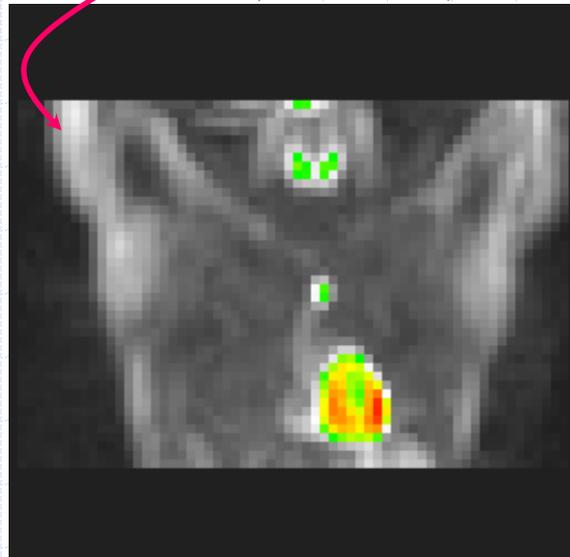
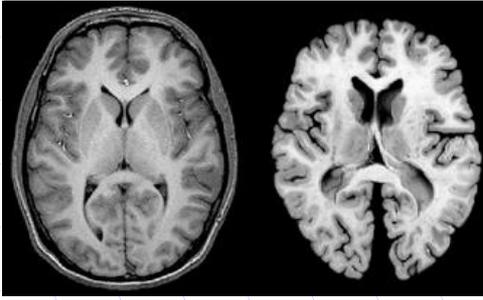
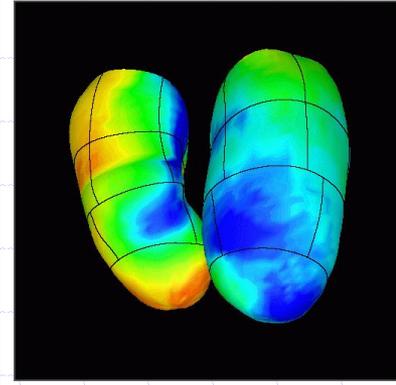
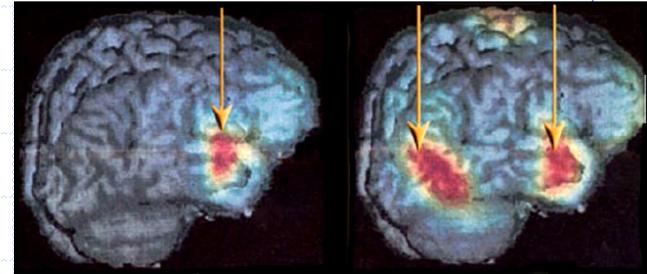
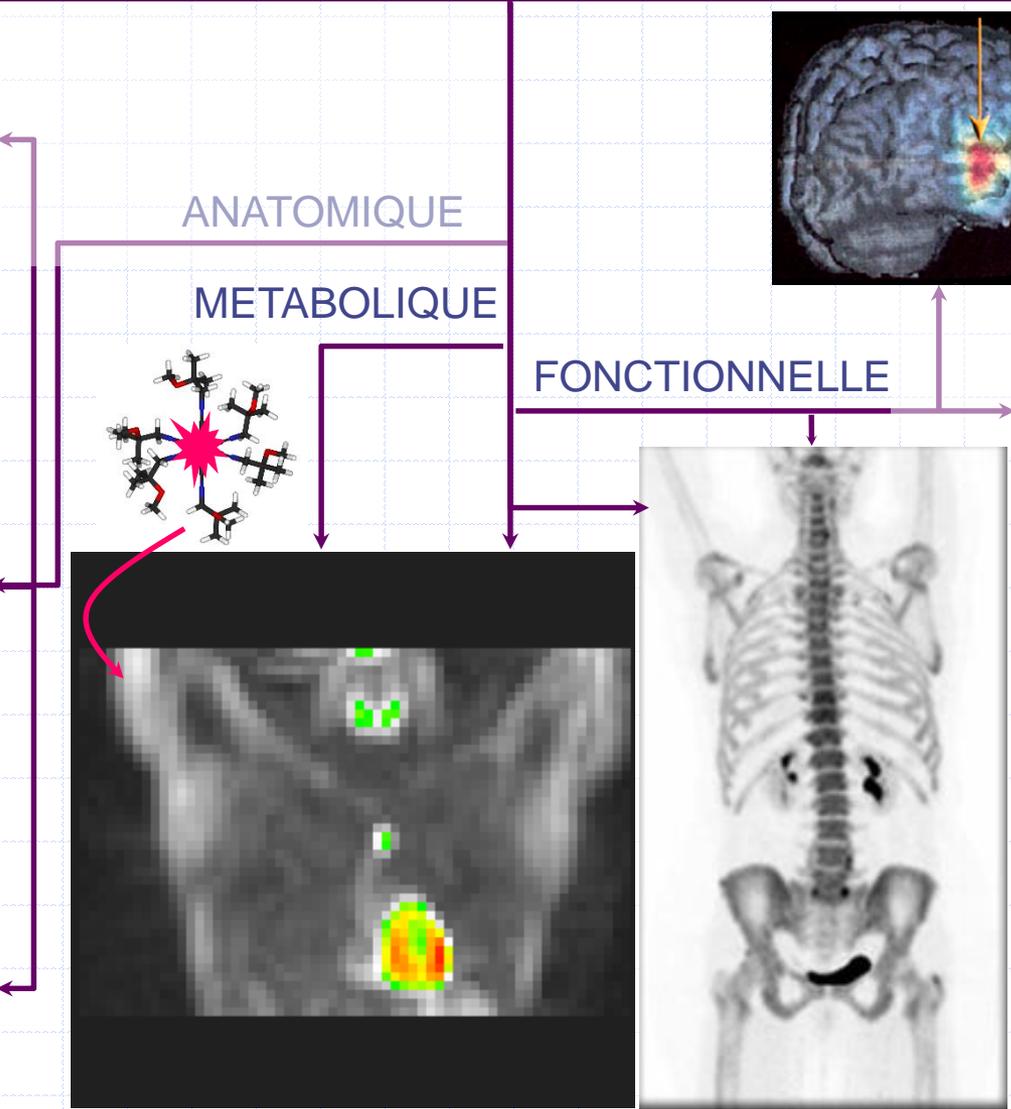


FORMATION TIC (Phymed, Télécom)

IMAGERIE METABOLIQUE & MOLECULAIRE

Fayçal Ben Bouallègue - faybenb@hotmail.com
<http://scinti.etud.univ-montp1.fr>

Imagerie médicale



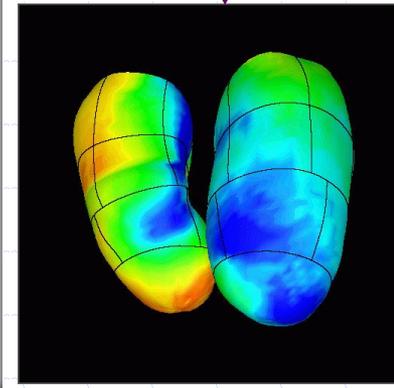
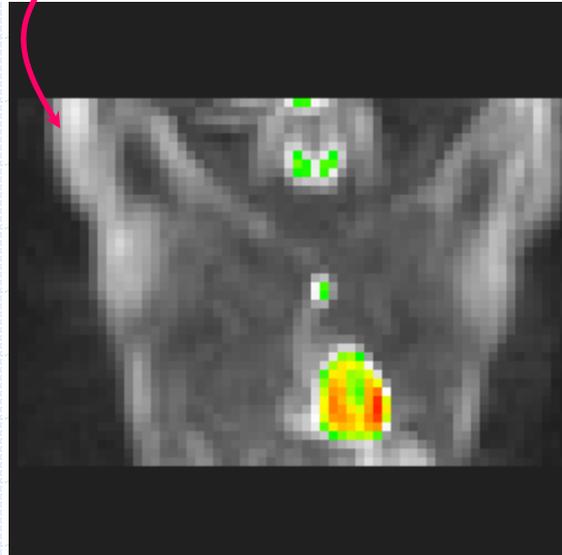
Médecine Nucléaire

Utilisation de **marqueurs radioactifs** pour tracer le devenir d'un **vecteur** (atome, molécule, cellule) dans un but diagnostique

IMAGERIE
DIAGNOSTIQUE
METABOLIQUE



IMAGERIE DIAGNOSTIQUE FONCTIONNELLE



Médecine Nucléaire

Utilisation de **marqueurs radioactifs** pour tracer le devenir d'un **vecteur** dans un but diagnostique ou thérapeutique

IMAGERIE
DIAGNOSTIQUE
METABOLIQUE

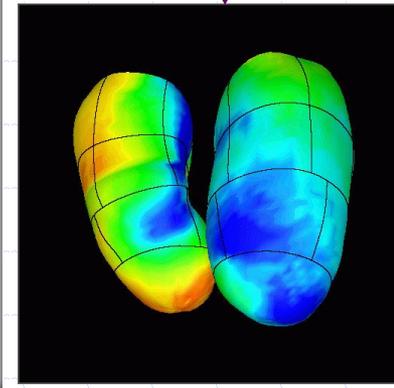
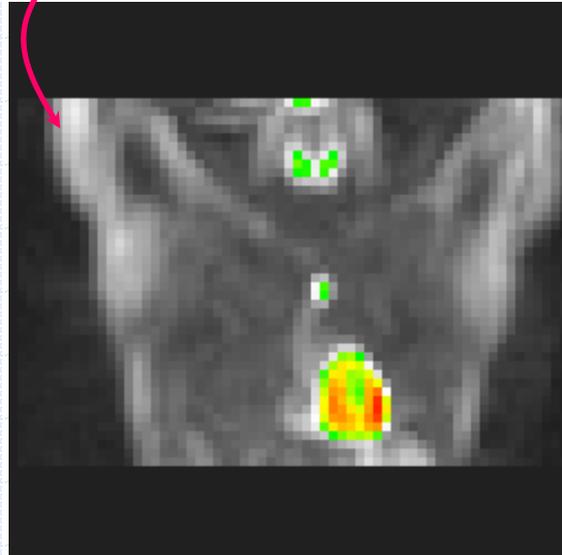


RADIOTHERAPIE METABOLIQUE
VECTORISEE

DETECTION PER-OPERATOIRE

DOSAGES RADIOIMMUNOLOGIQUES

IMAGERIE DIAGNOSTIQUE FONCTIONNELLE



MARQUEURS RADIOACTIFS

	ISOTOPE	RADIO PROTECTION	PROPRIETES
DIAGNOSTIC IN VIVO ou DETECTION	EMETTEURS DE PHOTONS PENETRANTS PEU DIFFUSES ⇒ β^+ ou γ ⇒ IONISANTS	PEU IRRADIANTS ⇒ T courtes : sec – h ⇒ ISOTOPES ARTIFICIELS	(RENDUS) SPECIFIQUES D'UN METABOLISME ⇒ MARQUAGE

MARQUEURS RADIOACTIFS

	ISOTOPE	RADIO PROTECTION	PROPRIETES
DIAGNOSTIC IN VIVO ou DETECTION	EMETTEURS DE PHOTONS PENETRANTS PEU DIFFUSES ⇒ β^+ ou γ ⇒ IONISANTS	PEU IRRADIANTS ⇒ T courtes : sec – h ⇒ ISOTOPES ARTIFICIELS	(RENDUS) SPECIFIQUES D'UN METABOLISME ⇒ MARQUAGE
DIAGNOSTIC IN VITRO (RIA)	COMPTAGE ⇒ X ou γ d'E faible		AFFINITE POUR LE CORPS A DOSER ⇒ $^{125}_{53}\text{I}$ $^{14}_6\text{C}$...

MARQUEURS RADIOACTIFS

	ISOTOPE	RADIO PROTECTION	PROPRIETES
DIAGNOSTIC IN VIVO ou DETECTION	EMETTEURS DE PHOTONS PENETRANTS PEU DIFFUSES ⇒ β^+ ou γ ⇒ IONISANTS	PEU IRRADIANTS ⇒ T courtes : sec – h ⇒ ISOTOPES ARTIFICIELS	(RENDUS) SPECIFIQUES D'UN METABOLISME ⇒ MARQUAGE
DIAGNOSTIC IN VITRO (RIA)	COMPTAGE ⇒ X ou γ d'E faible		AFFINITE POUR LE CORPS A DOSER ⇒ $^{125}_{53}\text{I}$ $^{14}_6\text{C}$...
THERAPIE	EMETTEURS DE PARTICULES IRRADIANTES	PARCOURS COURTS ⇒ α ou β ⇒ T assez courtes : jour ⇒ ISOTOPES ARTIFICIELS	(RENDUS) SPECIFIQUES D'UNE PATHOLOGIE ⇒ MARQUAGE

VECTEURS

◆ Simples isotopes radioactifs (aérosols, colloïdes)

- ◆ Diagnostic : $^{99}_{43}\text{Tc}$, $^{201}_{81}\text{Tl}$, $^{123}_{53}\text{I}$, $^{81}_{36}\text{Kr}$, $^{67}_{31}\text{Ga}$, $^{68}_{31}\text{Ga}$, $^{18}_8\text{F}$
- ◆ Thérapie : $^{32}_{15}\text{P}$, $^{169}_{68}\text{Er}$, $^{186}_{75}\text{Re}$, $^{90}_{39}\text{Y}$, $^{131}_{53}\text{I}$...

◆ Molécules

- ◆ HMPAO, ECD : perfusion cérébrale
- ◆ MIBI, TETROFOSMINE / Albumine : perfusion cœur / poumon
- ◆ MIBG, Cholestérol, Octréotide, FDG : cancers (principalement)
- ◆ BIPHOSPHONATES : maladies des os
- ◆ MAG3, DTPA, DMSA, HIDA, Mébrofénine : rein, foie, vésicule
- ◆ Anticorps monoclonaux, récepteurs mb. : infection, thérapie

◆ Cellules

- ◆ globules rouges : sang circulant, fonction cardiaque
- ◆ polynucléaires : infection, plaquettes

MARQUAGE DE VECTEURS

◆ marqueur non métallique, halo (F, I), chalcogène (O), N, P, C :

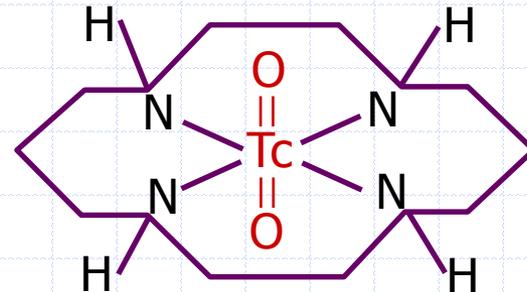
- ◆ Liaison directe sur C, pour toute taille de vecteur.
- ◆ Addition électrophile, échange d'halogènes.
- ◆ Marqueurs β^+ : ${}_{6}^{11}\text{C}$, ${}_{8}^{18}\text{F}$
- ◆ Marqueurs γ : ${}_{53}^{123}\text{I}$

◆ marqueur métallique :

- ◆ Les liaisons simples C-Métal sont instables dans l'eau
- ◆ Groupe complexant avec plusieurs donneurs d'e⁻

■ Exemple : Tétradentate :

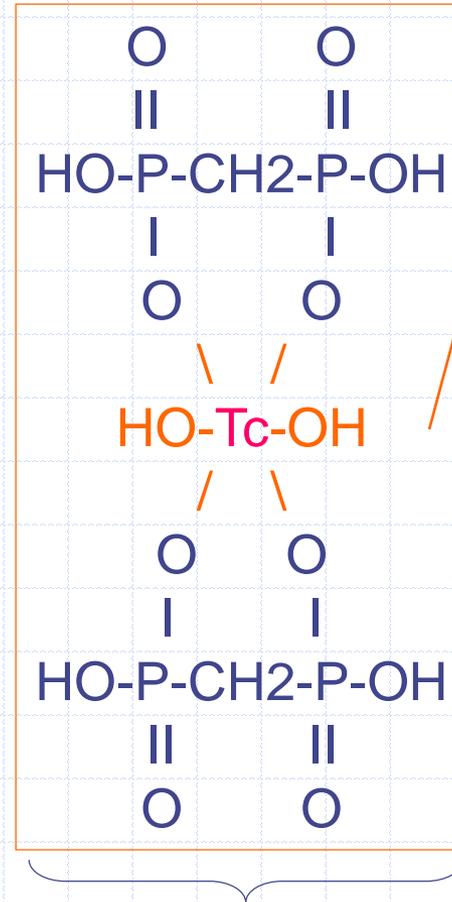
- ◆ Seulement pour de grosses molécules vectrices.



SCINTIGRAPHIE

Le **marqueur** est utilisé pour rendre radioactive une molécule **vectrice** spécifique d'un métabolisme d'intérêt.

La cartographie de radioactivité mesurée est appelée **scintigraphie**

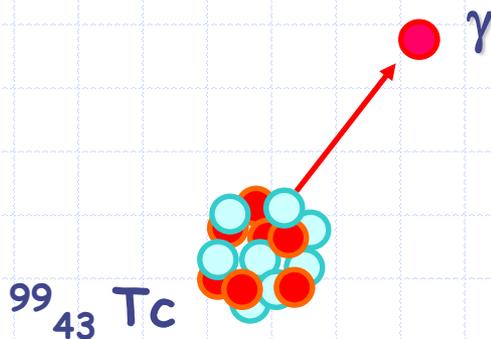
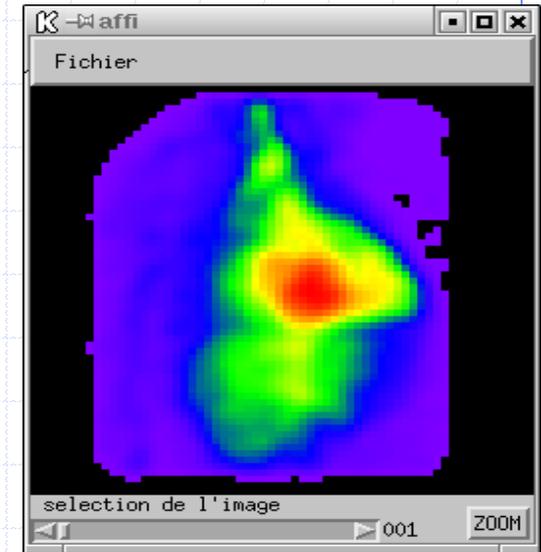
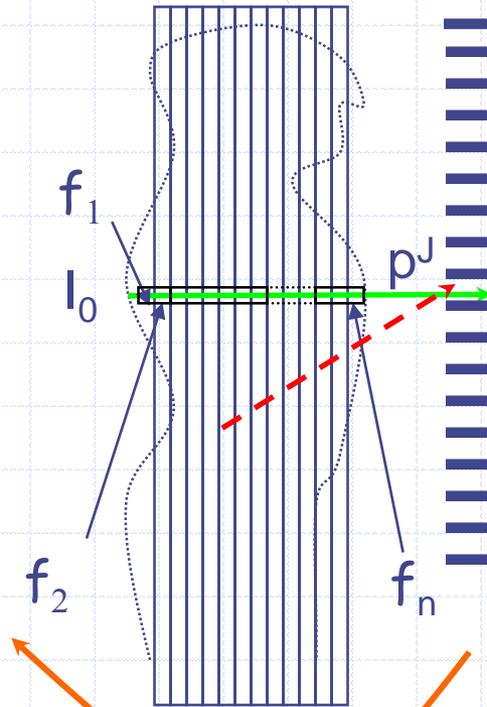


TRACEUR RADIOACTIF

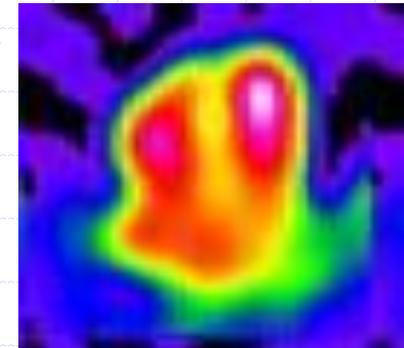


SCINTIGRAPHIE γ (SPECT)

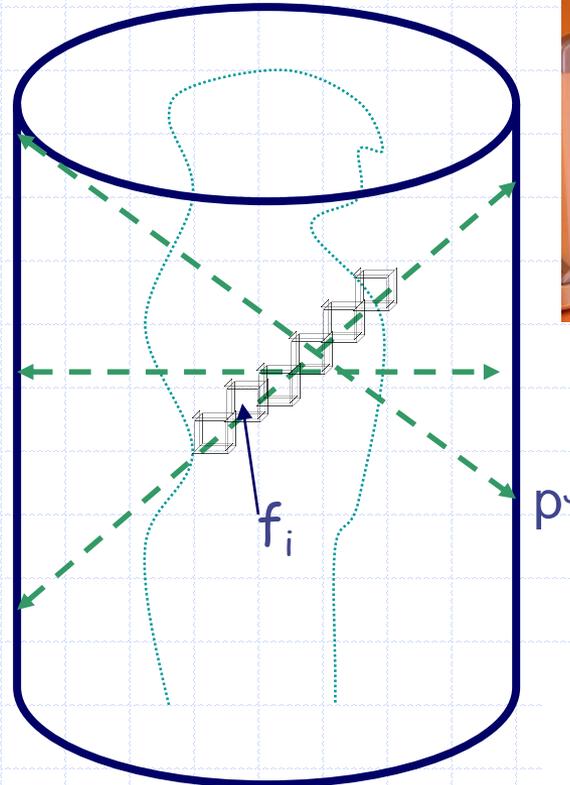
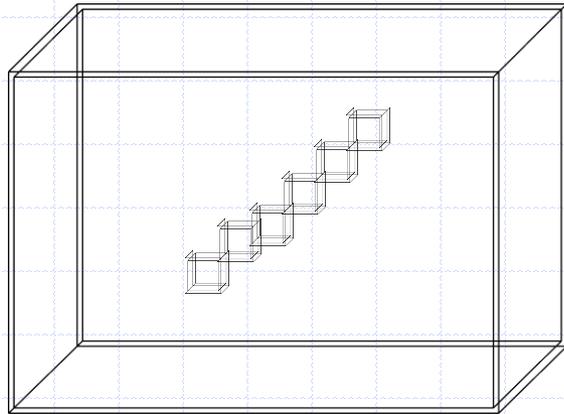
COLLIMATEUR



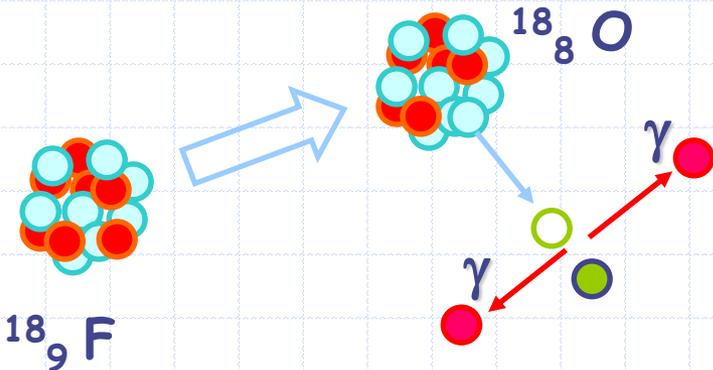
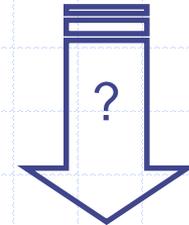
$$p^j = \sum_i R_i^j f_i$$



SCINTIGRAPHIE β^+ (PET)



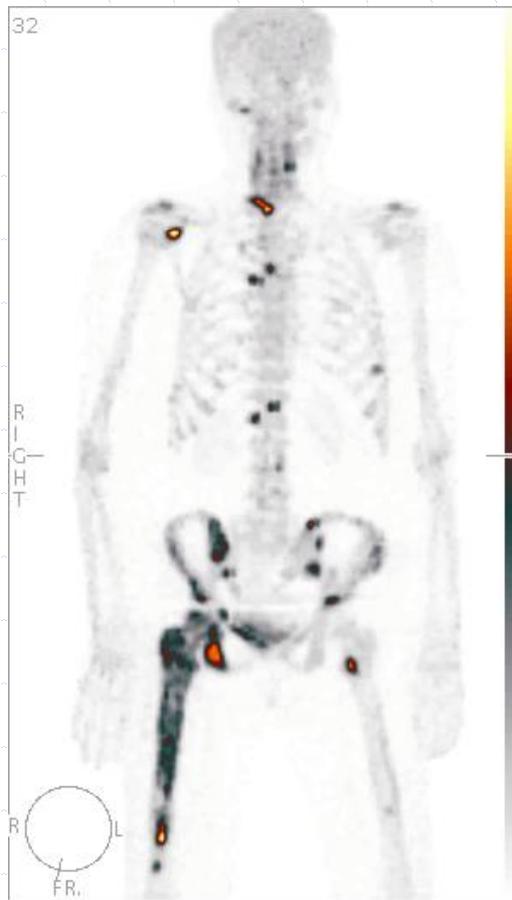
$$p^j = \sum_i R_i^j f_i$$



Exemple de scintigraphies diagnostiques

Os, thyroïde, cœur, poumon, rein,
cerveau, cancers, infections...

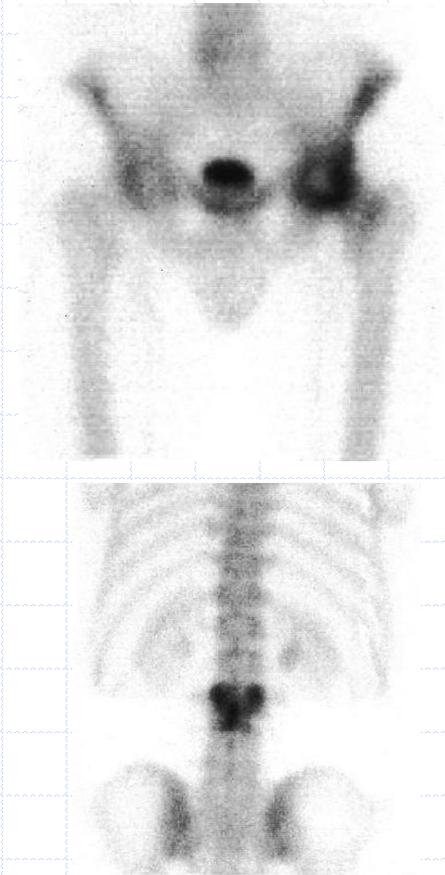
REMODELLEMENT OSSEUX



BIPHOSPHONATE
mTc 99 - BP

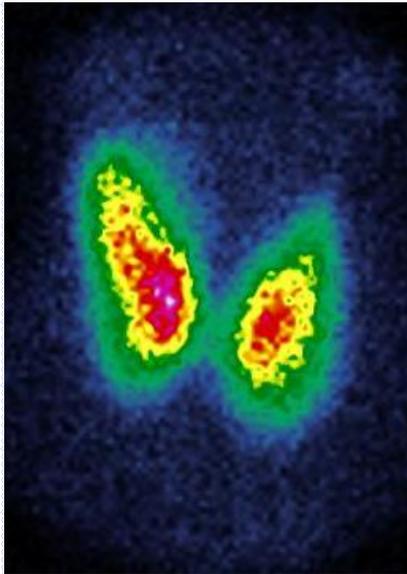


F 18 - Na

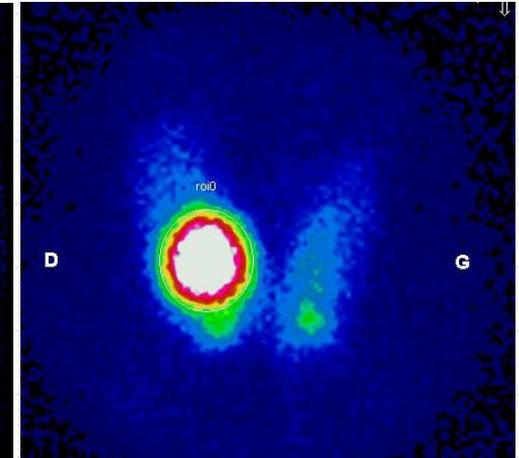
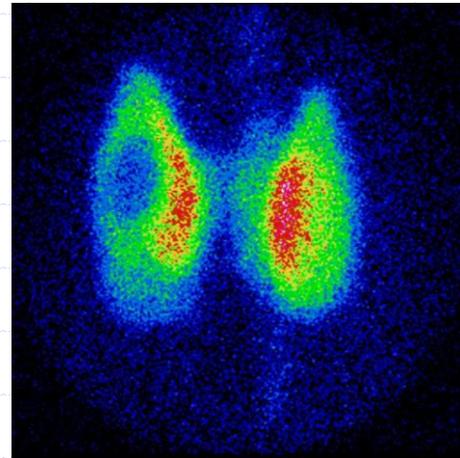


BIPHOSPHONATE
mTc 99 - BP

NODULES THYROIDIENS



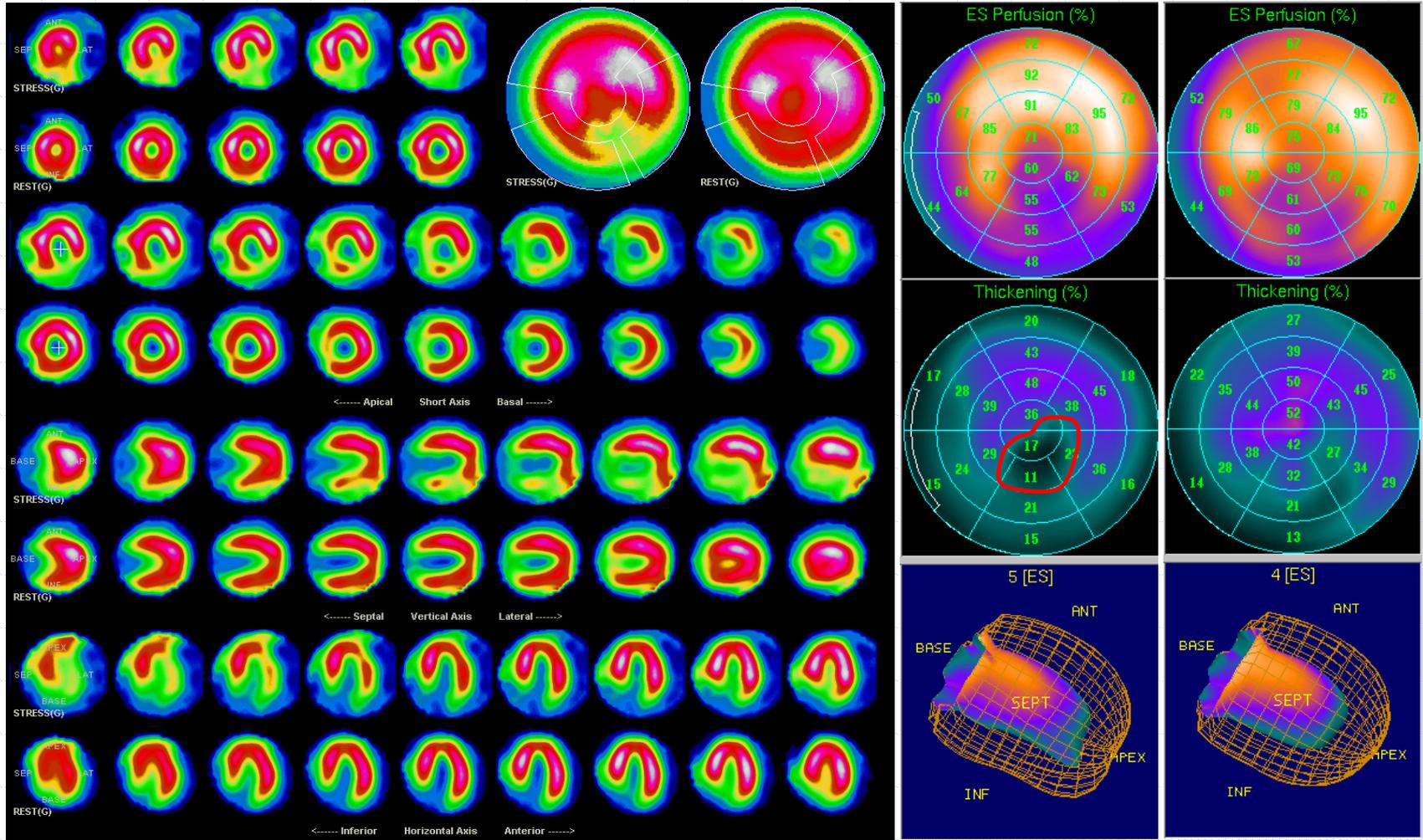
mTc 99 - O₄⁻



cancers ⇒ froid

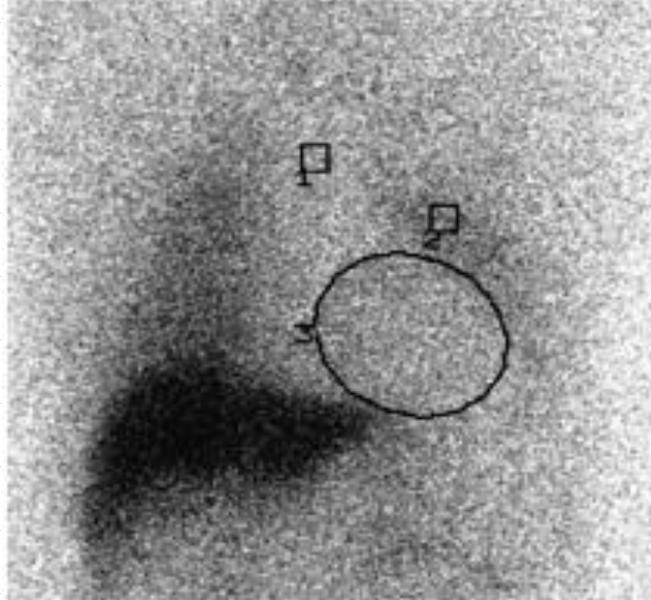
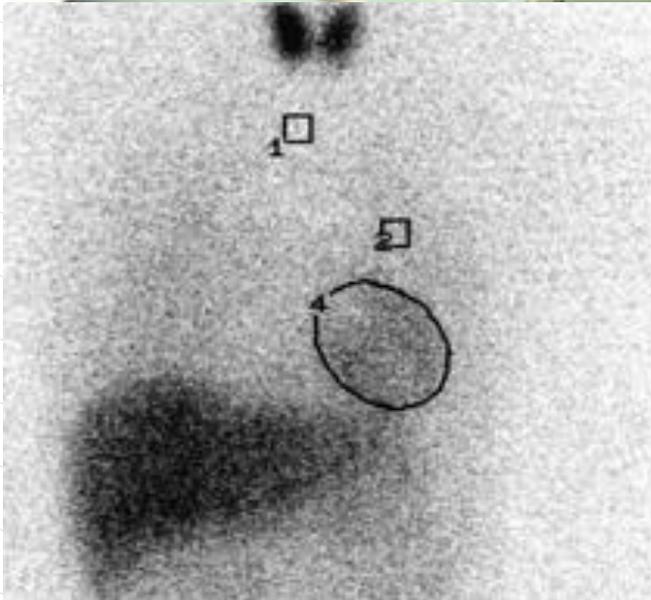
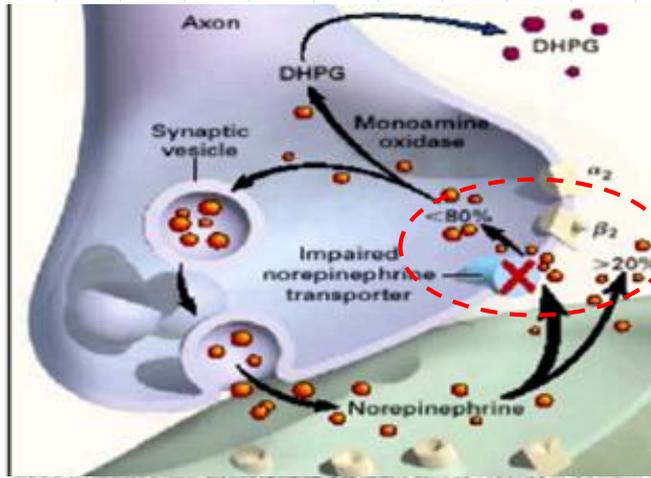
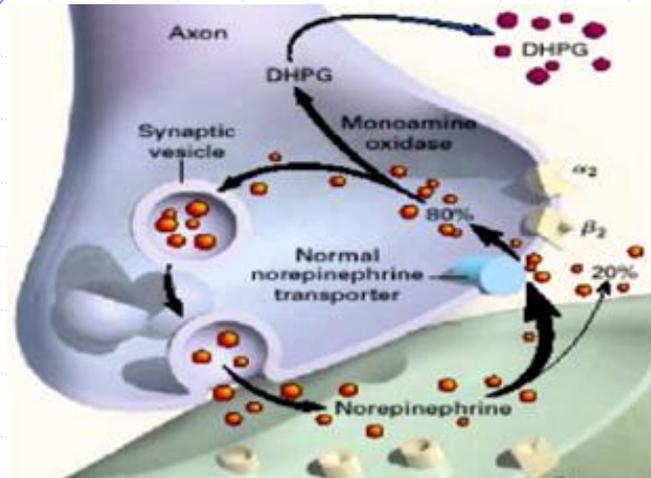
Principale indication: bilan des hyperthyroïdies

PERFUSION MYOCARDIQU

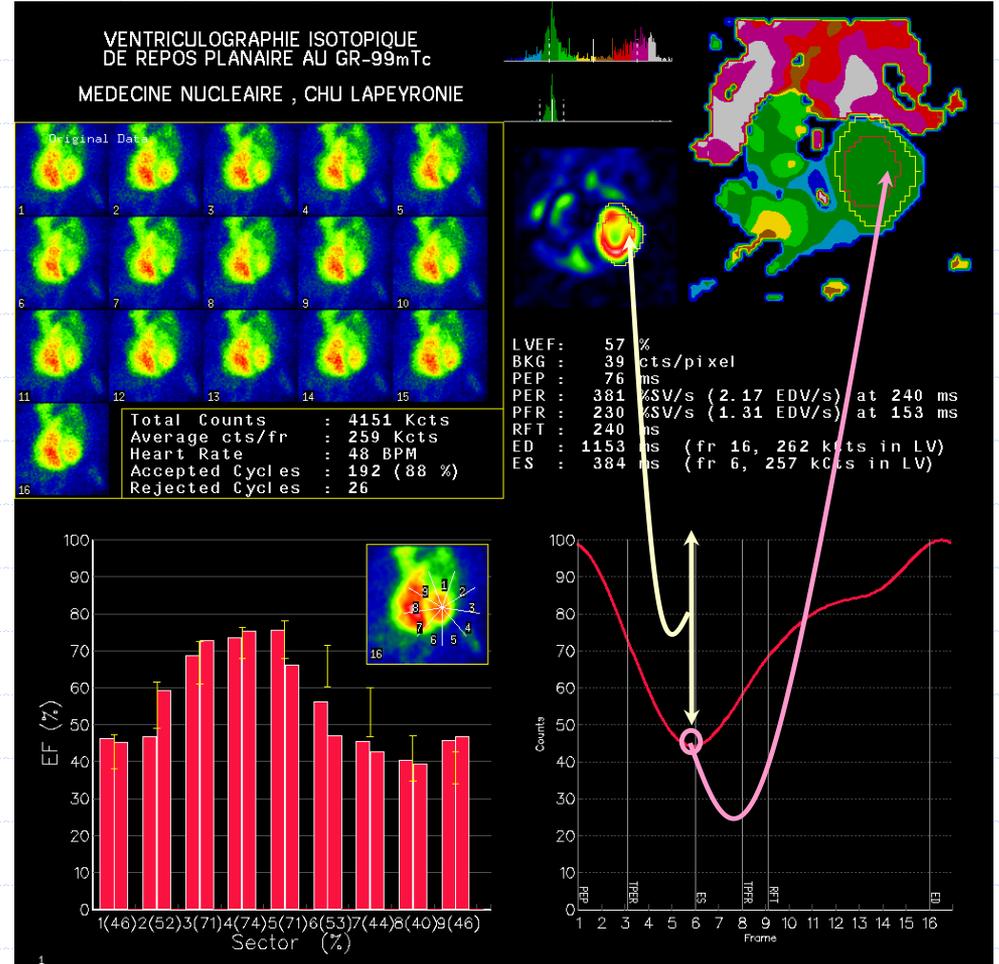
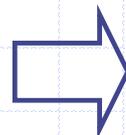
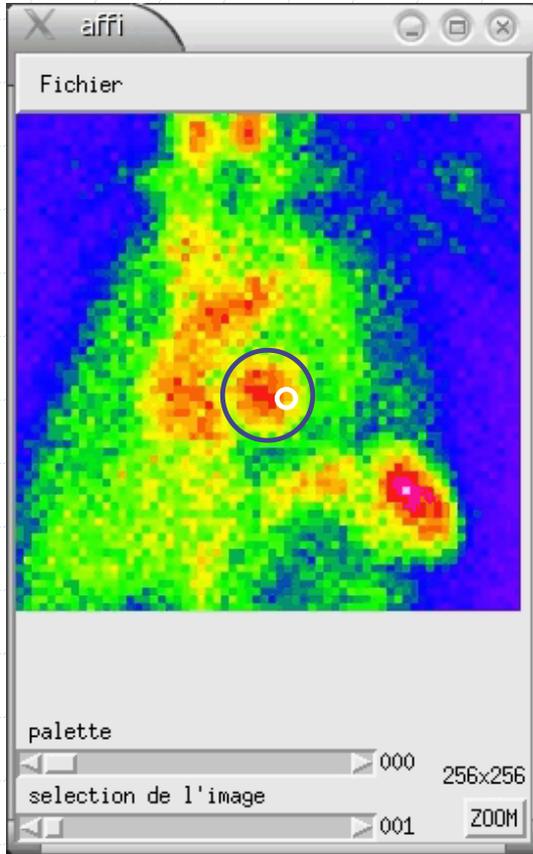


CATION LIPOPHILE - mTc 99 ou Tl 201

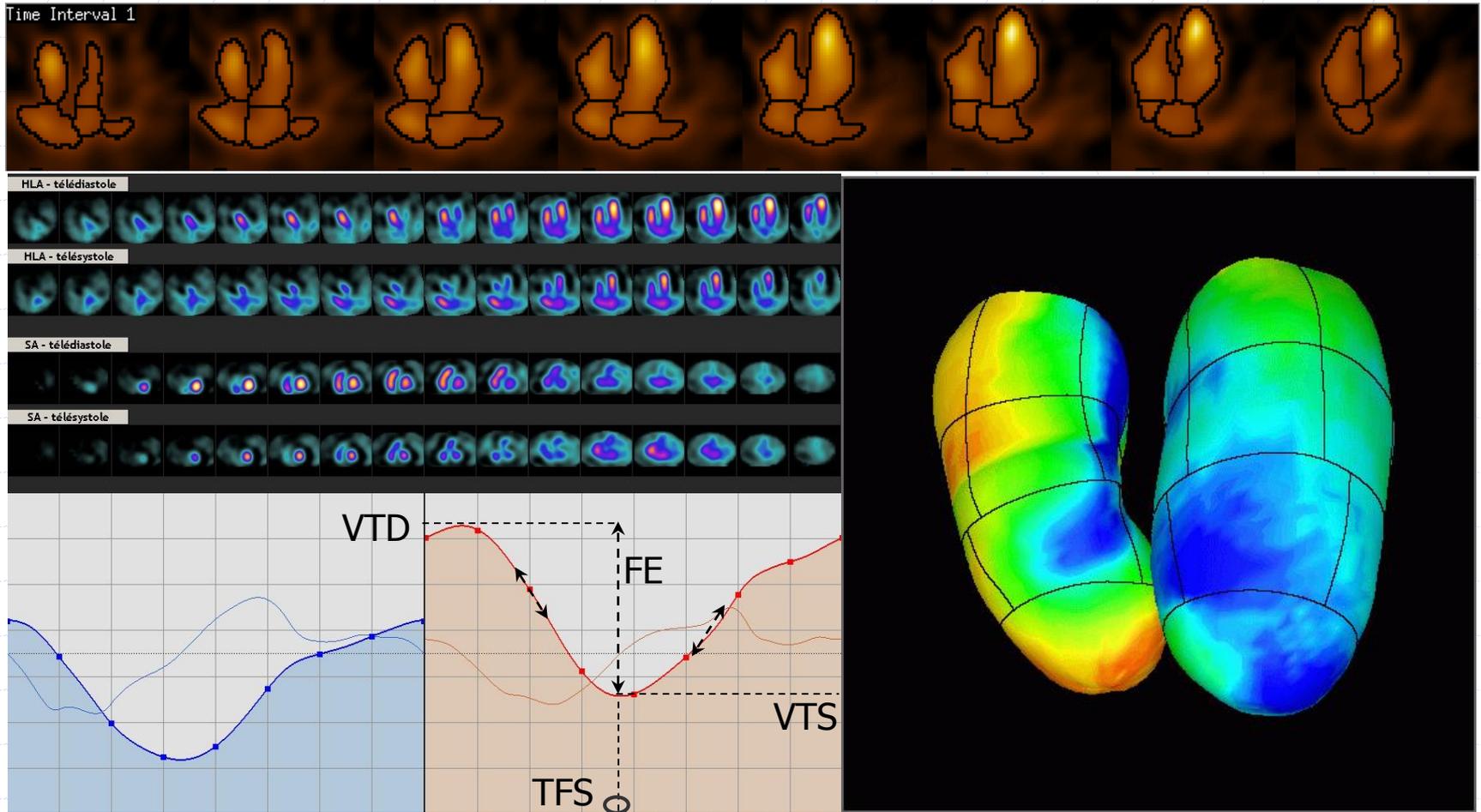
INNERVATION MYOCARDIQUE



CONTRACTION CARDIAQUE

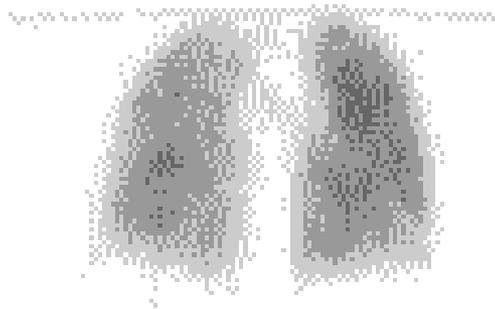


CONTRACTION CARDIAQUE



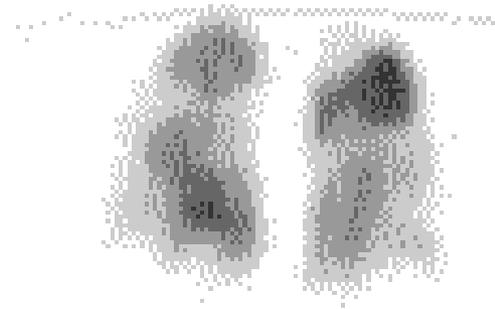
HEMATIE - mTc 99

VENTILATION ET PERFUSION PULMONAIRES



VENTILATION

m99Tc – C-Aérosol



PERFUSION

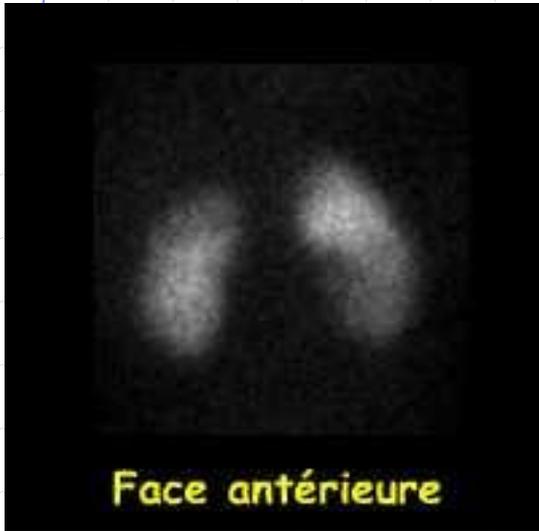
m99Tc - Albumine



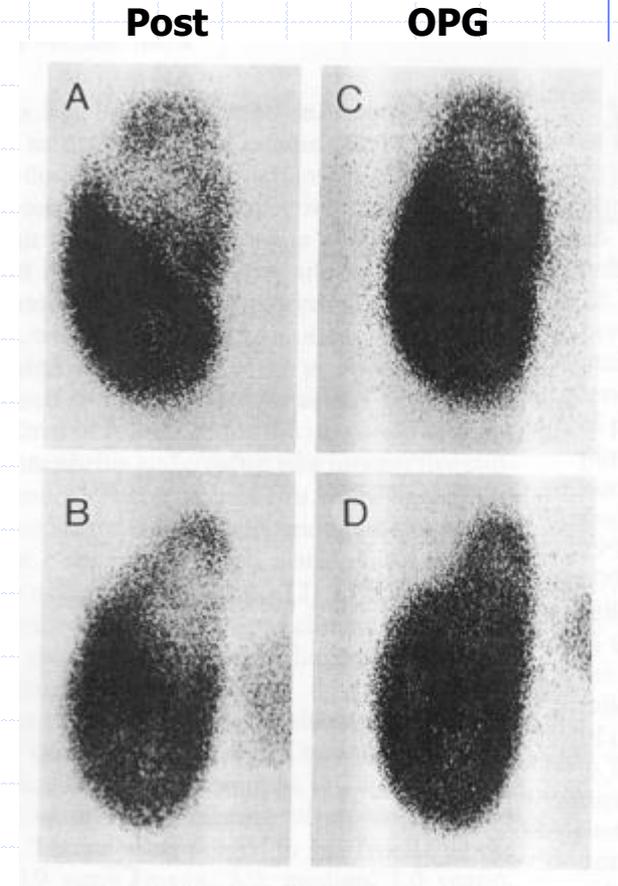
VENTILATION / PERFUSION

SCINTIGRAPHIES RENALES

m99Tc-DMSA



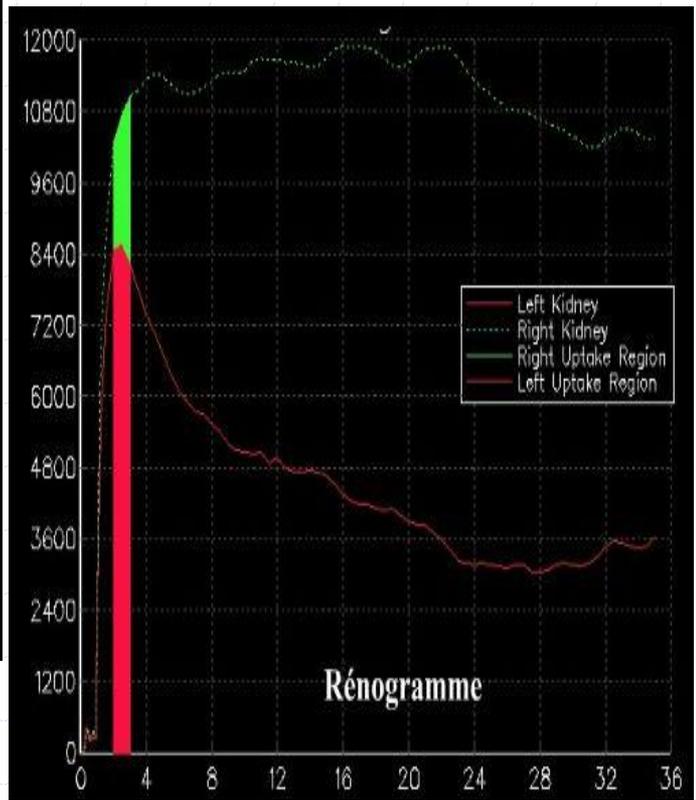
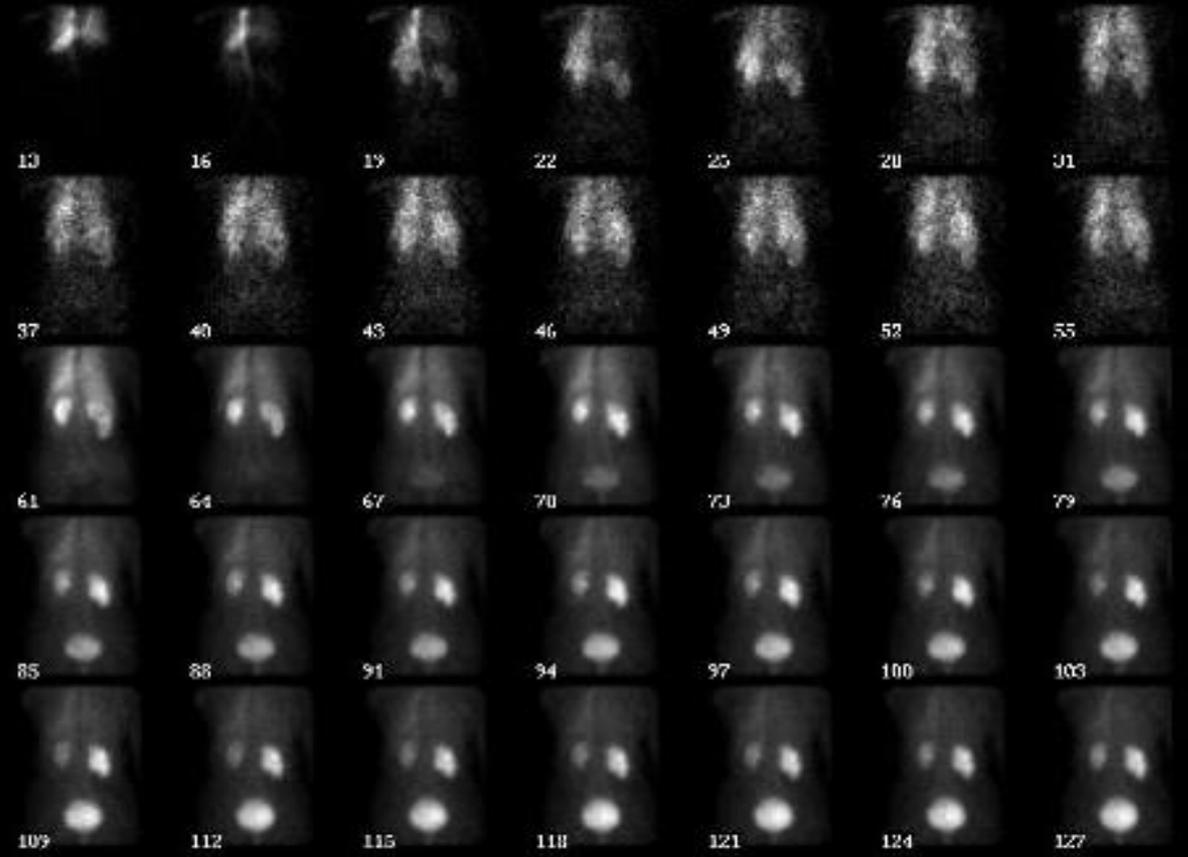
Pyélonéphrite aiguë



Cicatrice

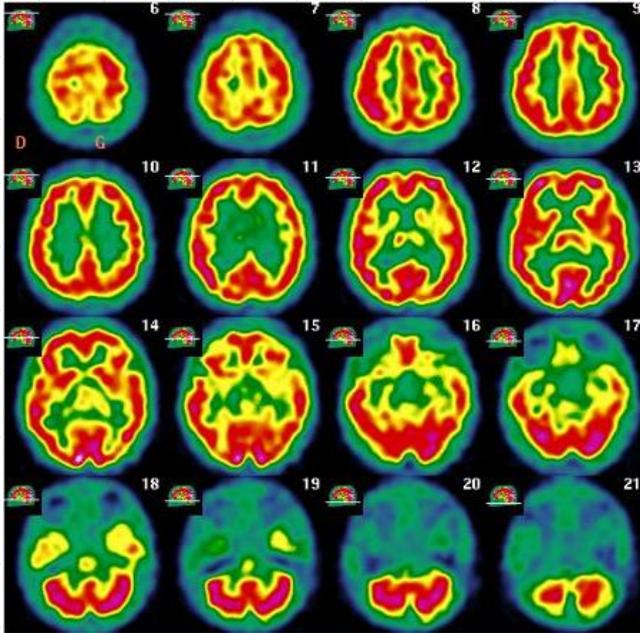
SCINTIGRAPHIES RENALES

DTPA Lasilix

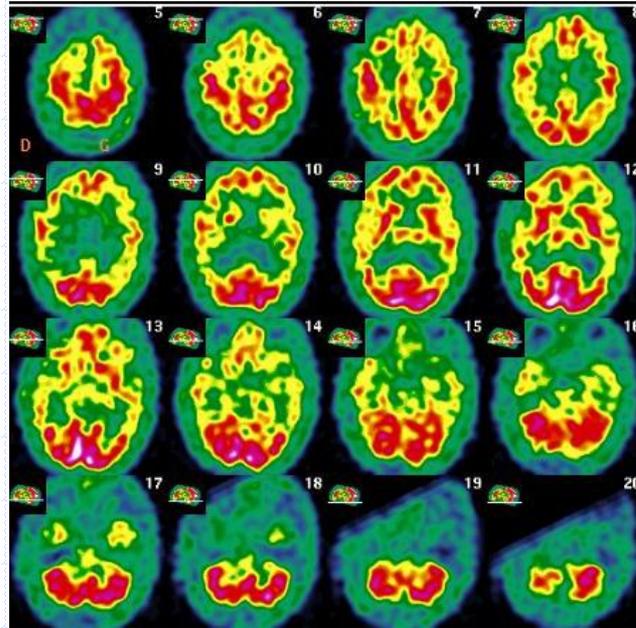


m99Tc-DTPA

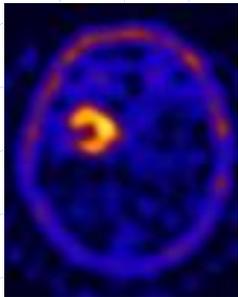
SCINTIGRAPHIES CEREBRALES



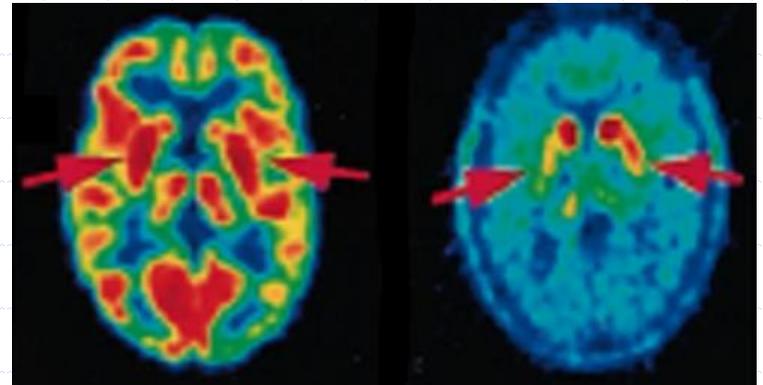
normal



Alzheimer



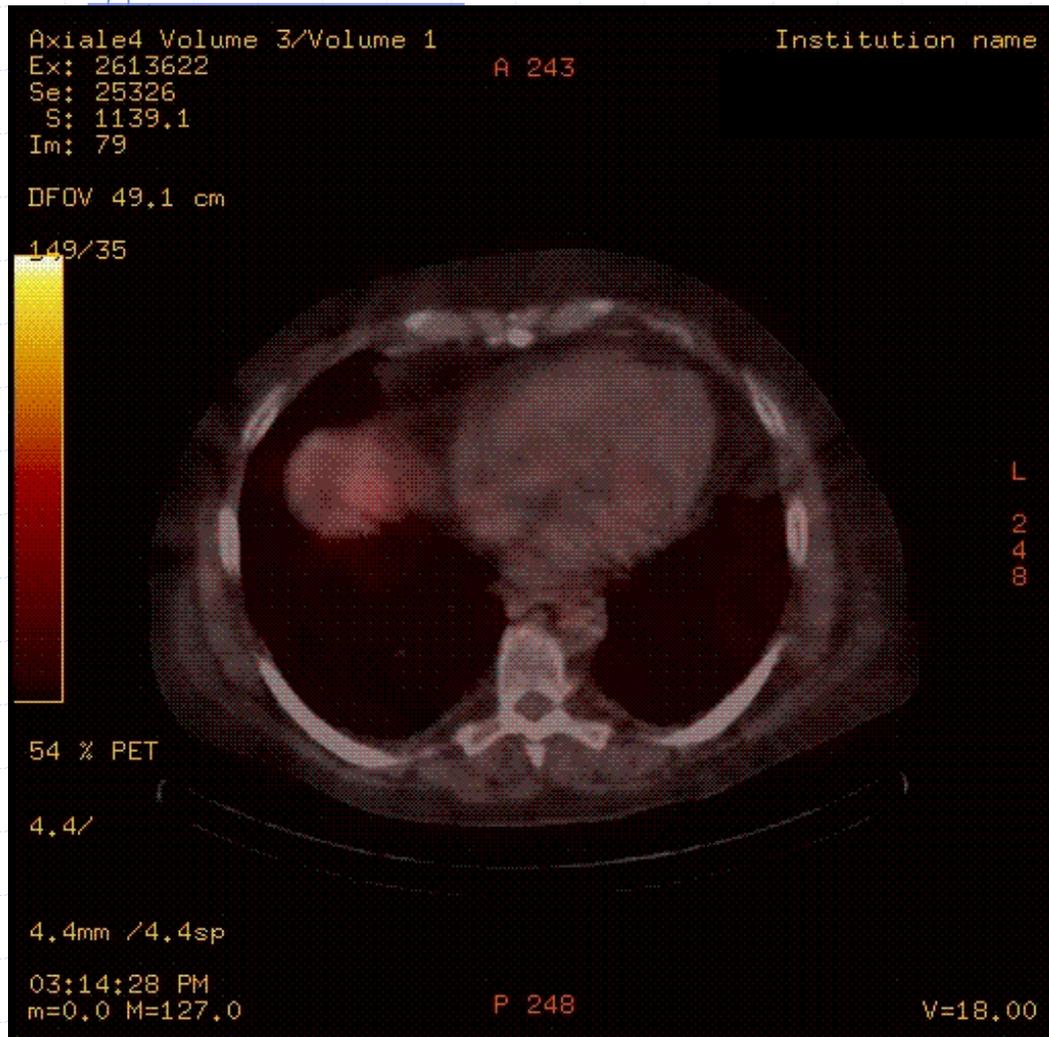
201 Tl



18F-DG

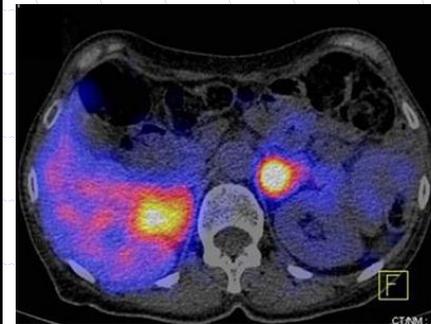
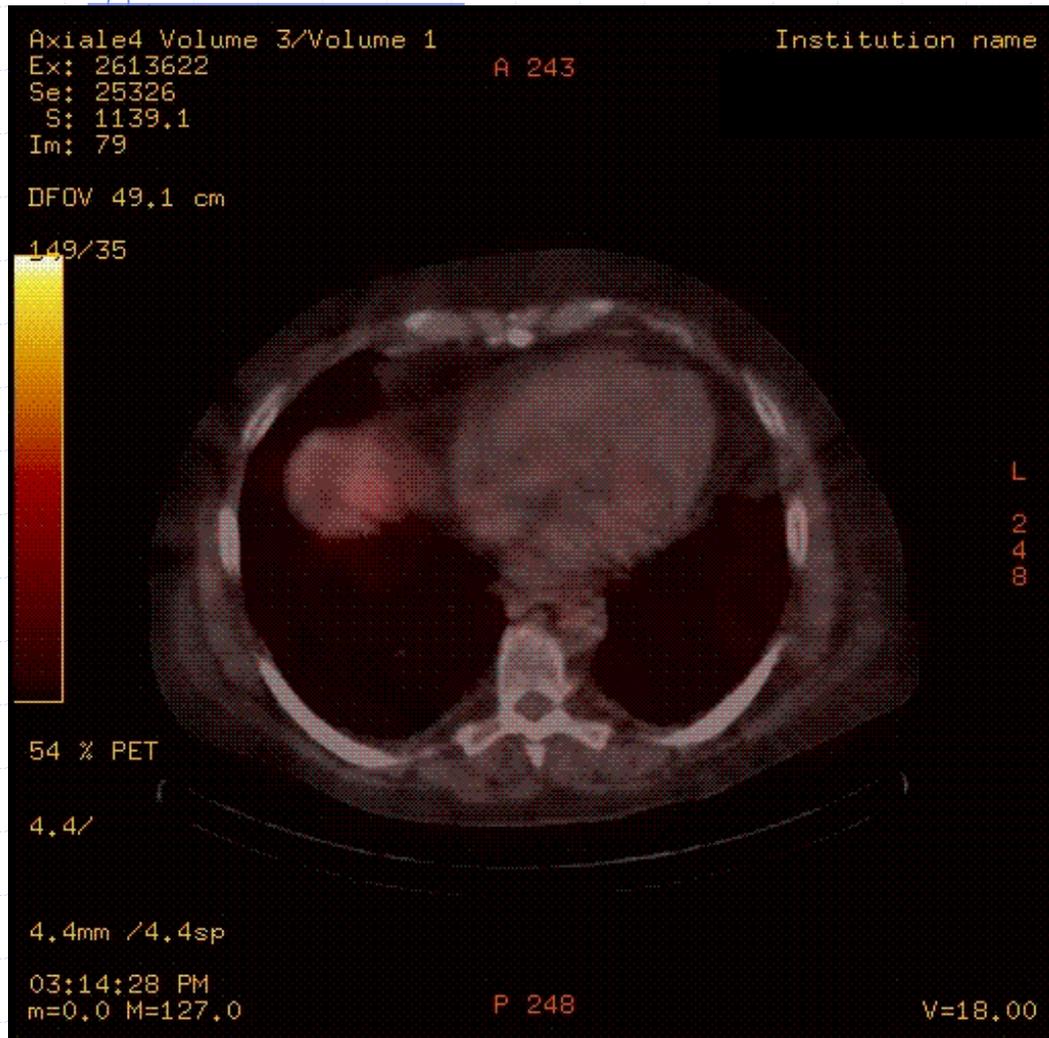
18F-DOPA

CANCERS



OCTREOTIDE - In 111

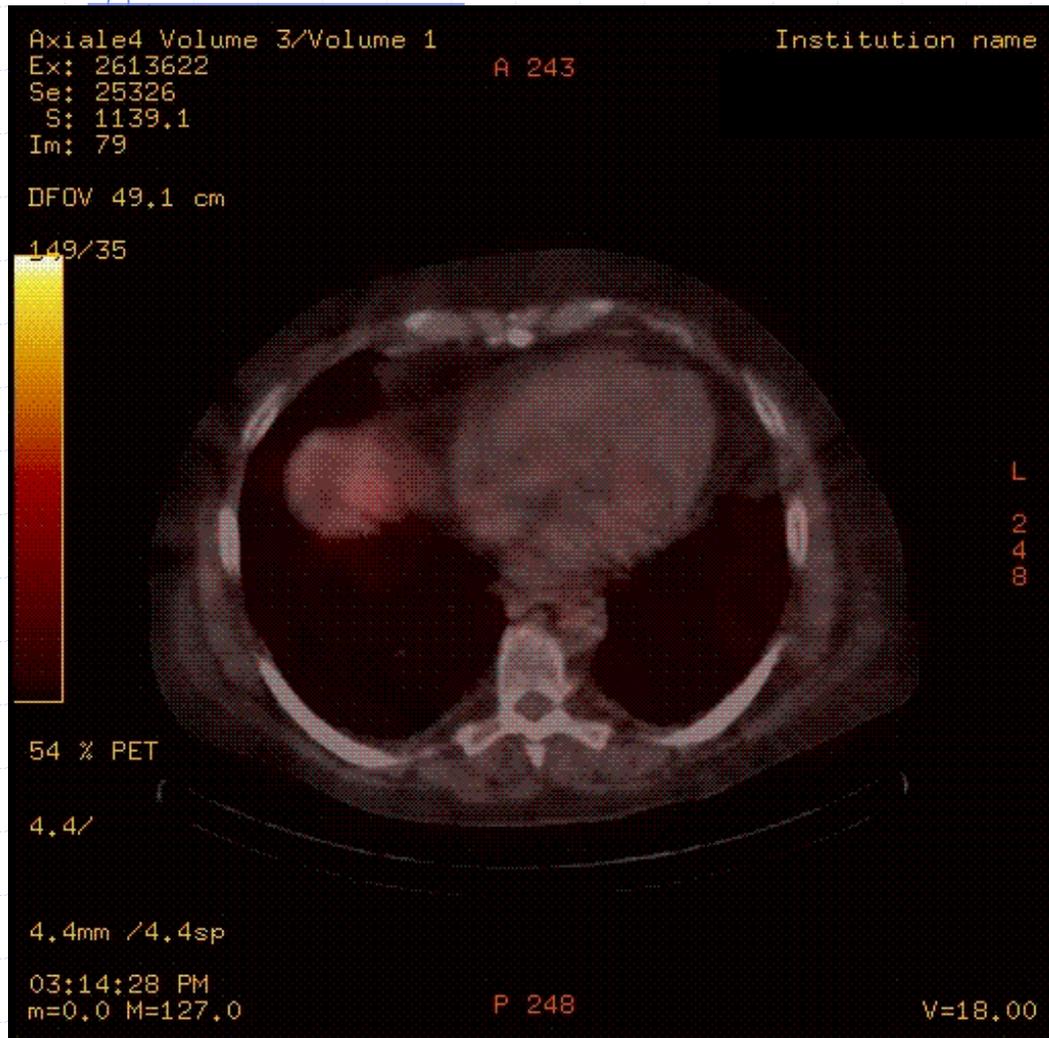
CANCERS



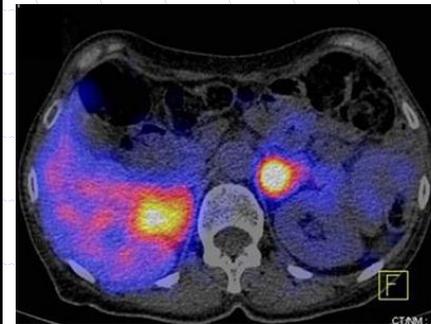
OCTREOTIDE - In 111

¹²³I -MIBG

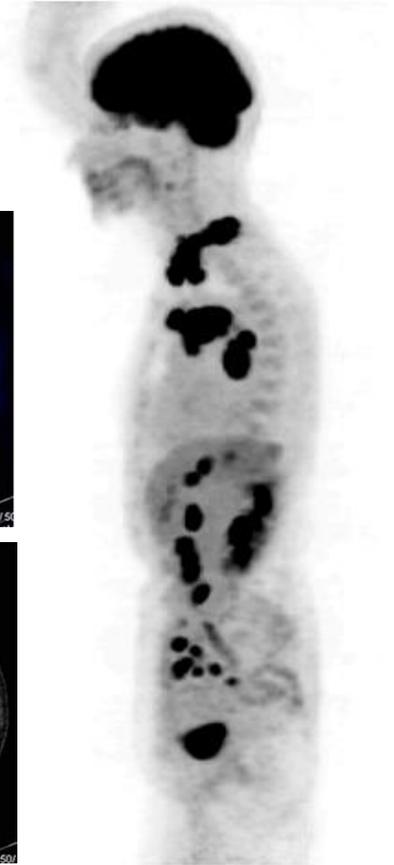
CANCERS



OCTREOTIDE - In 111

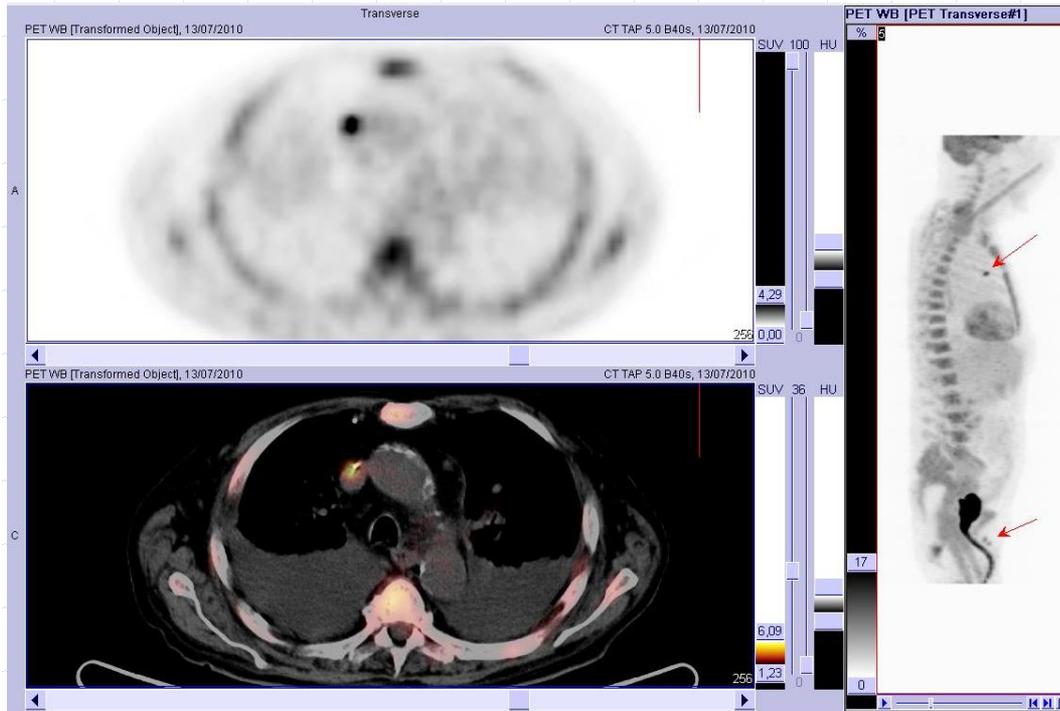


123 I -MIBG



18 F -DG

INFECTIONS

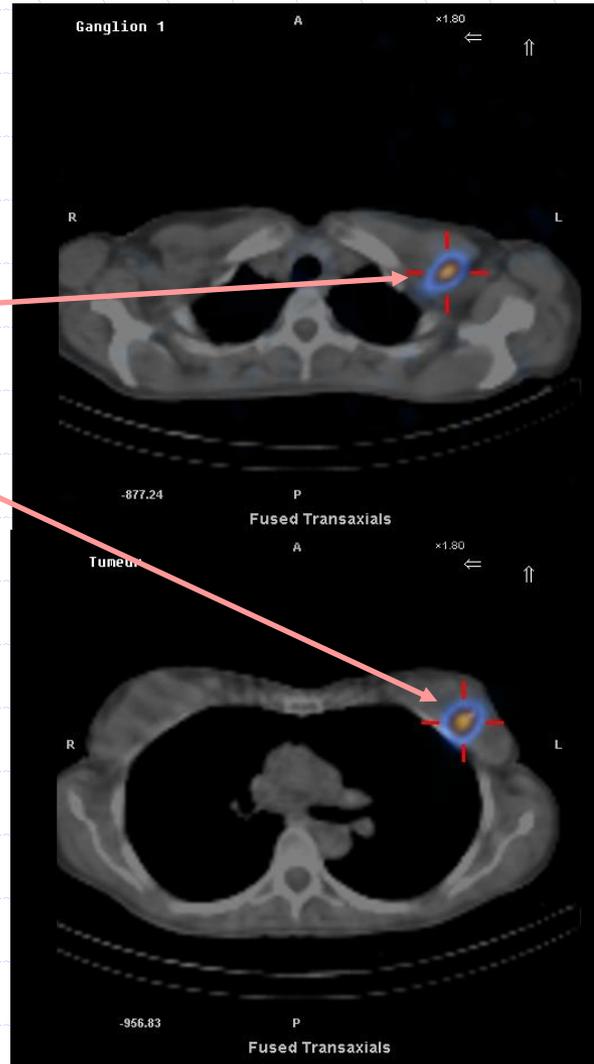
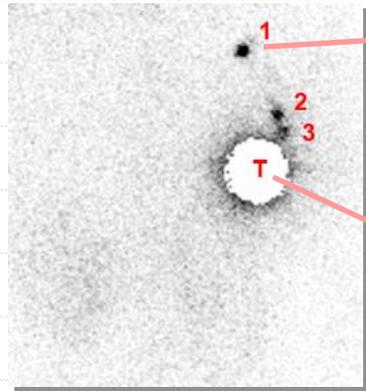


18 F – DG



M99 Tc – BP

DETECTION PEROPERATOIRE

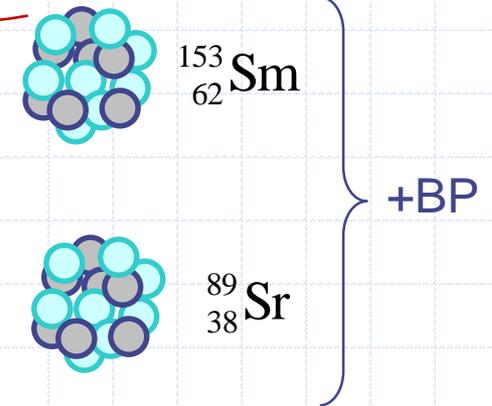
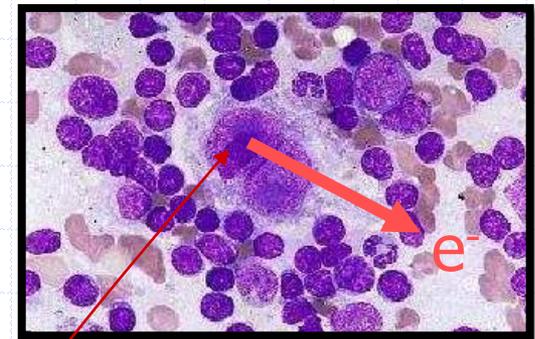
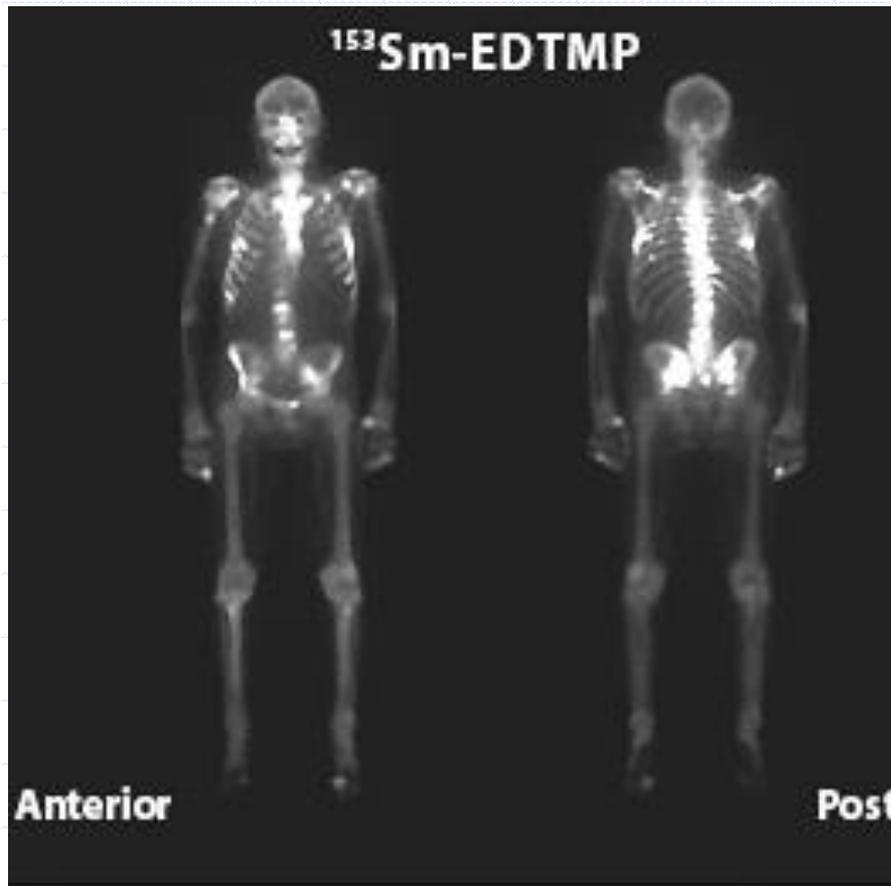


THERAPIE METABOLIQUE

Cancers thyroïdiens, hyperthyroïdie,
Métastases osseuses,
Lymphomes, tumeurs cérébrales,
Synoviorthèses...

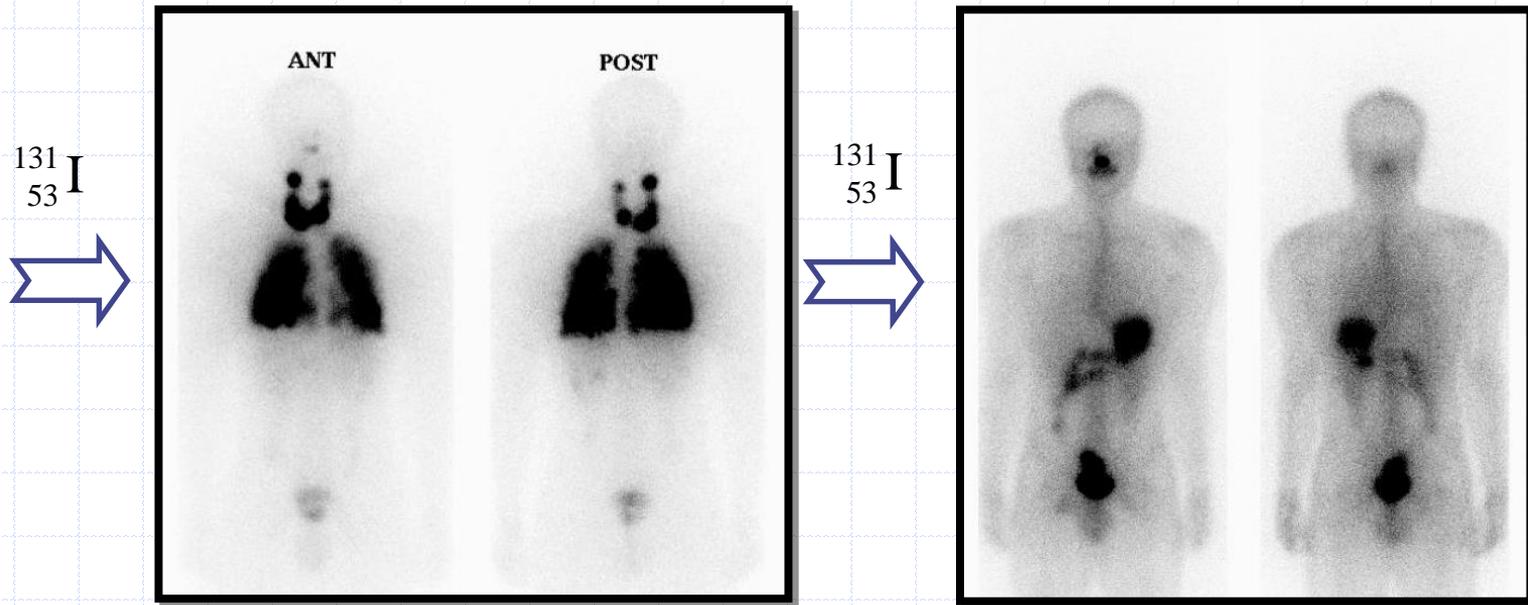
RADIOTHERAPIE METABOLIQUE

❖ Antalgie de métastases osseuses

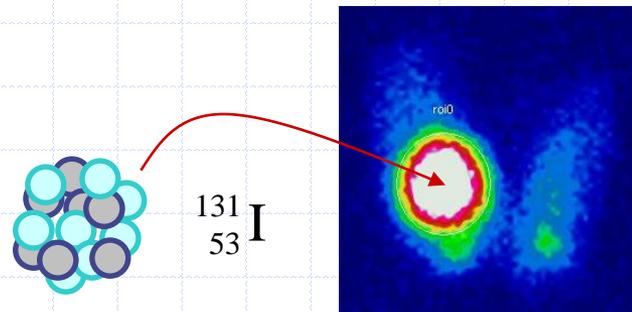


RADIOTHEAPIE METABOLIQUE

❖ Néoplasies thyroïdiennes



❖ Hyperthyroïdies



DOSAGES DE LABORATOIRE

RIA

DOSAGES RADIOIMMUNOLOGIQUES

◆ Liaison Récepteur-Ligand* : spécifique

◆ Sensibilité < picomole

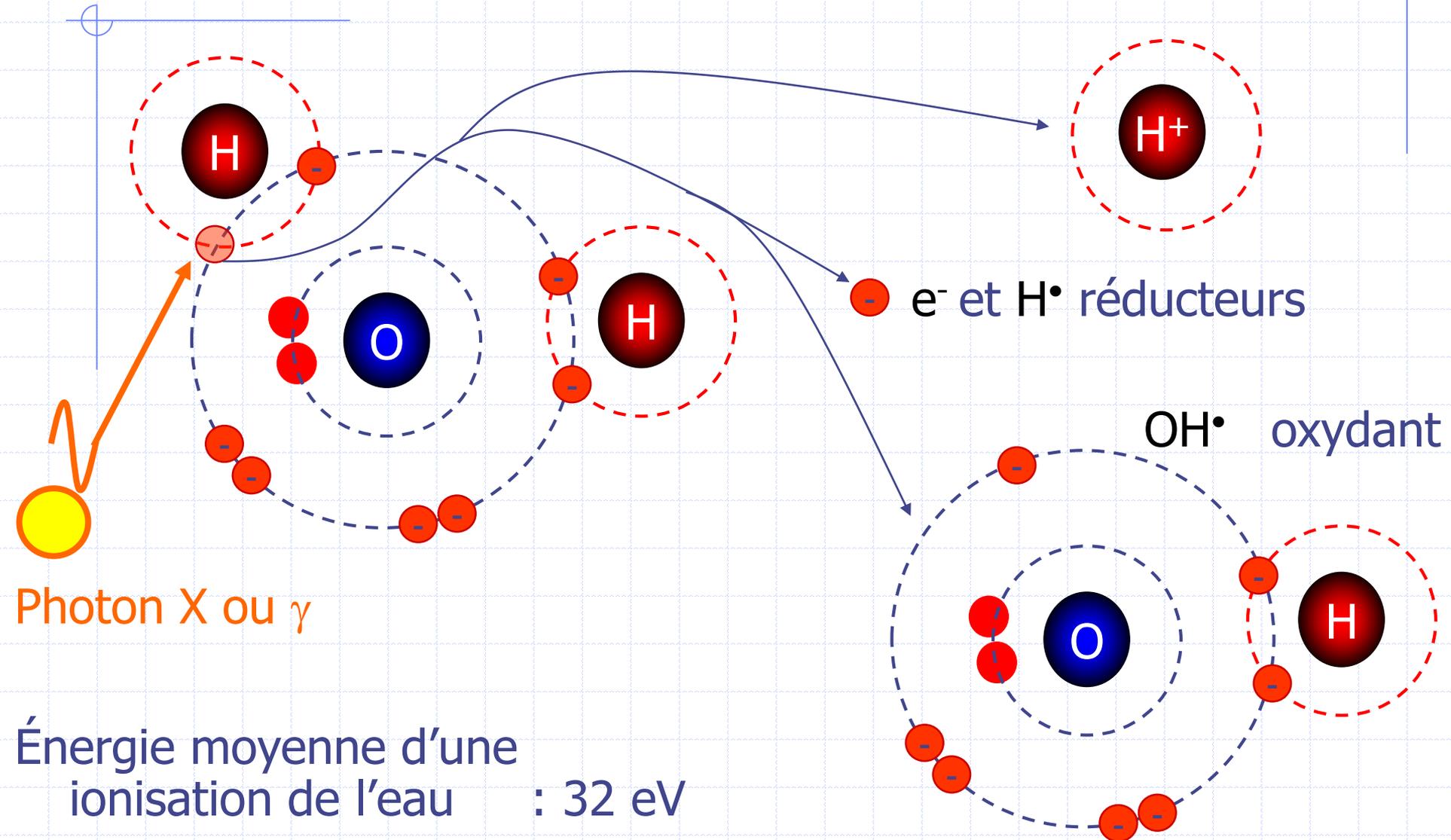
◆ 10-20 % des dosages :

- ◆ Hormones (ACTH et cortisol, rénine et aldostérone, gastrine, PTH, ostéocalcine)
- ◆ Vitamines (D), peptides, marqueurs tumoraux



RISQUE DOSIMETRIQUE

RAYONNEMENTS IONISANTS



Irradiation
naturelle
moyenne
en France :
2,4 mSv / an
1-6 mSv / an

Ramsar (IRAN) :
250 mSv/an

Vol Paris-NY :
0,05 mSv

Procédé	Dose efficace (mSv)	≡ Nb. radio thorax	≡ Expo
<i>Rayons X:</i>			
Membres et articulations (sauf hanche)	<0,01	<0,5	<1,5 jour
Thorax (vue PA simple)	0,02	1	3 jours
Crâne	0,07	3,5	11 jours
Rachis dorsal	0,7	35	4 mois
Rachis lombaire	1,3	65	7 mois
Hanche	0,3	15	7 semaines
Bassin	0,7	35	4 mois
Abdomen	1,0	50	6 mois
UIV	2,5	125	14 mois
Déglutition barytée	1,5	75	8 mois
TOGD (transit oeso- gastro-duodénal)	3	150	16 mois
Transit du grêle	3	150	16 mois
Lavement baryté	7	350	3,2 ans
TDM crânienne	2,3	115	1 an
TDM thoracique	8	400	3,6 ans
TDM abdominale ou pelvienne	10	500	4,5 ans
<i>Scintigraphie:</i>			
Ventilation pulmonaire (Xe-133)	0,3	15	7 semaines
Perfusion pulmonaire (Tc-99m)	1	50	6 mois
Rein (Tc-99m)	1	50	6 mois
Thyroïde (Tc-99m)	1	50	6 mois
Os (Tc-99m)	4	200	1,8 an
Exploration dynamique cardiaque (Tc-99m), MIBG	6	300	2,7 ans
TEP pour crâne (18F-FDG)	5	250	2,3 ans
OCTREOSCAN	12	600	5,4 ans

CONCLUSION

❖ Imagerie fonctionnelle et métabolique :

- ◆ physiologique, non invasive et peu irradiante
- ◆ couvrant toutes les spécialités médicales
- ◆ rôle essentiel dans le diagnostic et le traitement
- ◆ impliquant des équipes multidisciplinaires
 - paramédicaux, techniciens, médecins, pharmaciens,
 - physiciens, chimistes, informaticiens...

❖ En fort développement :

- ◆ Recherche : radio-traceurs, protocoles, caméras...
- ◆ Économique :
 - 200 centres, 550 médecins en France centres
 - + 5% de patients pris en charge / an en moyenne

❖ Usage civil des technologies nucléaires

