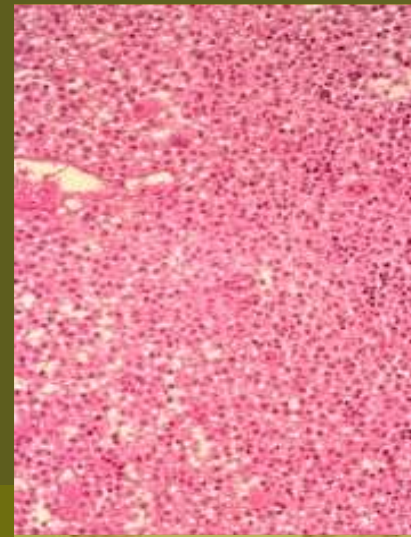
# Moelle osseuse - Myélome





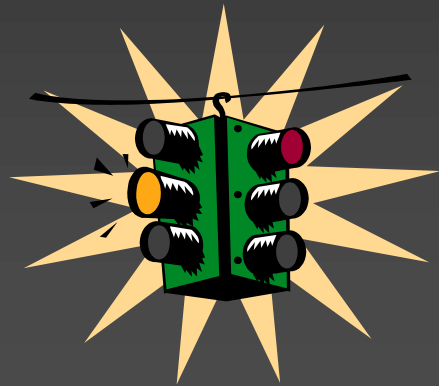
# Moelle osseuse - Myélome

- **T1 : répartition de la graisse**
  - Lésions focales : hyposignal bien vu lorsque la moelle a un contenu élevé en graisse
  - Infiltration diffuse : hyposignal diffus de la moelle osseuse par rapport aux disques intervertébraux
- Les atteintes focales ou diffuses peuvent être difficiles à distinguer d'une moelle osseuse normale (aspect en fonction de l'âge)



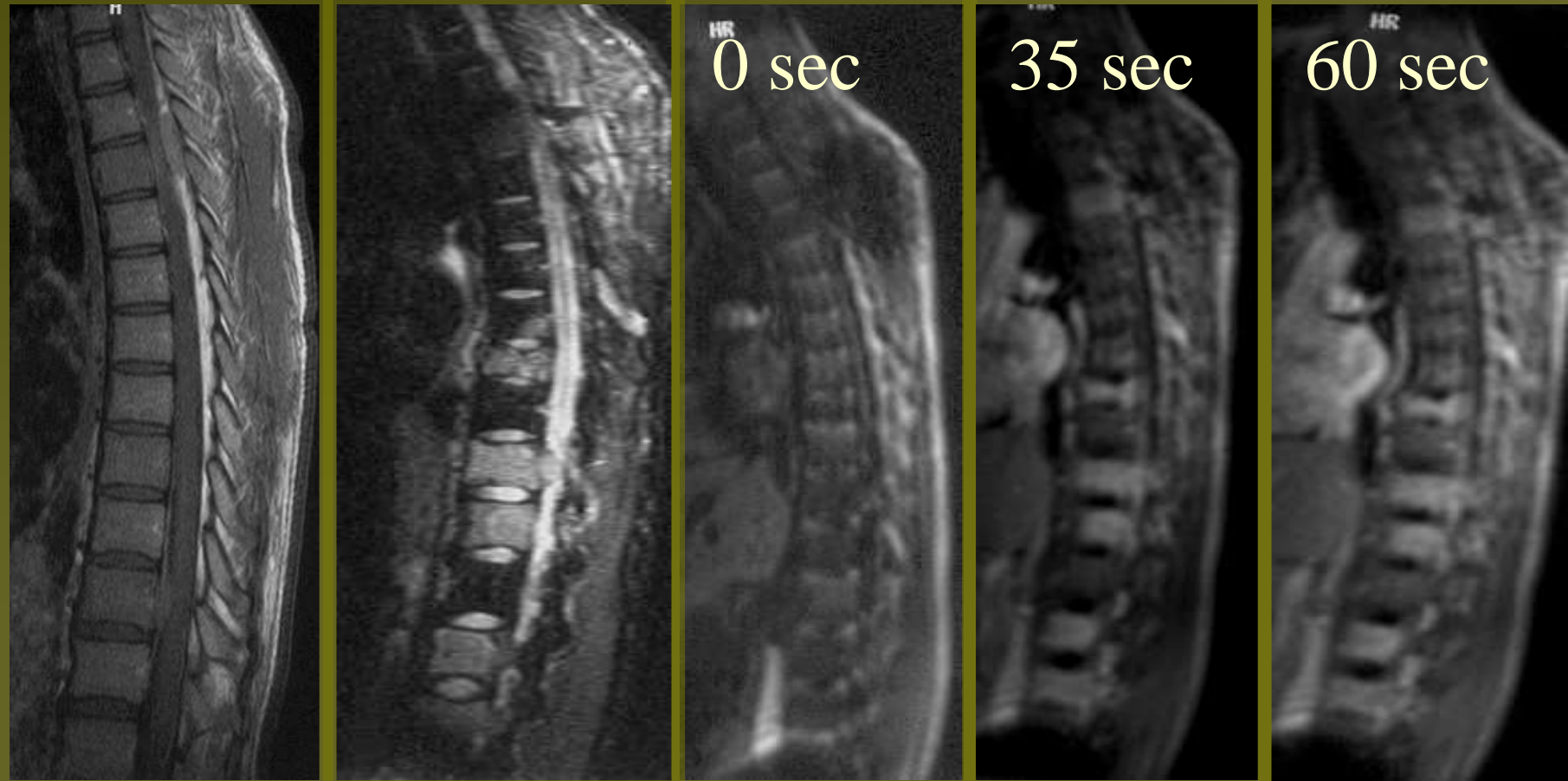
# Moelle osseuse - Myélome

- TSE T2 diminue le contraste entre les lésions et la graisse par augmentation du signal de la graisse



- TSE T2 avec suppression de graisse ou STIR

# Moelle osseuse - Myélome



Atteinte multifocale sans atteinte diffuse

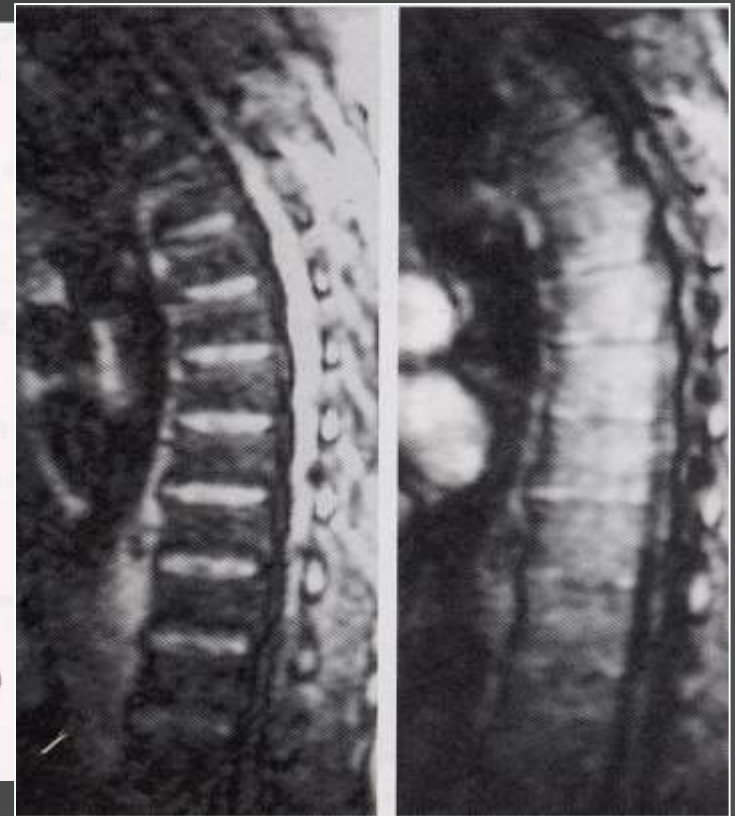
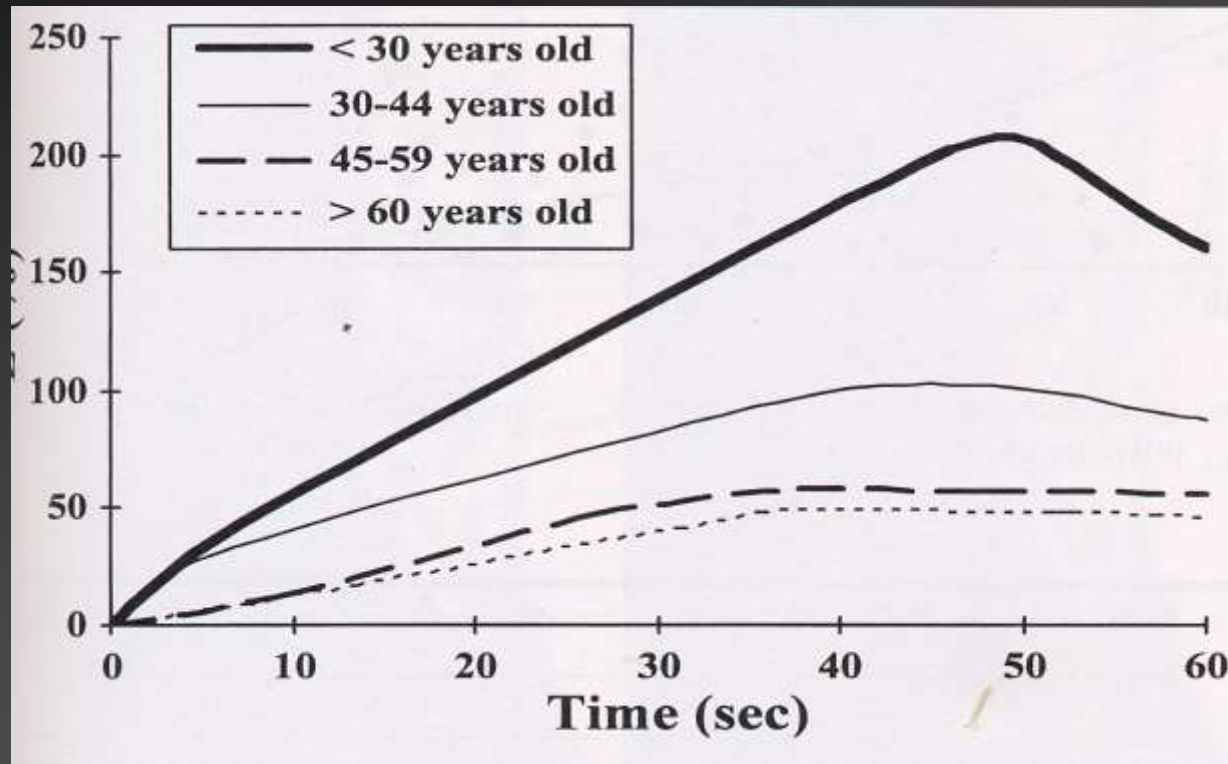
# Moelle osseuse - Myélome au diagnostic

## Aspects particuliers :

- Aspect « poivre et sel »
- Aspect d'infiltration médullaire diffuse : hyposignal T1 (hypersignal T2), rehaussement massif et précoce de l'ensemble de la moelle osseuse sur les séquences dynamiques



# Moelle osseuse normale, « perfusion »



Radiology 2003

Conclusion: Dynamic contrast-enhanced Mr imaging  
Patterns of normal spinal bone marrow are dependent  
mainly on patient age and fat content

**TABLE 1**  
**Bone Marrow ETC Values for Patients with and Those without Bone Marrow Involvement**

ETC Parameter	Control Patients ( <i>n</i> = 71)*	Patients with Bone Marrow Involvement ( <i>n</i> = 42)*	<i>P</i> Value†
$E_{\max}$ (%)	81.7 (84.6)	529.0 (365.0)	<.001
$T_{\max}$ (sec)	39.7 (22.8)	38.0 (18.5)	NS
Slope	2.6 (3.4)	25.4 (26.7)	<.001
Washout	60.1 (74.4)	313.8 (291.4)	.005

\* Data are mean values, with SDs in parentheses.

† *P* values calculated at *t* test analysis. NS = not significant.

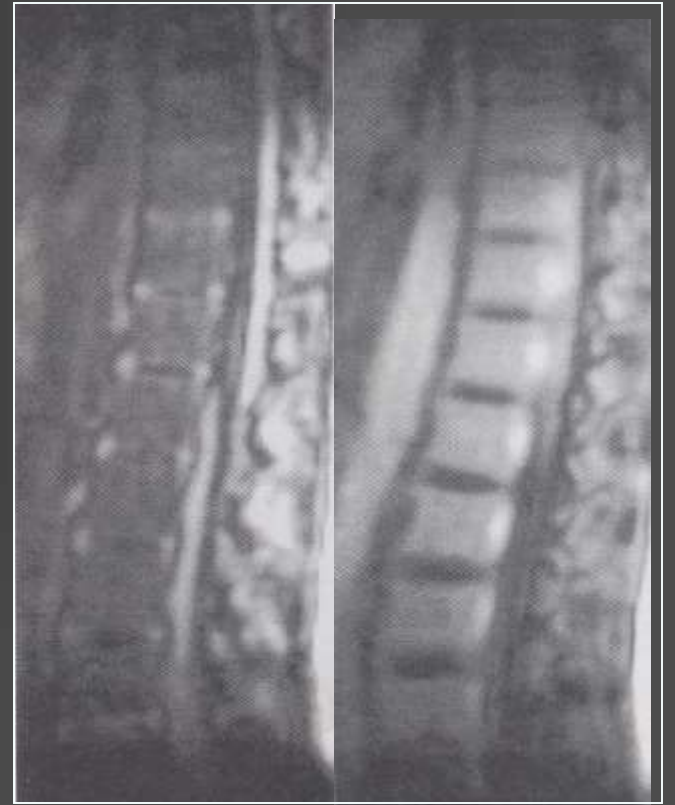
**TABLE 2**  
**Bone Marrow ETC Values Determined according to Histologic Grade of Bone Marrow Involvement**

ETC Parameter	Patients with Grade 1 Bone Marrow Involvement ( <i>n</i> = 8)	Patients with Grade 2 Bone Marrow Involvement ( <i>n</i> = 13)	Patients with Grade 3 Bone Marrow Involvement ( <i>n</i> = 19)
$E_{\max}$ (%)	339.2 (167.2)	405.1 (150.9)	737.3 (431.7)
$T_{\max}$ (sec)	37.0 (20.0)	37.2 (16.1)	38.9 (19.7)
Slope	12.0 (4.5)	19.8 (14.7)	36.7 (34.7)
Washout	259.0 (112.7)	358.9 (142.1)	575.7 (317.9)

Note.—Data are mean values, with SDs in parentheses. Grade 1 = less than 20% of tumor cells in the bone marrow, grade 2 = 20%–50% of tumor cells, grade 3 = more than 50% of tumor cells.

# Moelle osseuse - Infiltration diffuse

- **Conclusion**
  - **Prise de contraste augmentée en cas d'infiltration diffuse**
  - **Proportionnelle au degré histologique d'infiltration**



# Moelle osseuse - Myélome

---

## Réponse au traitement :

- Signes cliniques
  - Ig
  - **Lésions osseuses**
-

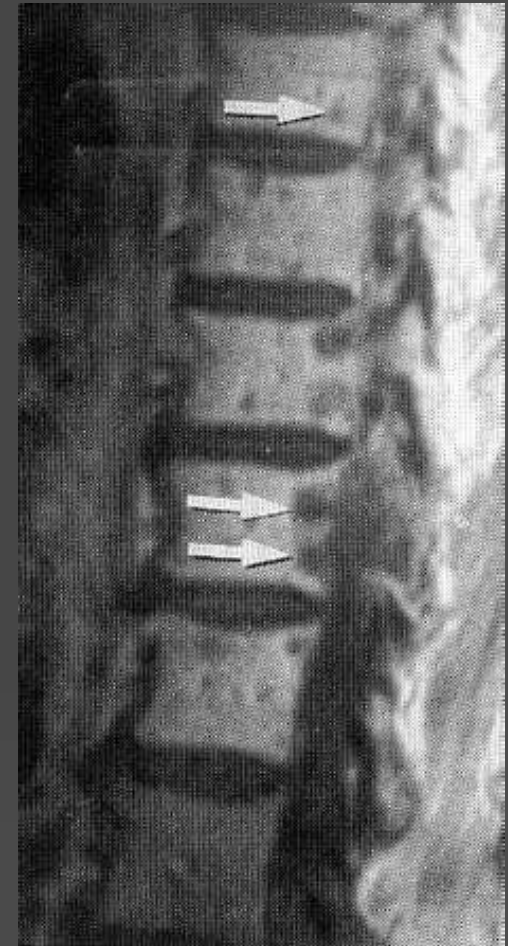


# Moelle osseuse - Myélome

---

- **Après traitement** : évolution de l'infiltration diffuse d'un bon répondeur :
    - Augmentation du signal T1
    - Diminution du rehaussement après injection de Gd
-

# Moelle osseuse - Myélome apres tt



**Moelle osseuse**

---

**Gammapathie monoclonale**

**L'IRM n'a pas d'intérêt**

---

# Moelle osseuse - Plasmocytome solitaire

---

## Critères diagnostiques :

- Présence d'une **seule lésion** lytique avec des plasmocytes à la biopsie
  - Biopsie médullaire normale
-

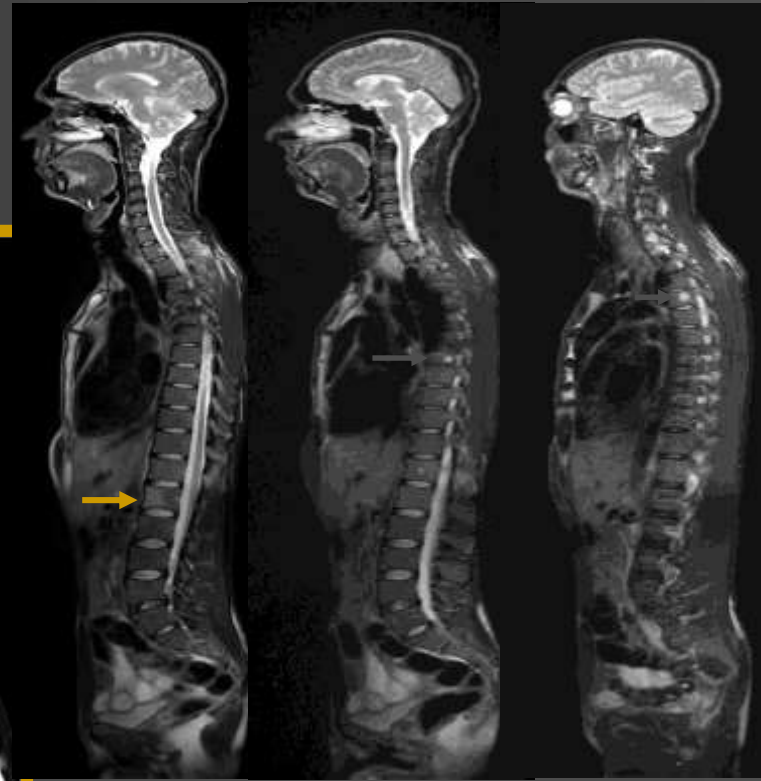
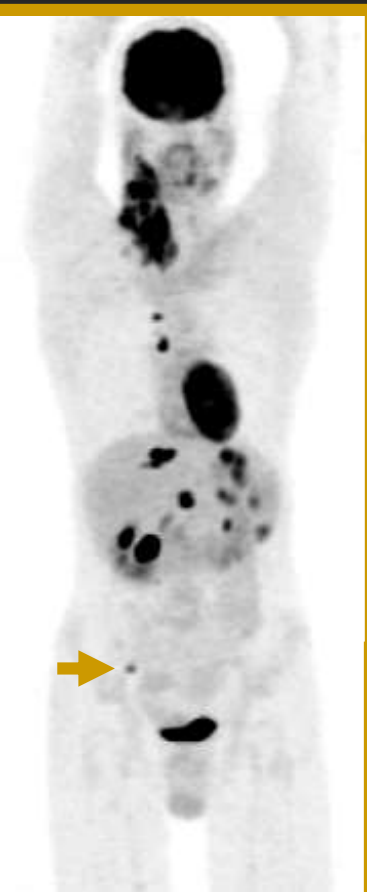
# Moelle osseuse - Plasmocytome solitaire

---

- En fait, évolution vers un myélome
  - L'IRM retrouve des lésions chez environ 50 % des patients rachis dorsal et lombaire
-

# Pourquoi IRM dans lymphome?

- Visualisation directe de la moelle osseuse



# Moelle osseuse - Lymphome

- **Bas grade** (folliculaire et zone marginale): Évolution lente sans guérison (sauf formes strictement localisées). Rechutes itératives et transformation en haut grade
- **Haut grade** (grandes cellules, manteau et NHL T) Évolution rapide avec temps de doublement rapide. Guérison fréquente
- Plusieurs facteurs pronostic incluant **Stade IV Ann Arbor et nombre de localisations extranodales**

# Moelle osseuse - Lymphome

---

Biopsie crête iliaque postérieure :

- HD = 10 %
  - NHL = 30 %
-



# Moelle osseuse - Lymphome

---

Faux négatifs car les BM sont positives de façon unilatérale chez un tiers des patients avec infiltration

---

# Moelle osseuse - Lymphome

- L'IRM peut détecter des sites occultes chez 1/3 des patients avec biopsies médullaires négatives.
- L'IRM est peu performante pour les NHL bas grade

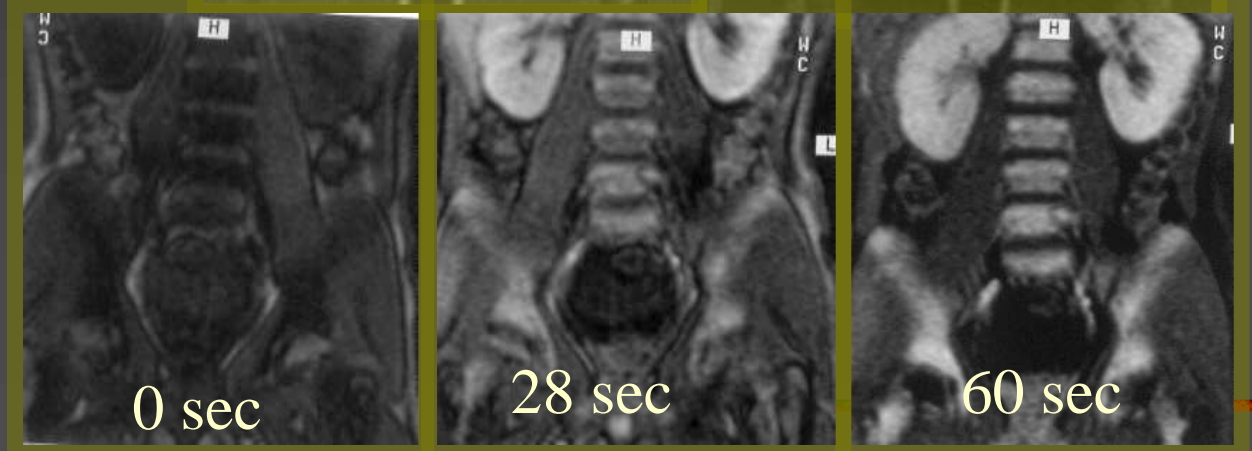
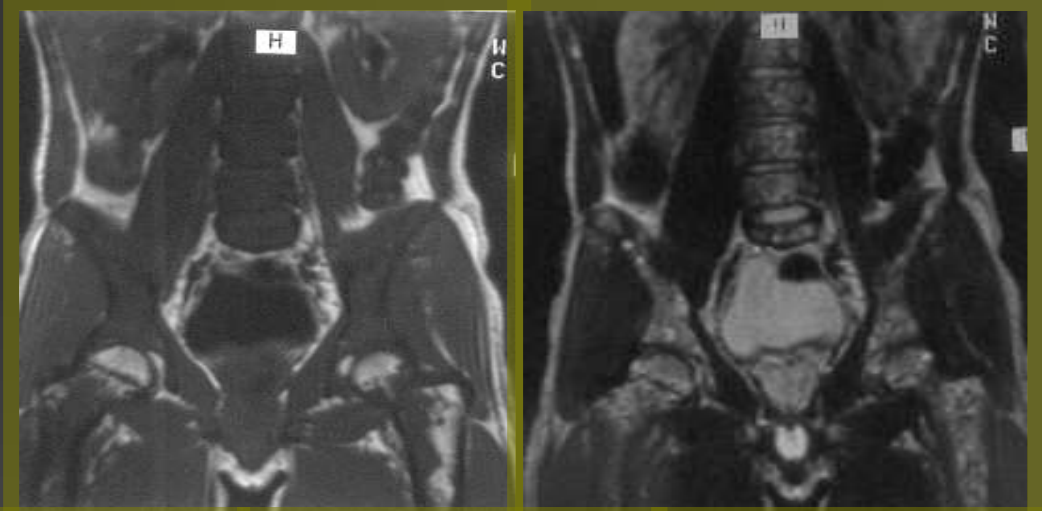


# Moelle osseuse - Lymphome



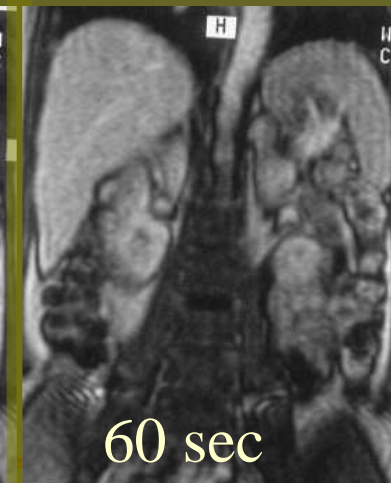
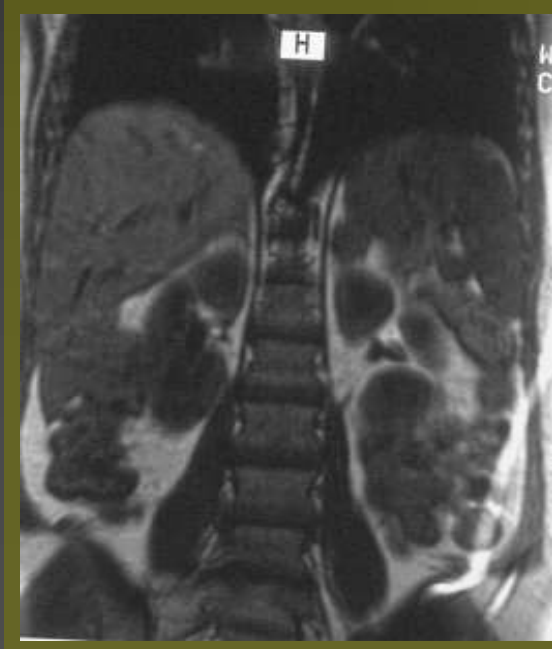
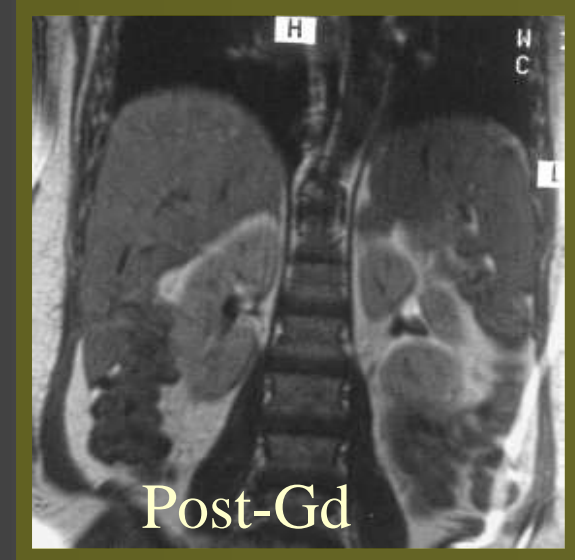
# Moelle osseuse - Lymphome

- Patient de 19 ans : LNH
- Signal T1 compatible avec une infiltration diffuse : rehaussement intense et marqué



# Moelle osseuse - Lymphome




- Après 2 mois de traitement seulement, il n'existe plus de rehaussement détectable de la moelle osseuse (la BM est redevenue normale)
- Alors qu'il n'existe pas de changement de signal T1 permettant d'indiquer une augmentation du contenu graisseux



# Moelle osseuse - Lymphome

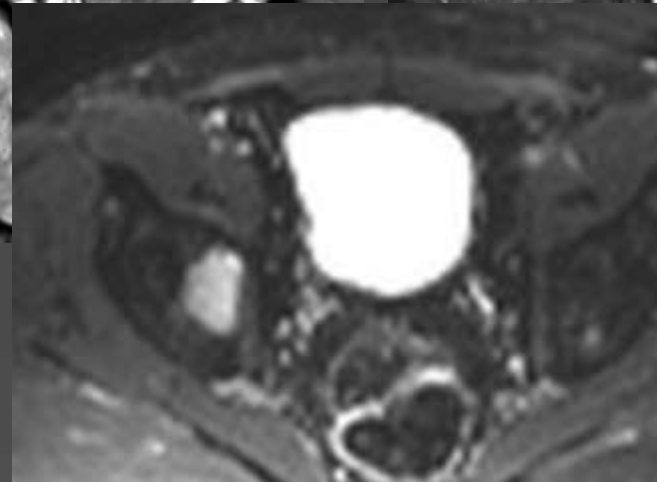
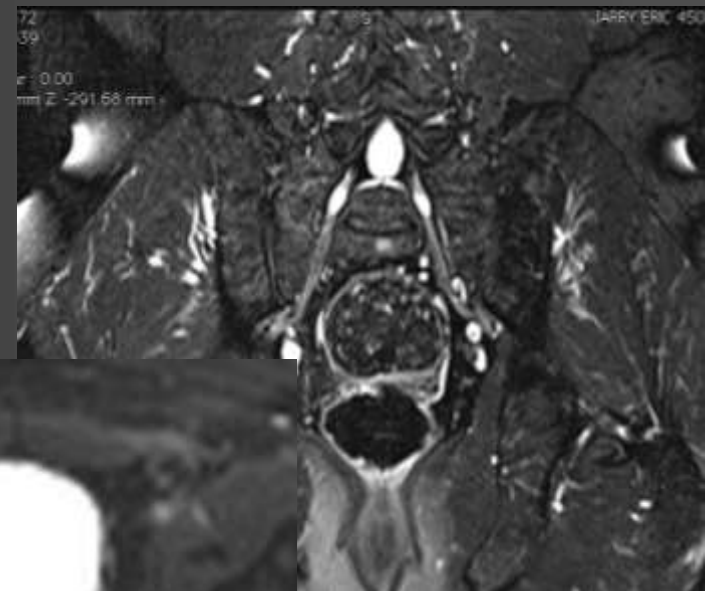
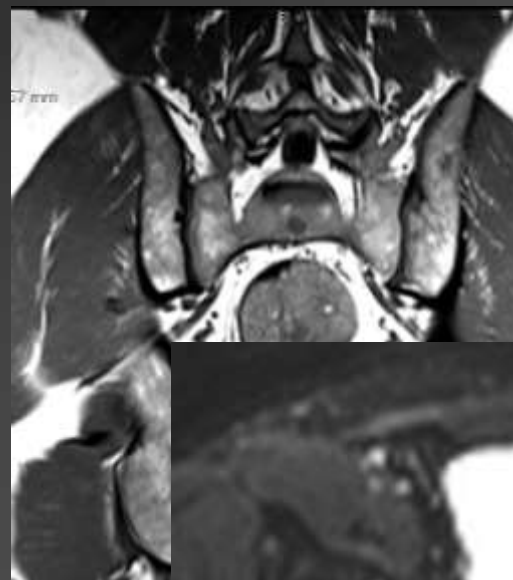
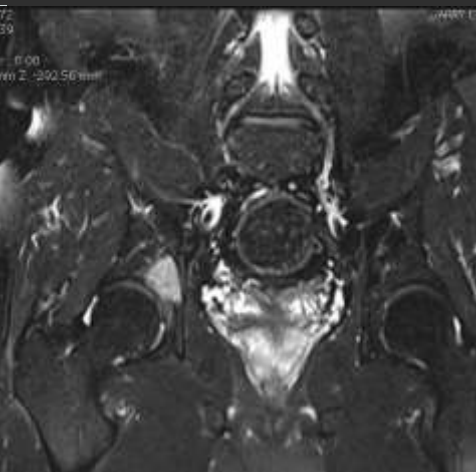
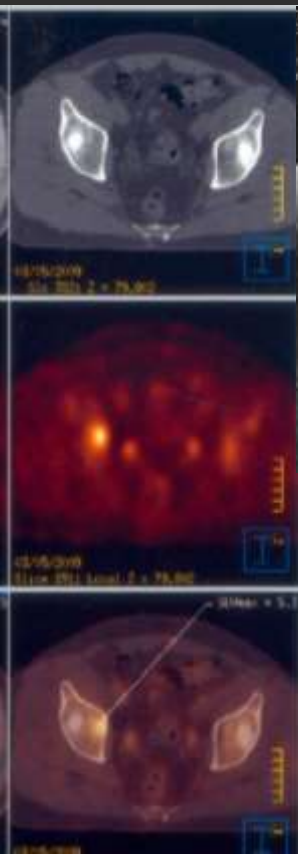
- IRM complémentaire de la biopsie médullaire.

Celle-ci est négative :

- Si douleur au diagnostic  IRM
- Si pas de douleur et NHL bas grade  pas d'IRM
- Si pas de douleur  IRM Corps entier ?

# TEP vs MRI

- TEP moins performant qu'IRM pour detection lesion moelle osseuse *Hur J et al. Acta Radiol 2008*



# Conclusion

---

## IRM DE LA MOELLE OSSEUSE :

- Détection
  - Réponse au traitement
-