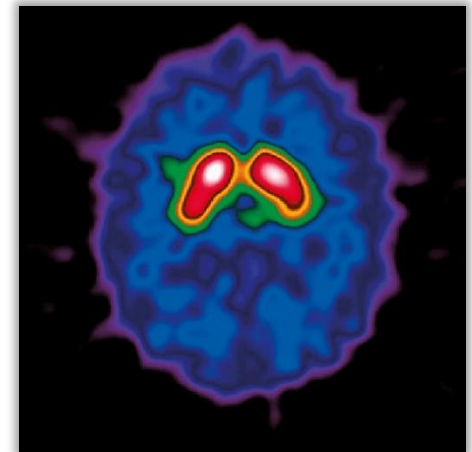


MASTER PhyMed

GMPH308 - Physique de l'imagerie médicale

**IMAGERIE
METABOLIQUE
& MOLECULAIRE**

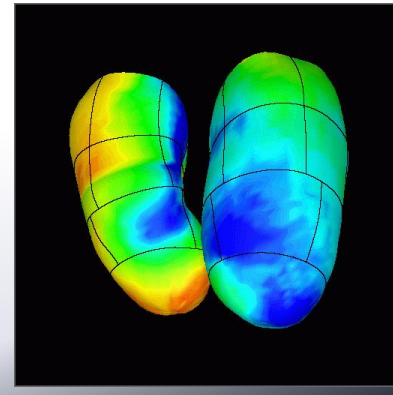
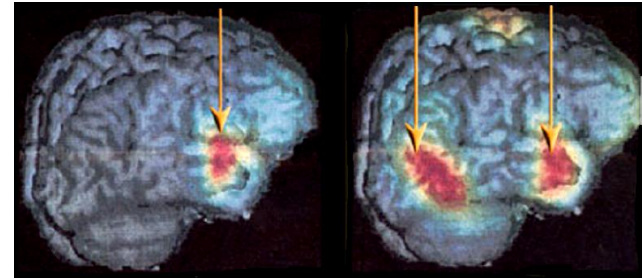
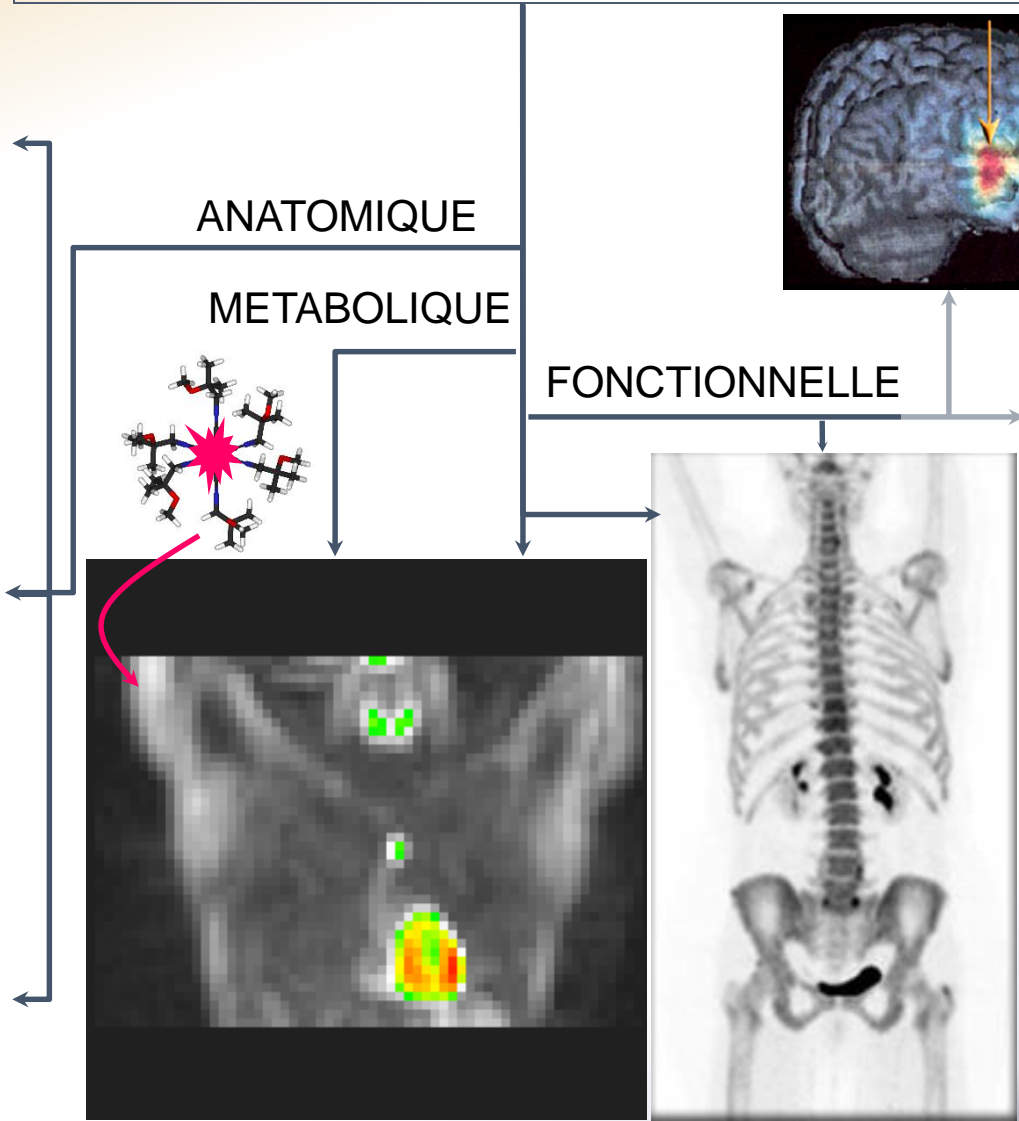
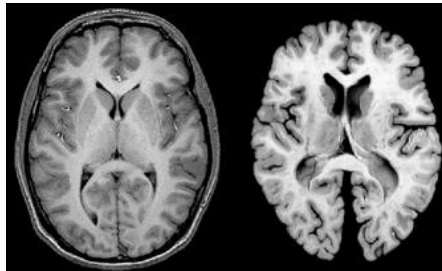
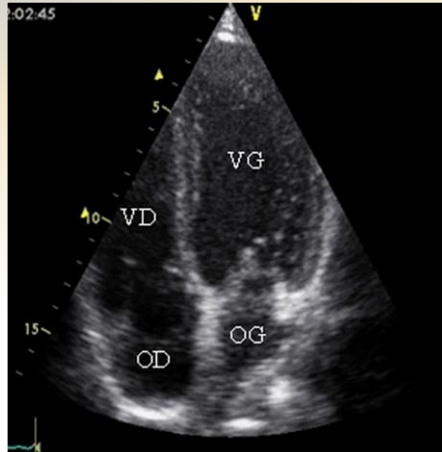


Fayçal Ben Bouallègue

faybenb@hotmail.com

<http://scinti.etud.univ-montp1.fr>

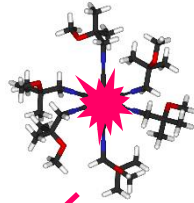
Imagerie médicale



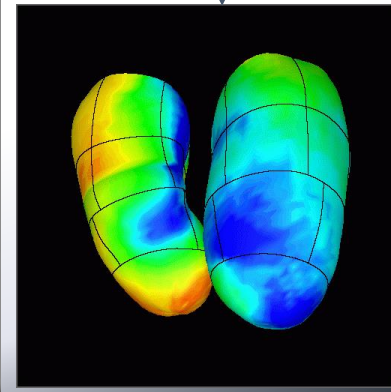
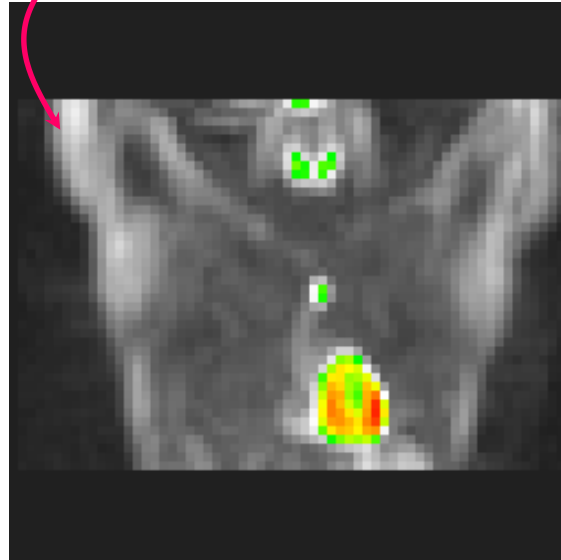
Médecine Nucléaire

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

IMAGERIE
DIAGNOSTIQUE
METABOLIQUE



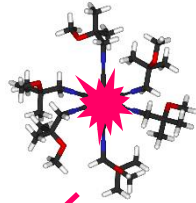
IMAGERIE DIAGNOSTIQUE FONCTIONNELLE



Médecine Nucléaire

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

IMAGERIE
DIAGNOSTIQUE
METABOLIQUE

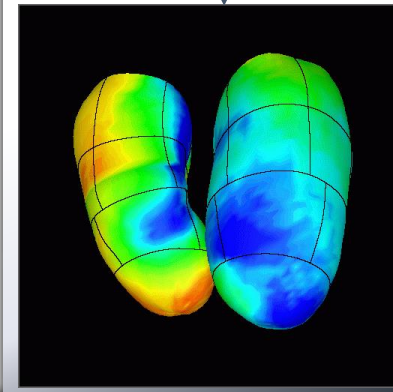
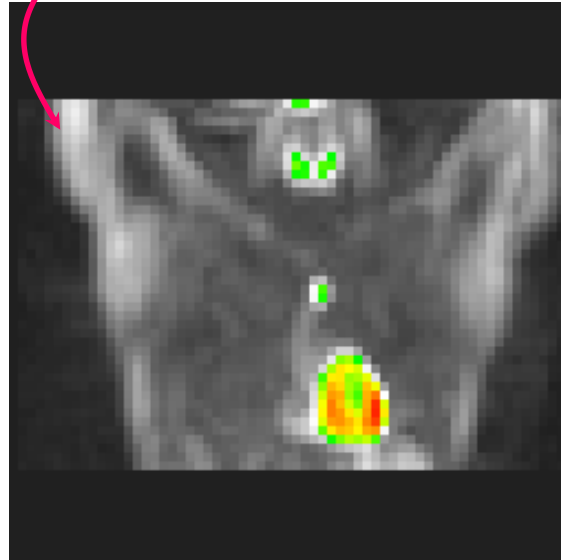


RADIOTHERAPIE METABOLIQUE
VECTORISEE

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

- **Simplex isotopes radioactifs**

- 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**

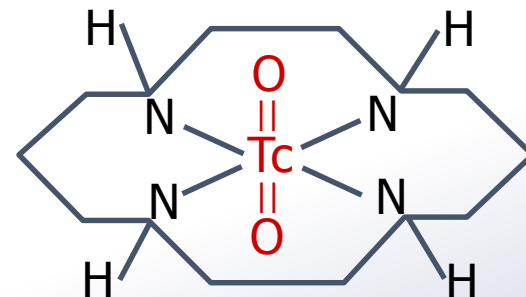
- HMPAO, ECD : **perfusion cérébrale**
- MIBI, TETROFOSMINE / Albumine : **perfusion cœur / poumon**
- MIBG, Cholestérol, Octréotide, FDG : **cancers** (principalement)
- BIPHOSPHONATES : **maladies des os**
- MAG3, DTPA, DMSA : **rein**
- Anticorps monoclonaux, récepteurs mb. : **infection, thérapie**

- **Cellules**

- globules rouges : **fonction cardiaque**
- polynucléaires : **infection**

MARQUAGE DE VECTEURS

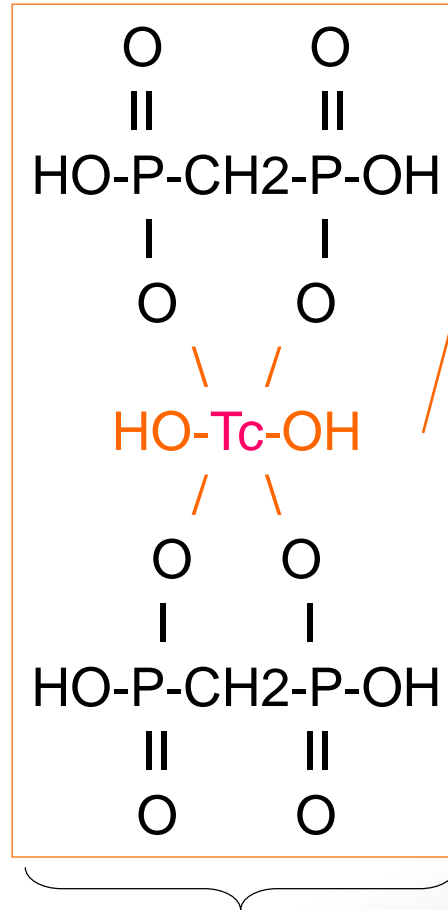
- **marqueur non métallique**, halogènes (F, I), O, N, P, C :
 - Liaison directe sur C, pour toute taille de vecteur.
 - Addition électrophile, échange d'halogènes.
 - Marqueurs β^+ : ${}_{6}^{11}\text{C}$ ${}_{8}^{18}\text{F}$
 - Marqueurs γ : ${}_{53}^{123}\text{I}$
- **marqueur métallique** :
 - Les 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**



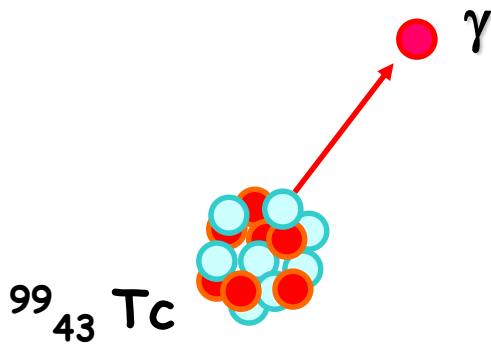
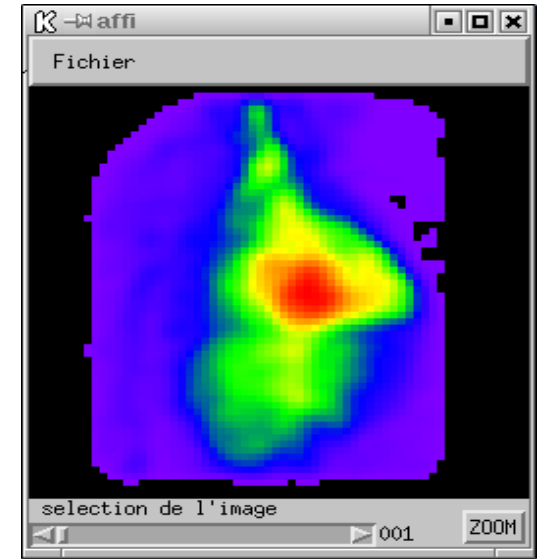
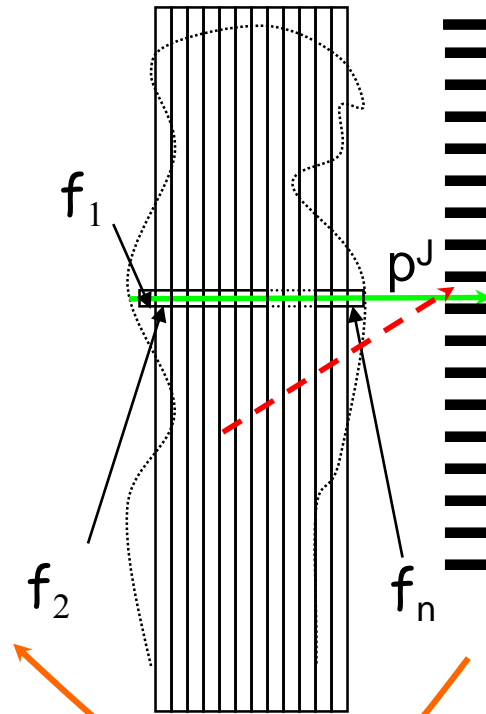
TRACEUR RADIOACTIF



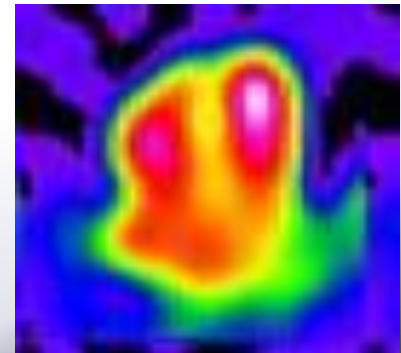
SCINTIGRAPHIE γ (SPECT)



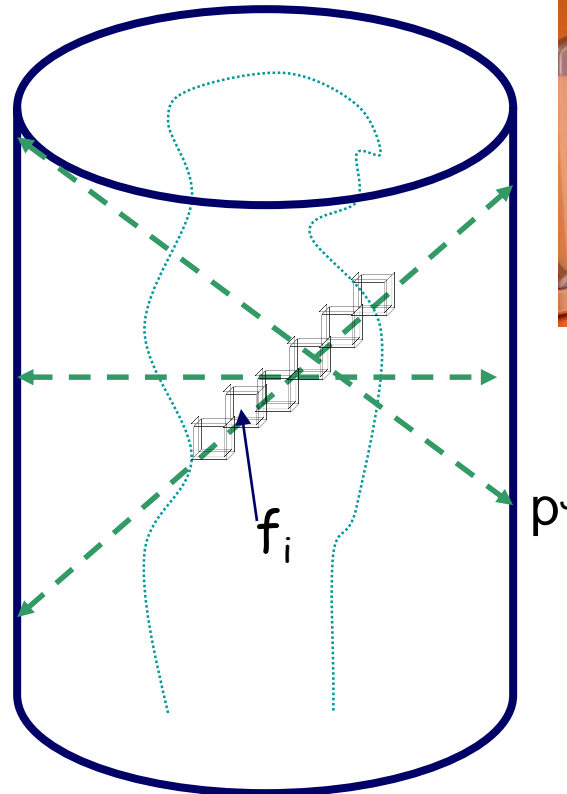
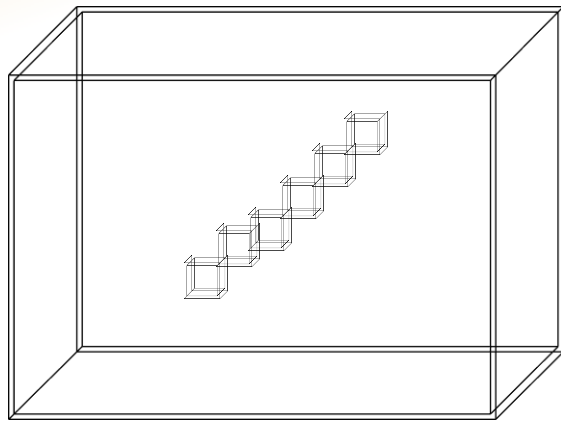
COLLIMATEUR



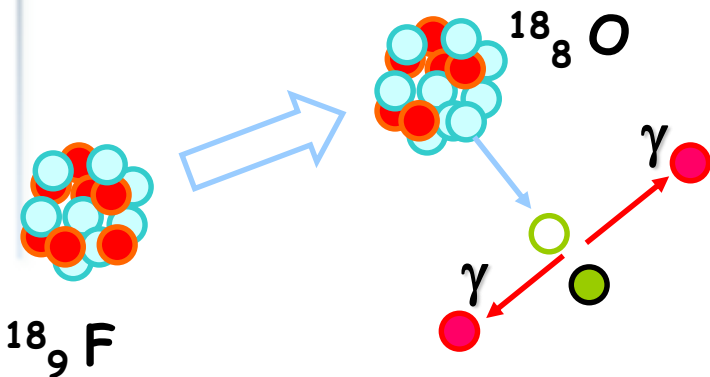
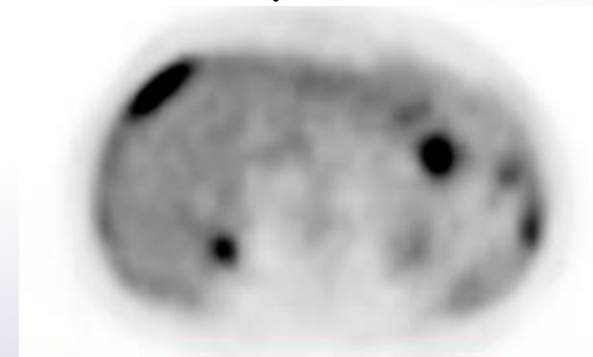
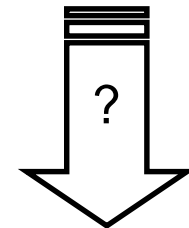
$$p^j = \sum_i R_i^j f_i$$



SCINTIGRAPHIE β^+ (PET)

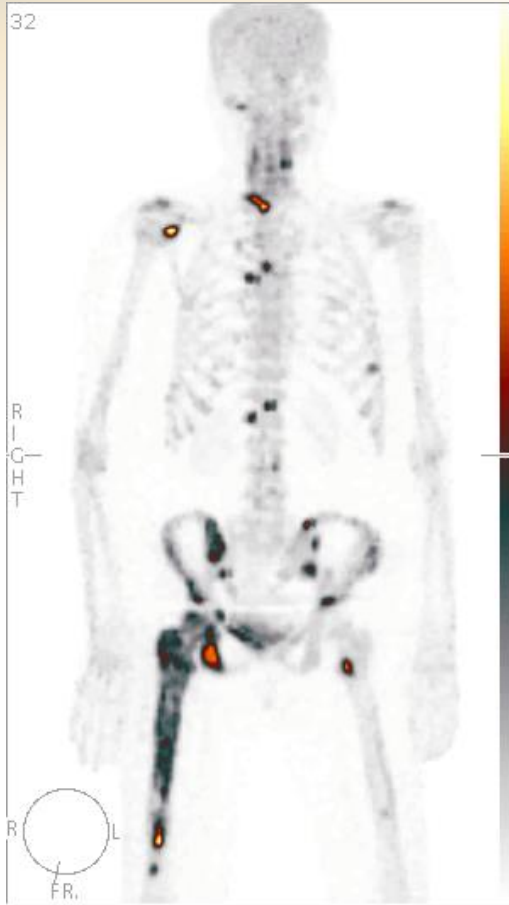


$$p^j = \sum_i R_i^j f_i$$



Quelques exemples de scintigraphies diagnostiques

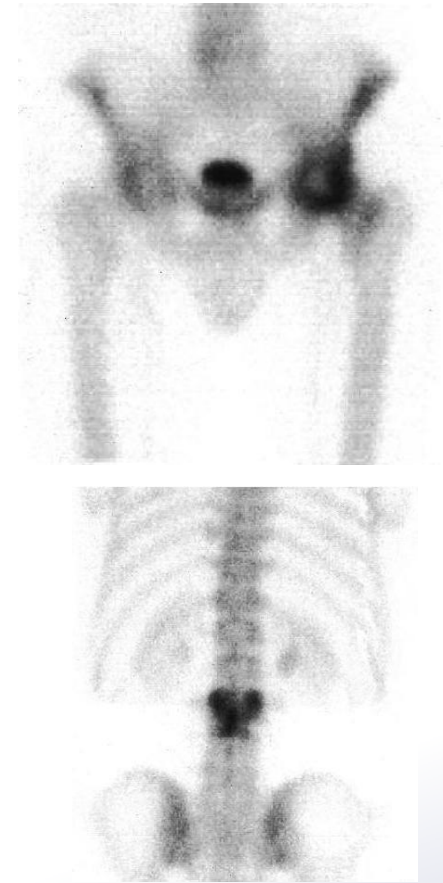
REMODELAGE OSSEUX



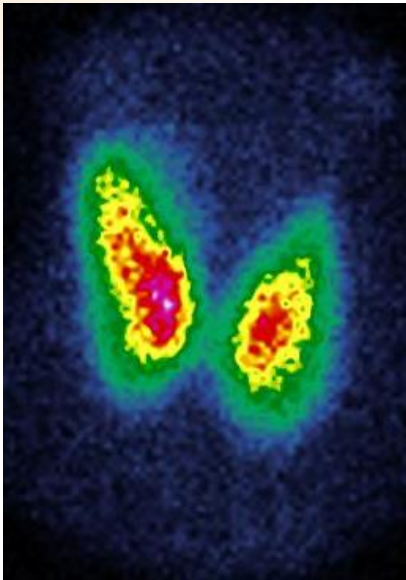
BIPHOSPHONATE
mTc 99 - BP



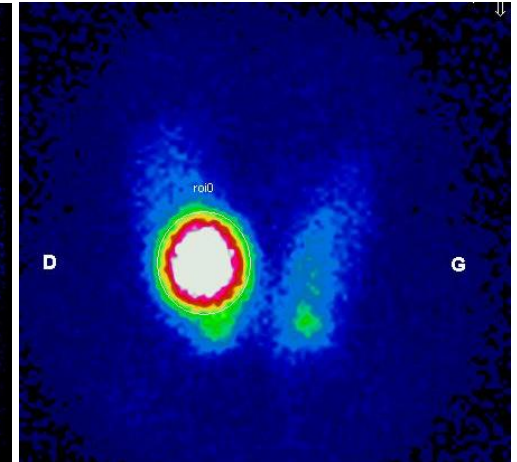
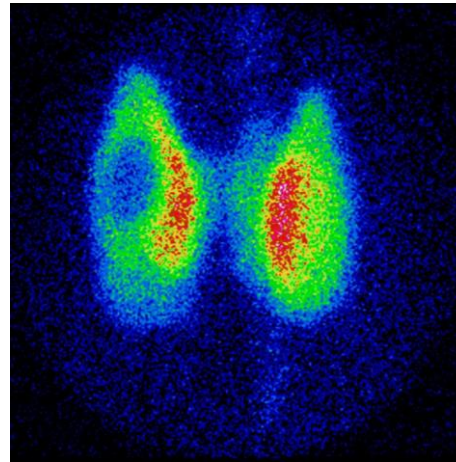
F 18 - Na



NODULES THYROIDIENS



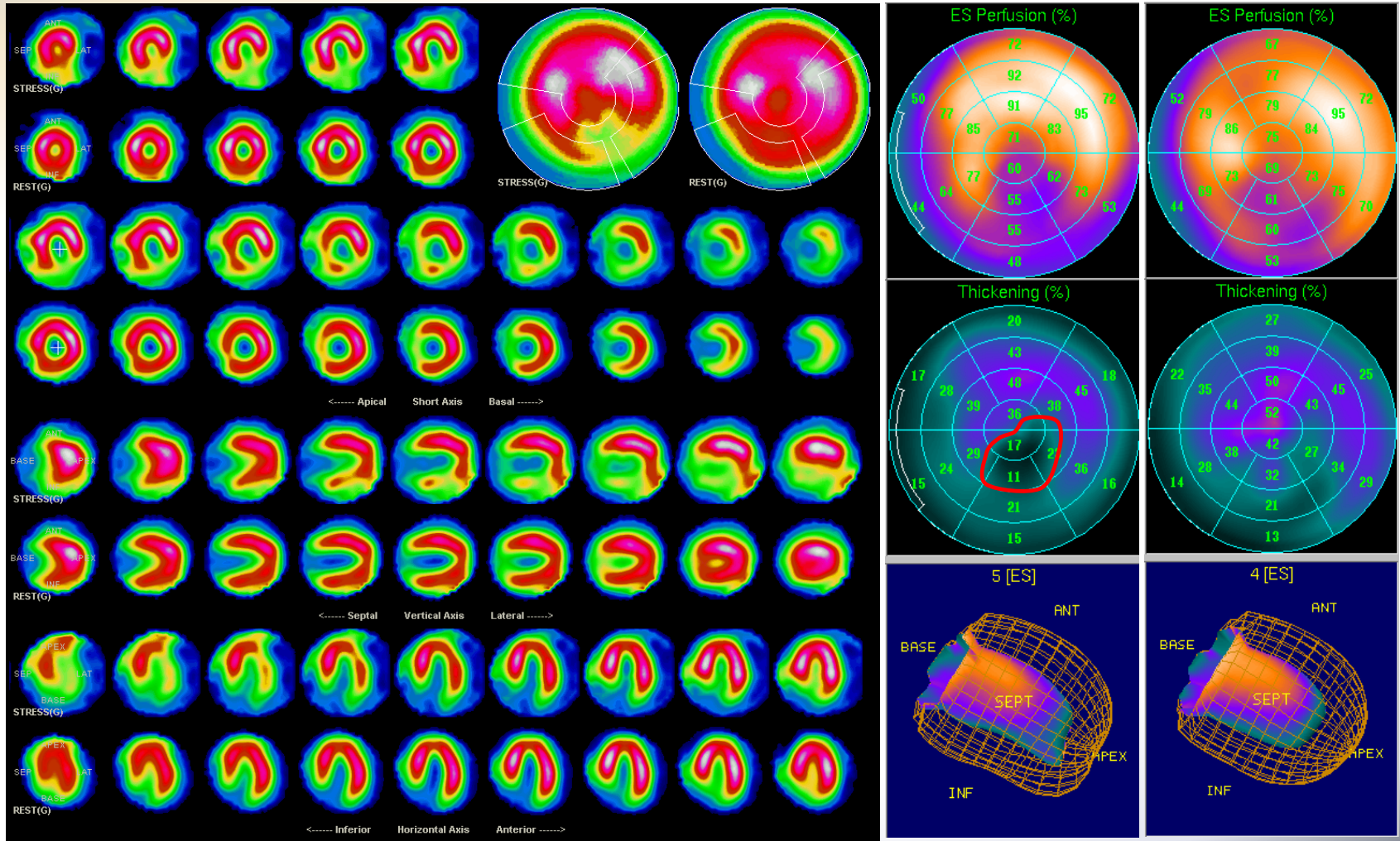
mTc 99 - O₄⁻



cancers ⇒ froid

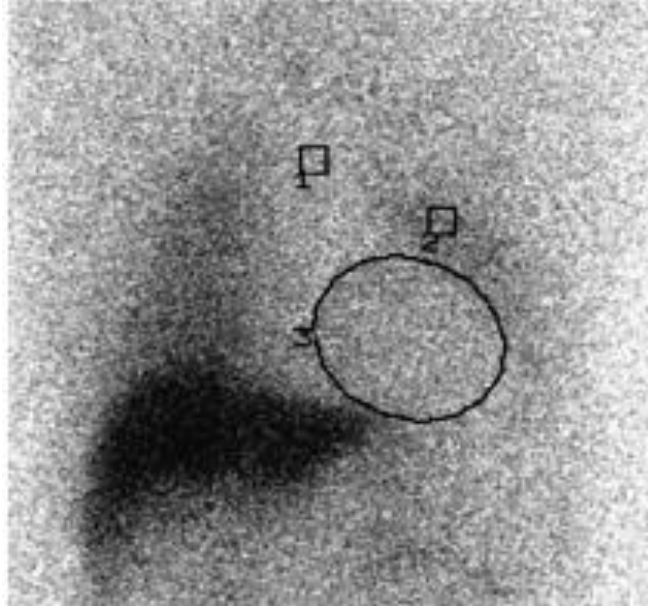
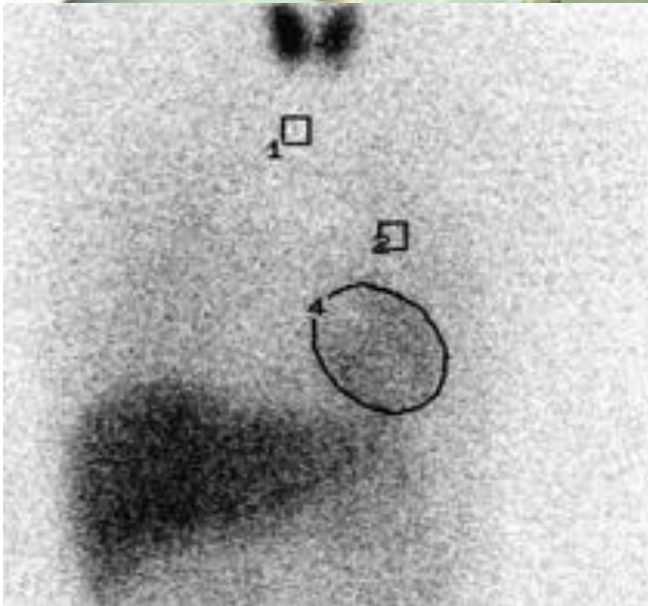
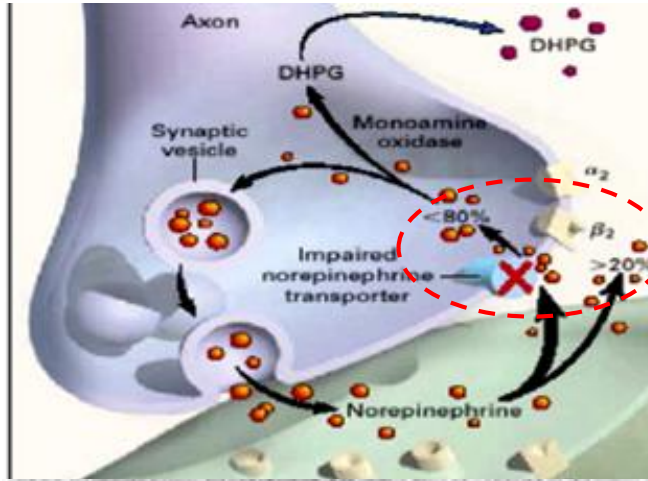
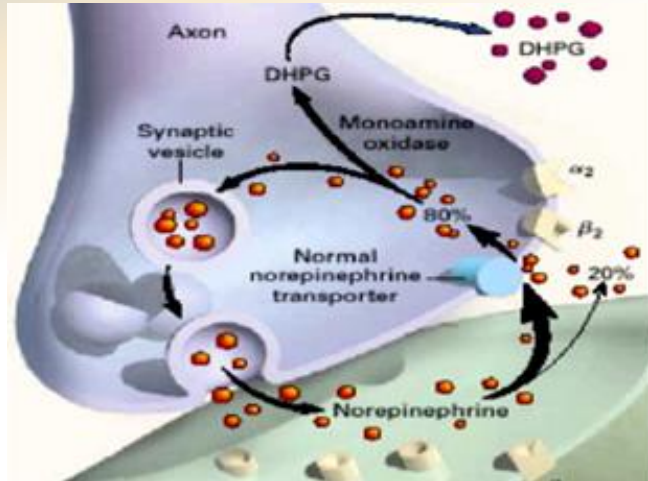
Principale indication: bilan des hyperthyroïdies

PERFUSION MYOCARDIQU

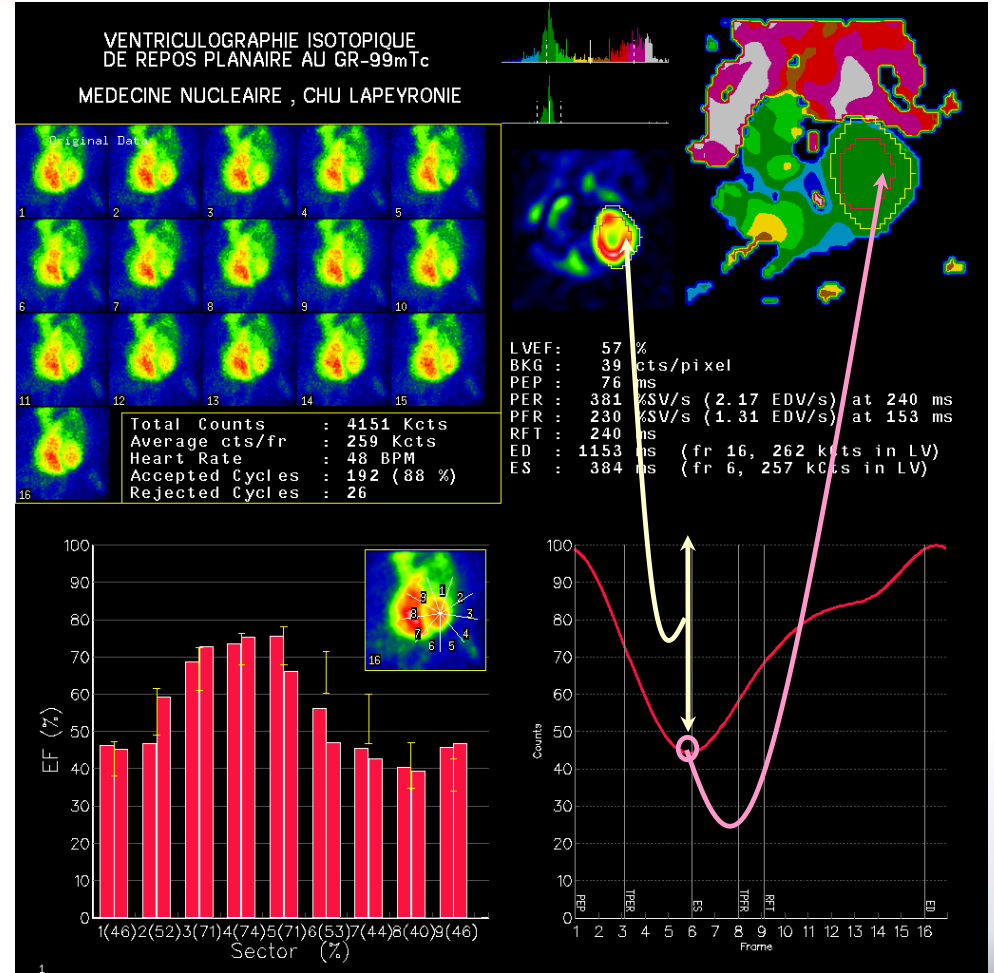
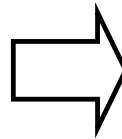
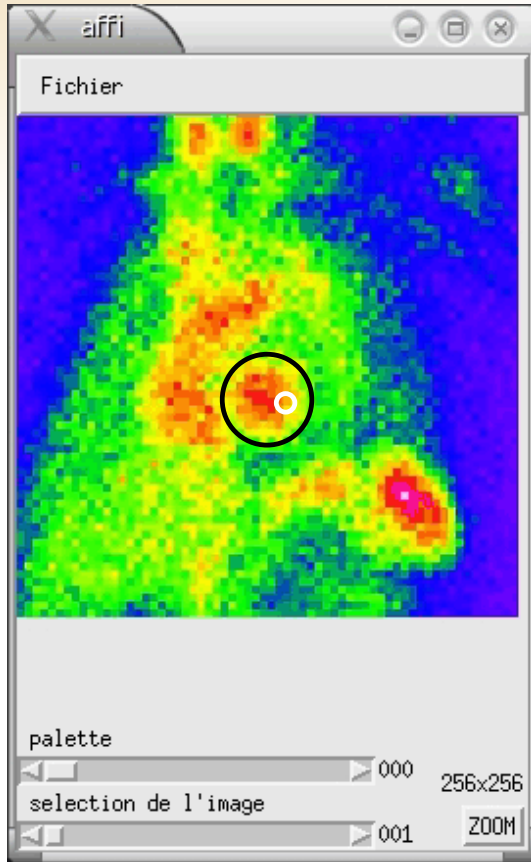


CATION LIPOPHILE - mTc 99 ou Tl 201

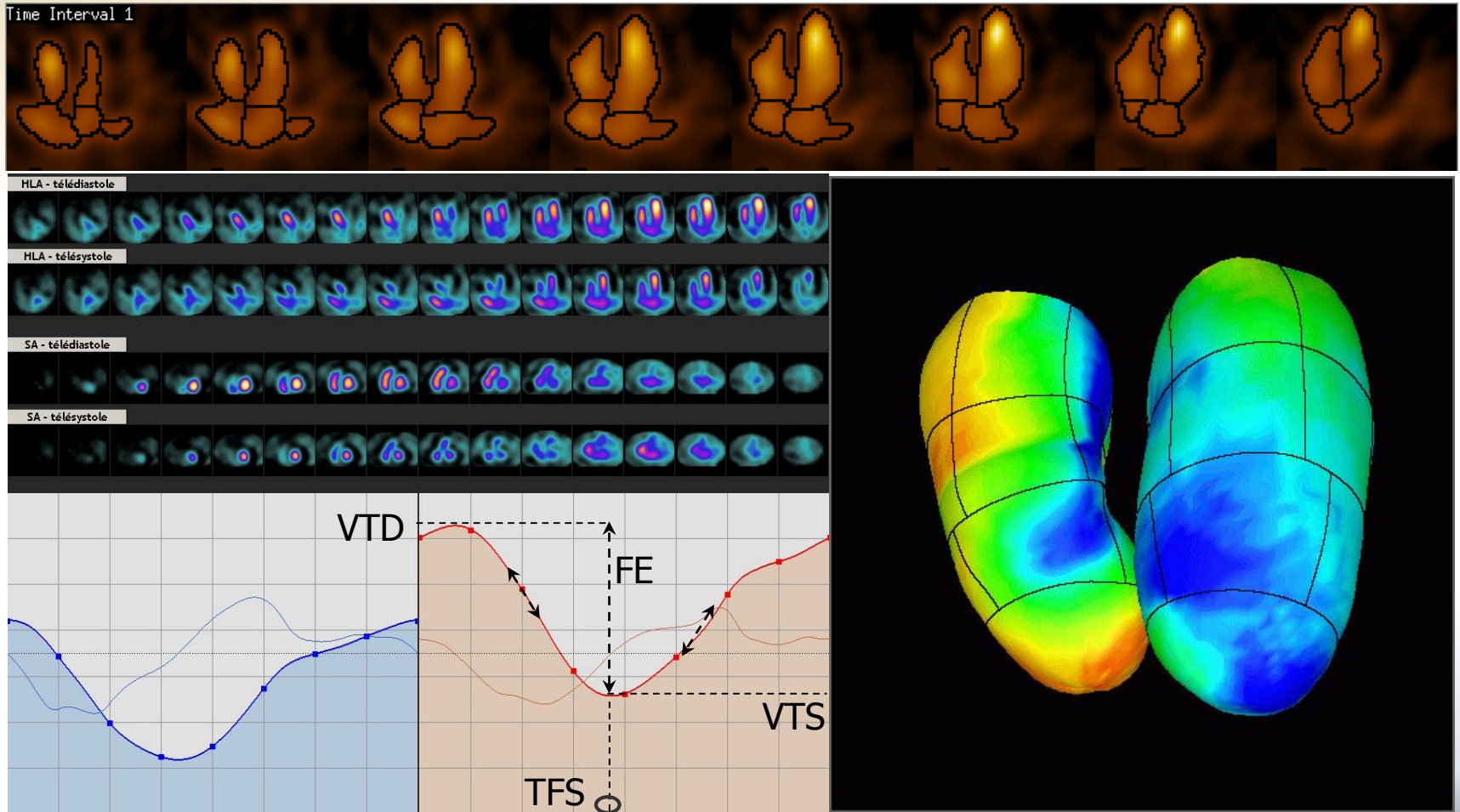
INNERVATION MYOCARDIQUE



CONTRACTION CARDIAQUE



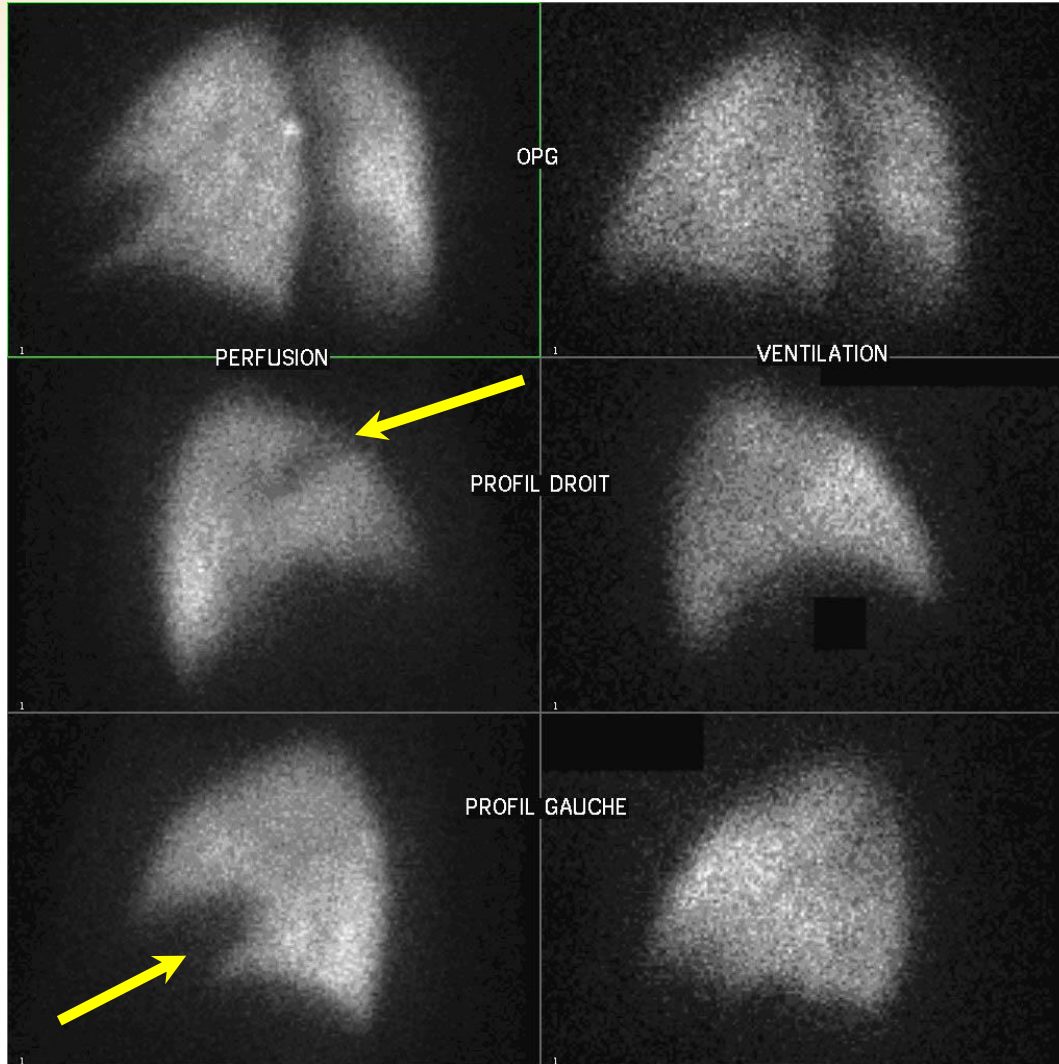
CONTRACTION CARDIAQUE



HEMATIE - mTc 99

VENTILATION ET PERFUSION PULMONAIRES

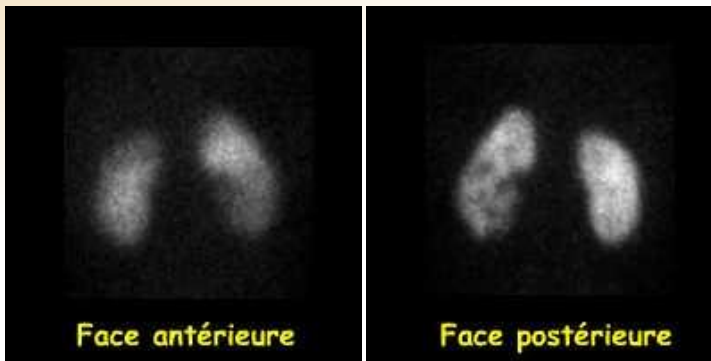
PERF
m99Tc - Aérosol



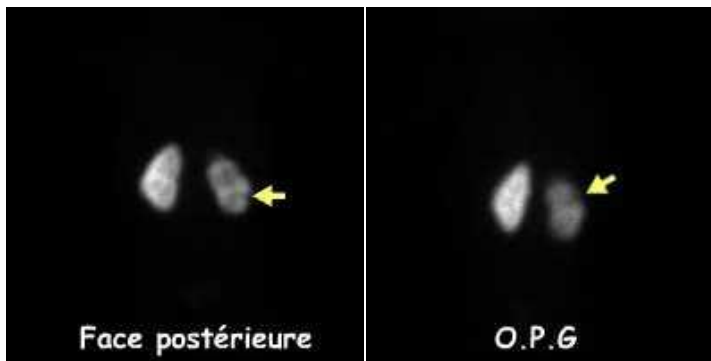
VENT
m99Tc - Albumine

SCINTIGRAPHIES RENALES

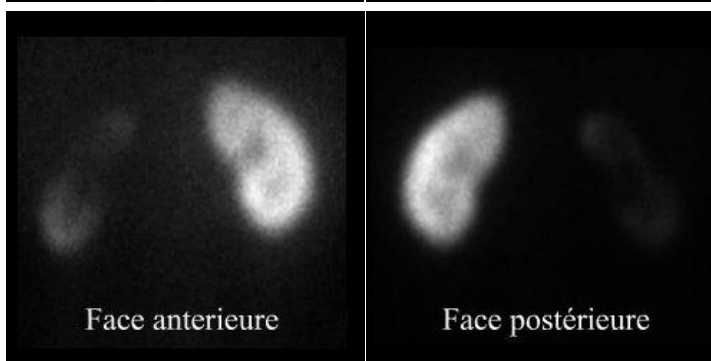
$m^{99}Tc$ -DMSA



Pyélonéphrite aiguë



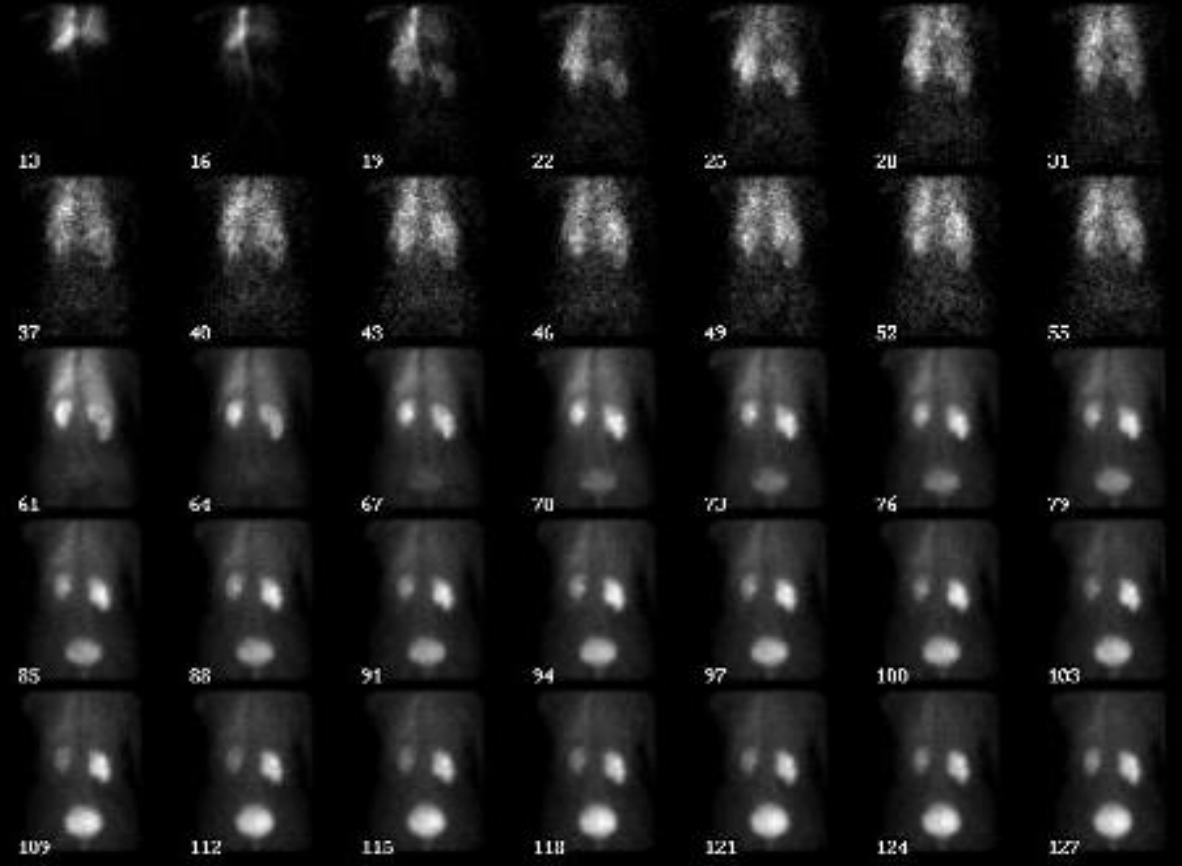
Cicatrice sur IU à répétition



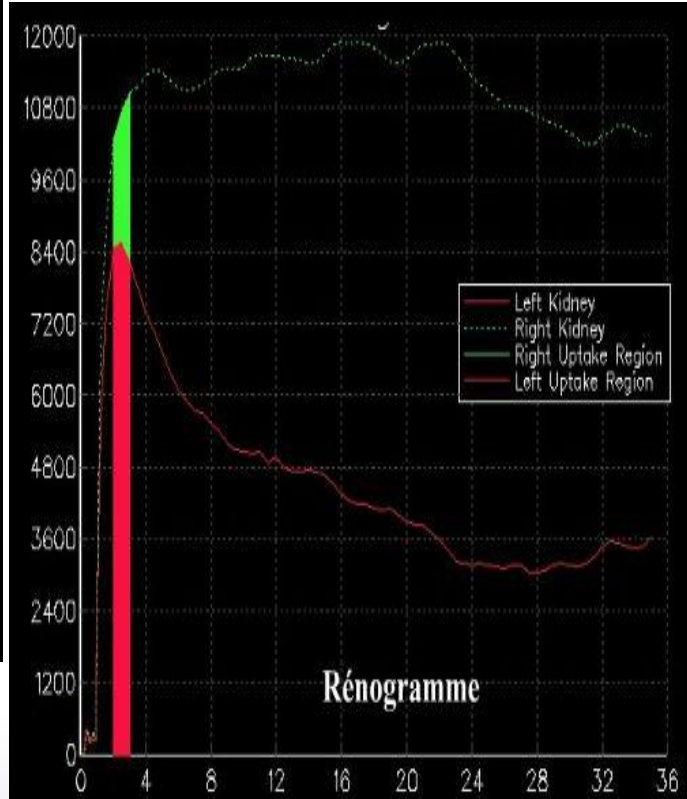
Syndrôme de jonction

SCINTIGRAPHIES RENALES

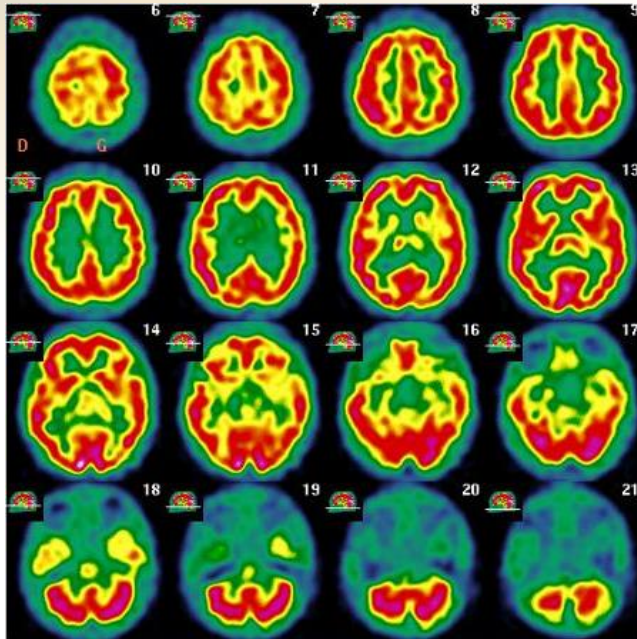
DTPA Lasilix



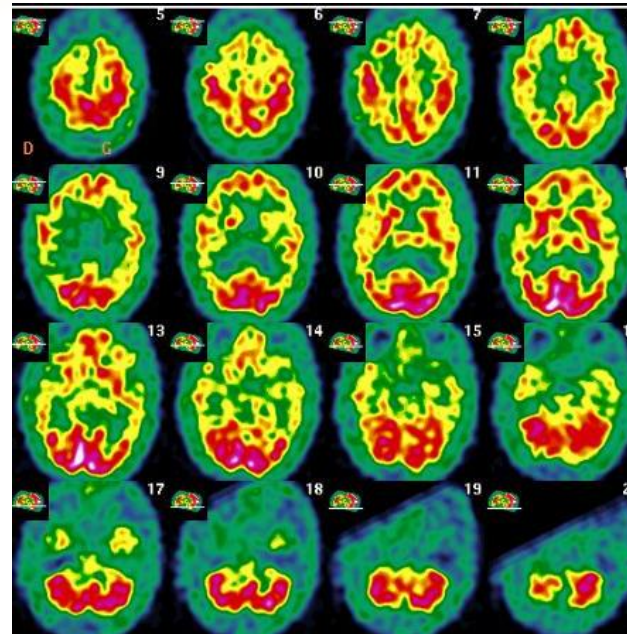
m99Tc-DTPA



SCINTIGRAPHIES CEREBRALES

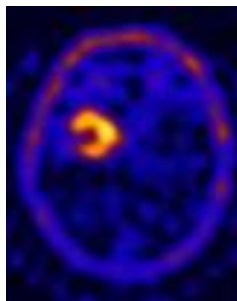


normal

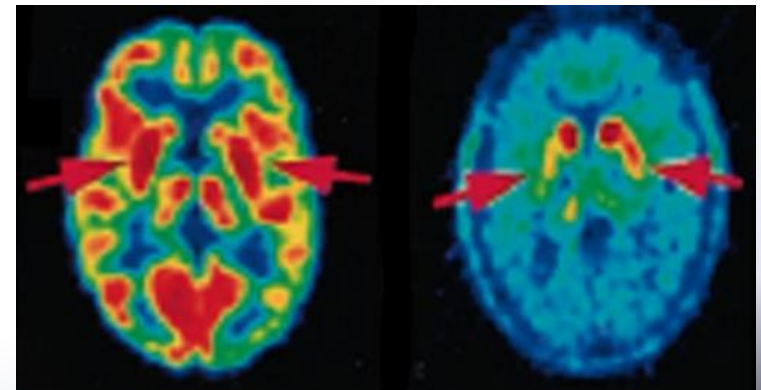


Alzheimer

$m^{99}Tc$ -ECD



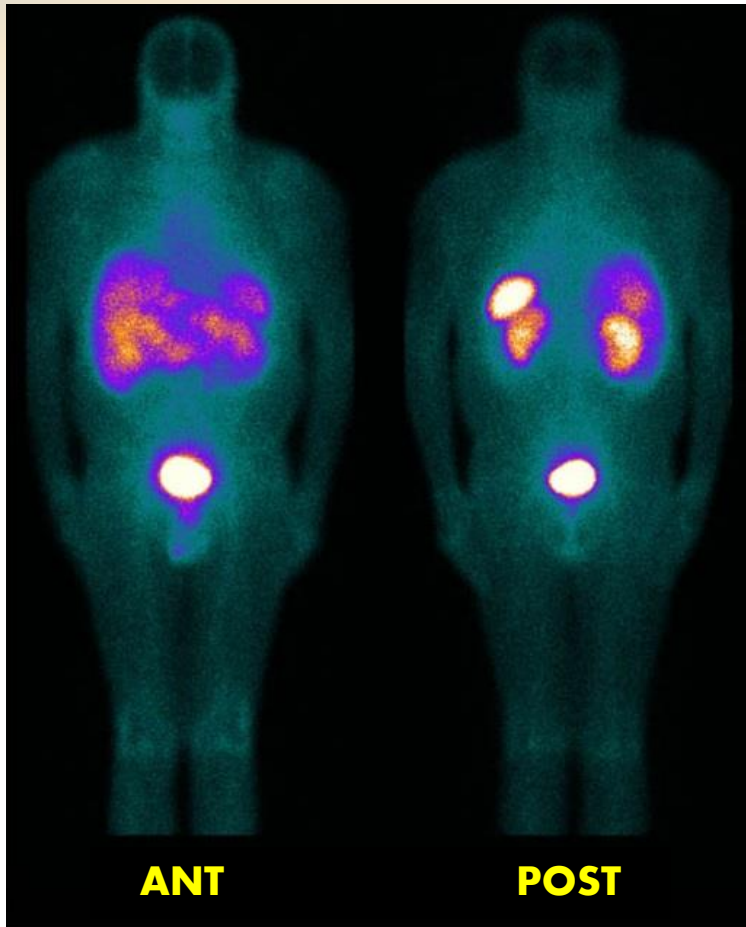
^{201}Tl



^{18}F -DG

^{18}F -DOPA

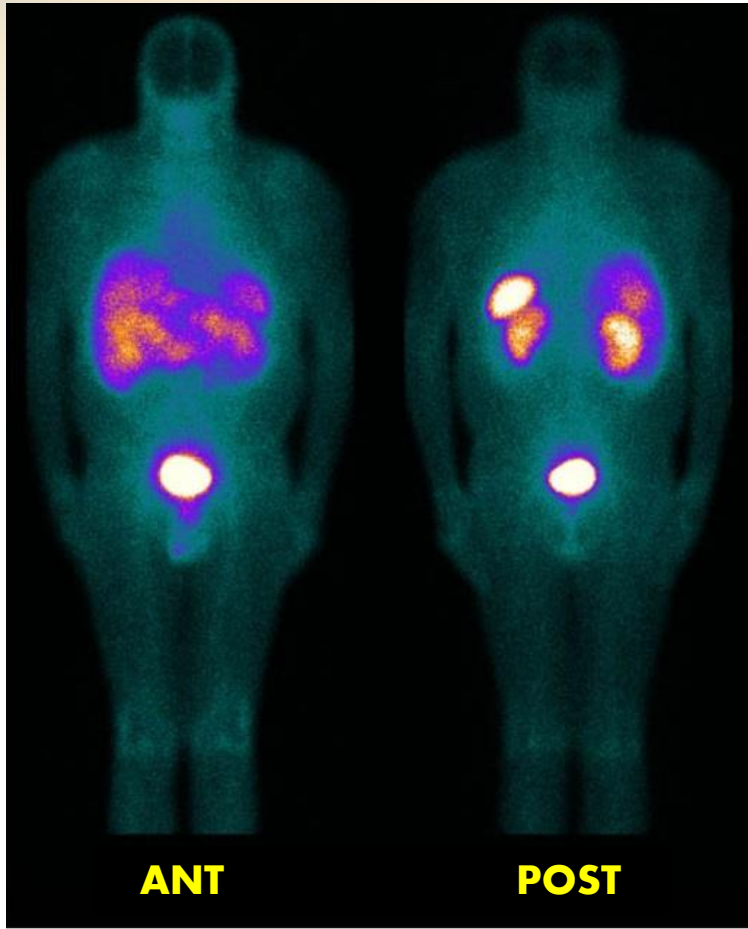
CANCERS



Mr BT, 56 yo with known carcinoid. Extent of the disease ? . 24 h Octreoscan presents multiple lesions in the liver and no extrahepatic lesions. Physiological uptake in spleen and kidneys.

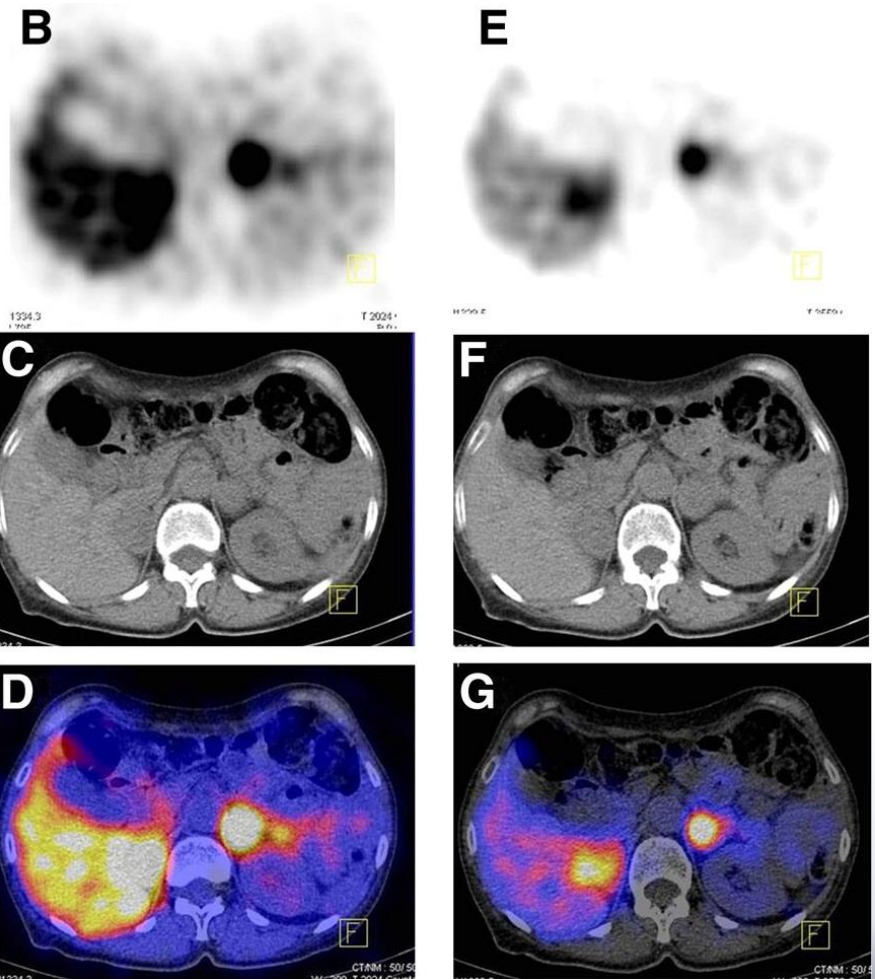
OCTREOTIDE - In 111

CANCERS



Mr BT, 56 yo with known carcinoid. Extent of the disease ? 24 h Octreoscan presents multiple lesions in the liver and no extrahepatic lesions. Physiological uptake in spleen and kidneys.

OCTREOTIDE - In 111



123 I -MIBG

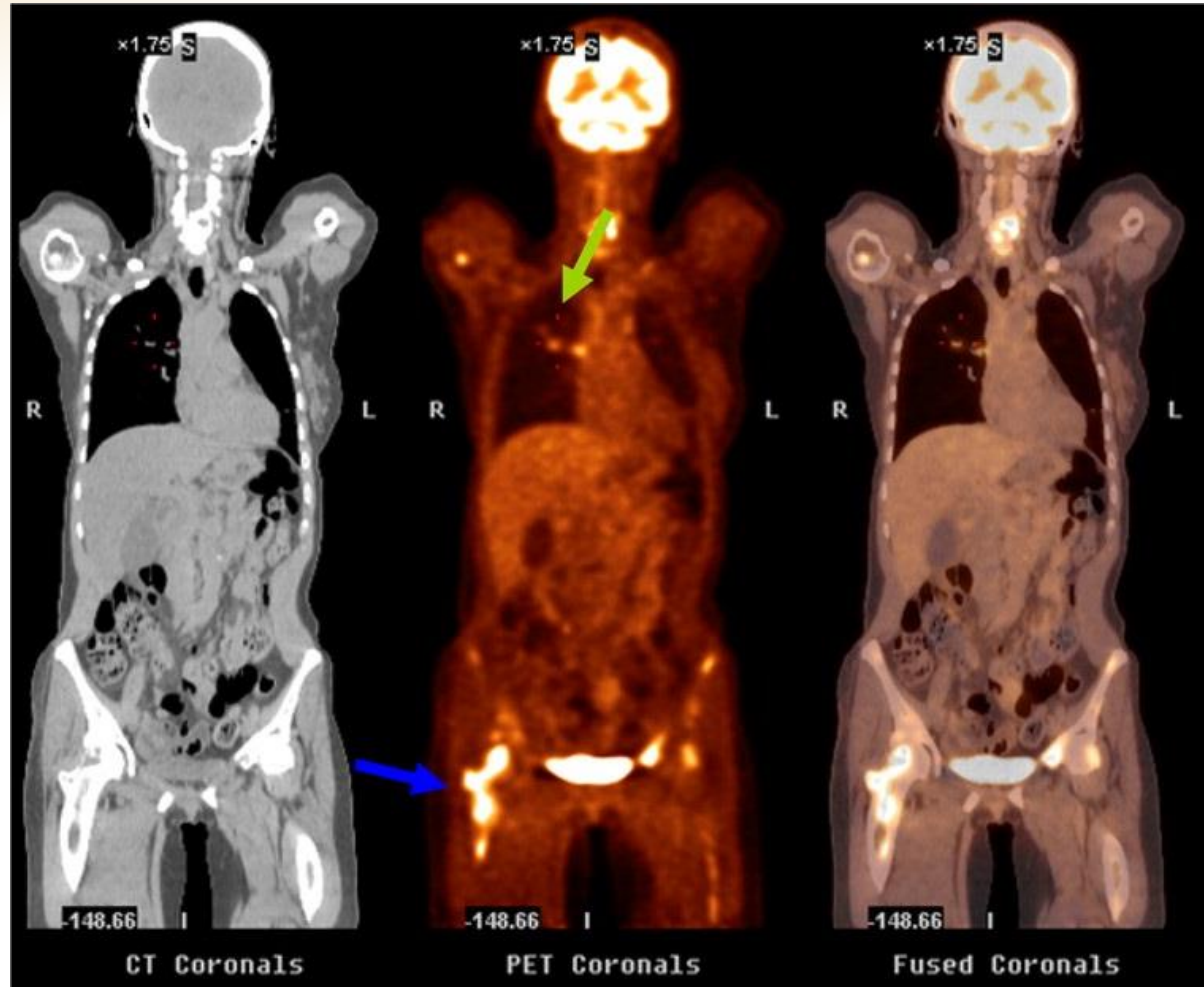
CANCERS

^{18}F -DG



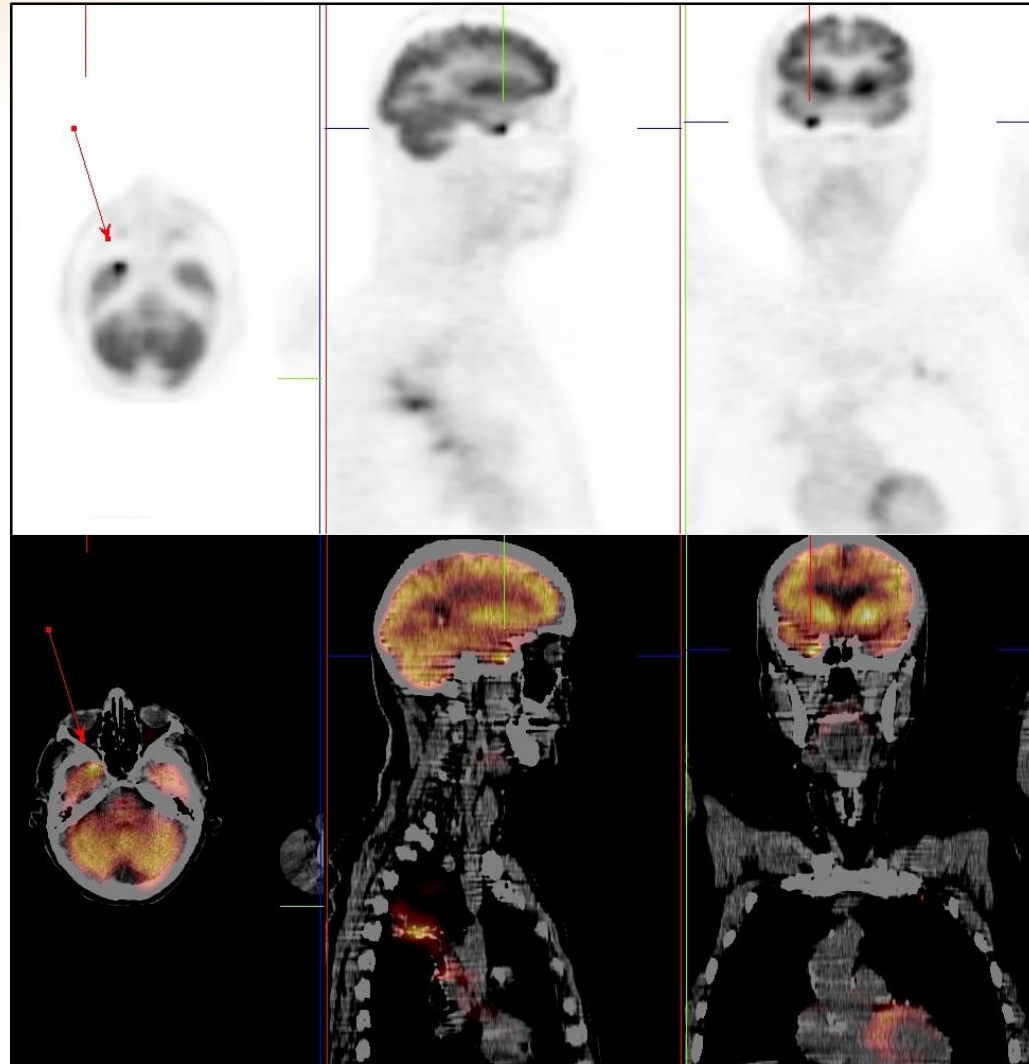
CANCERS

^{18}F -DG



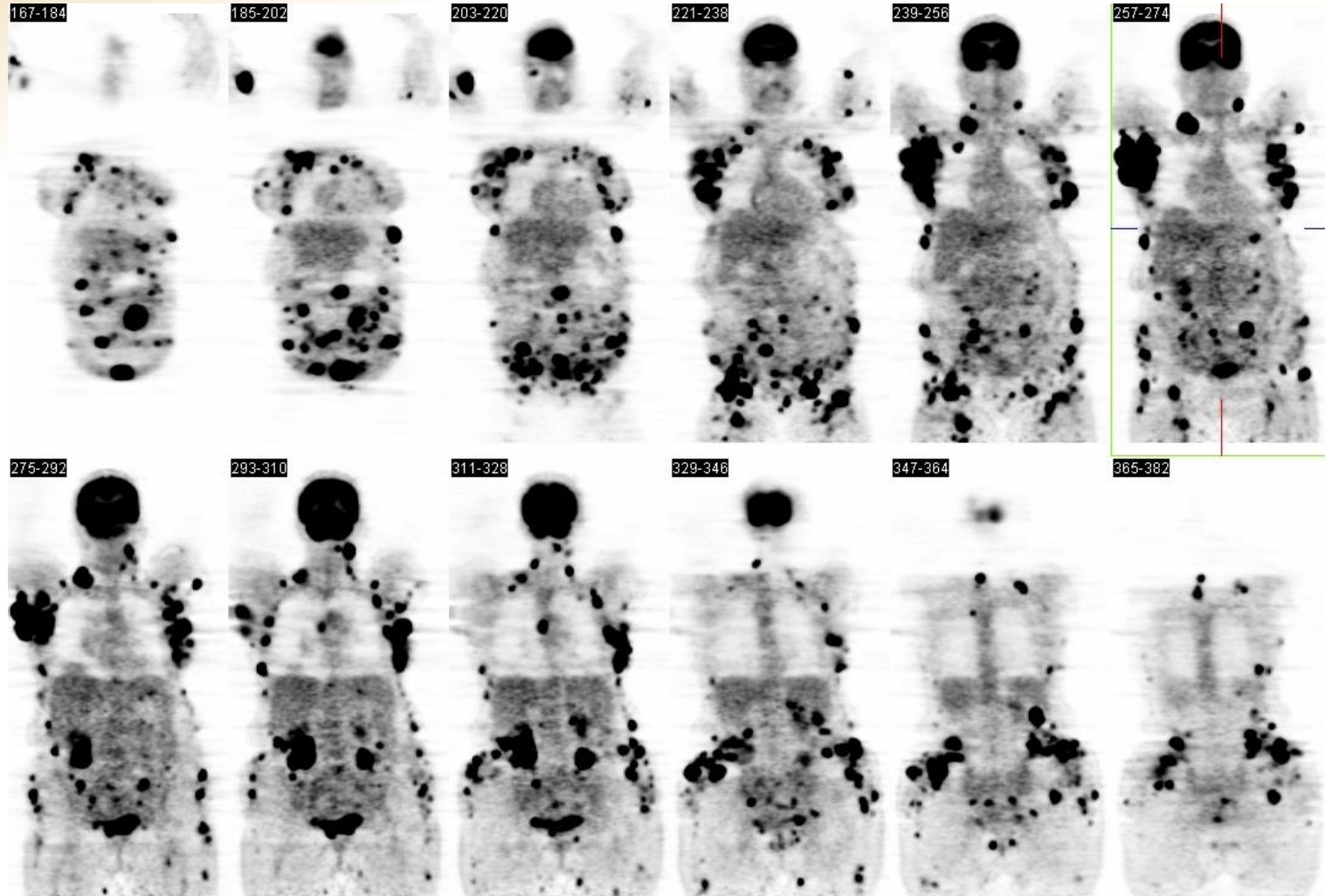
CANCERS

^{18}F -DG



CANCERS

^{18}F -DG

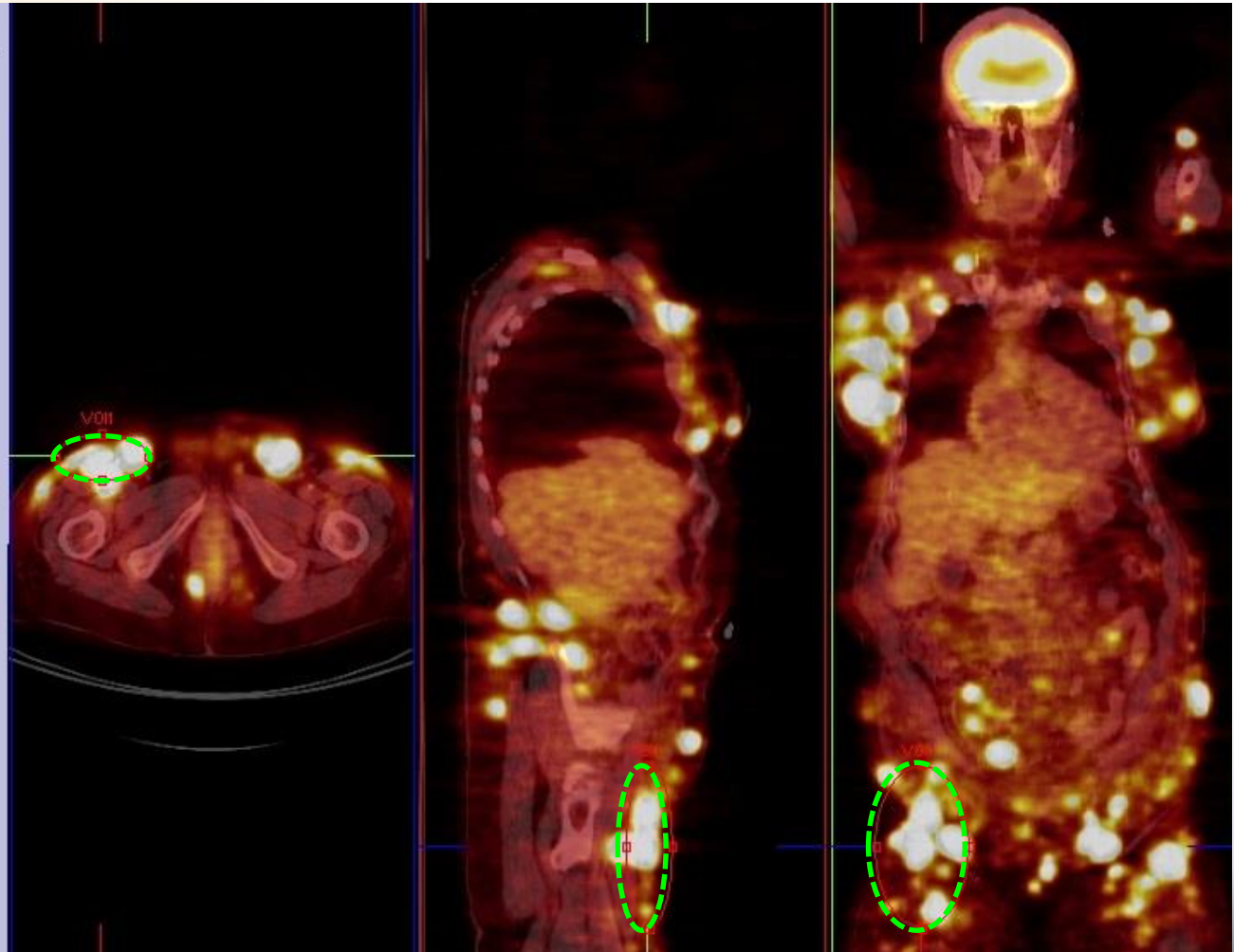


CANCERS

¹⁸F -DG

Résultats VOI :

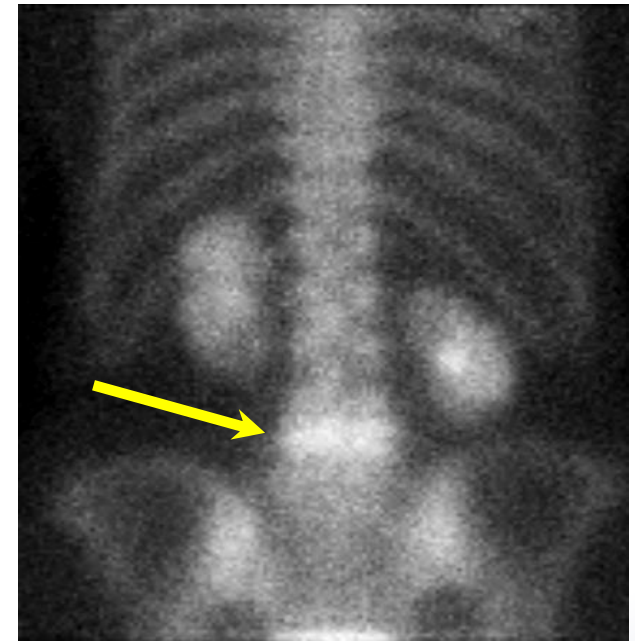
Paramètre	Valeur
CT 1	
Max	201,00 HU
Min	-1024,00 HU
Moy.	-137,38 HU
Ecart type	282,82
Vol	293,23 cm ³
Dimension X	86,39 mm
Dimension Y	43,19 mm
Dimension Z	150,08 mm
Tomo Recon 1	
Max	25,33 SUV
Min	0,01 SUV
Moy.	2,90 SUV
Ecart type	3,84
Vol	293,23 cm ³
Dimension X	86,39 mm
Dimension Y	43,19 mm
Dimension Z	150,08 mm



INFECTIONS

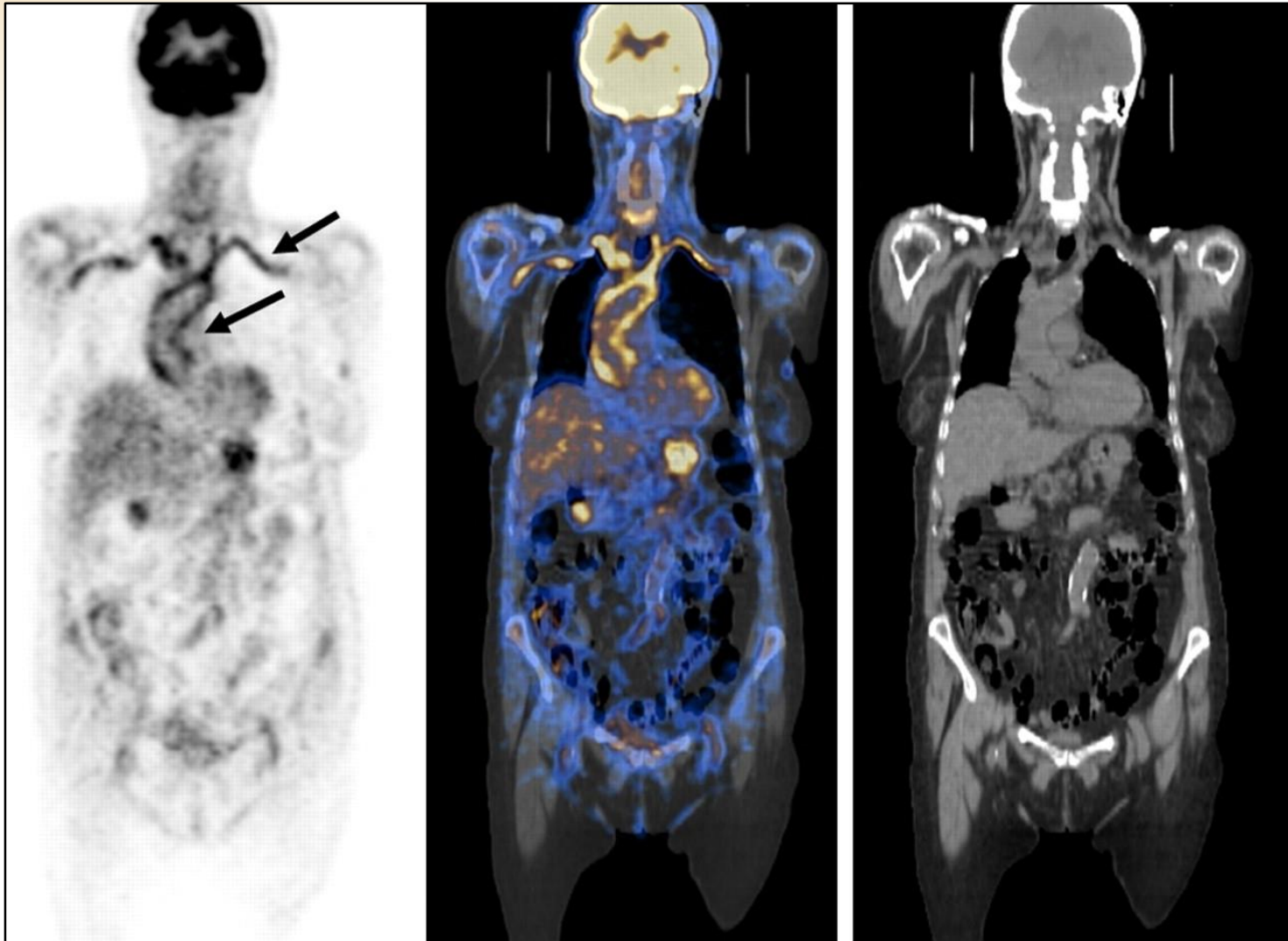


18 F – DG

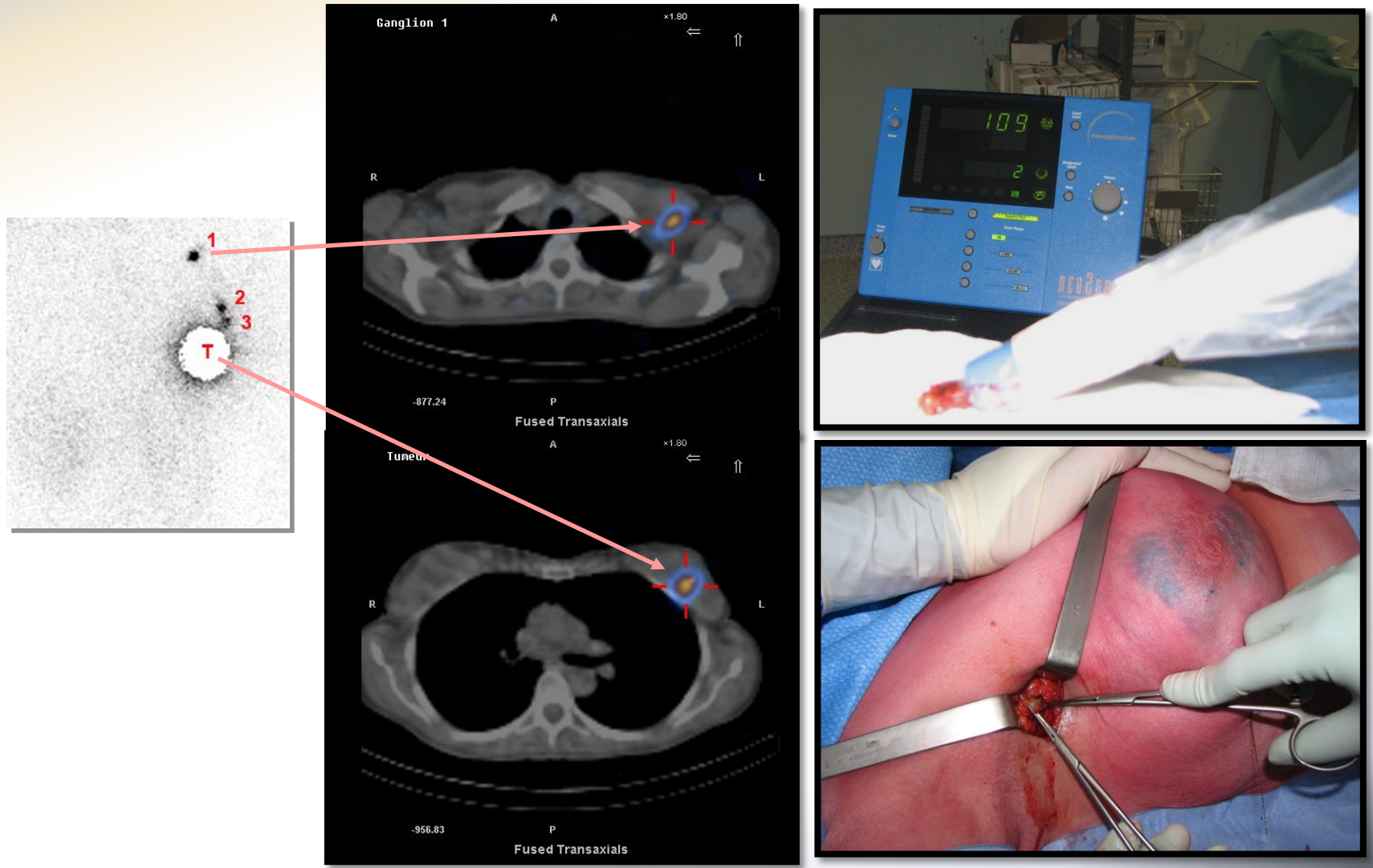


M99 Tc – BP

INFLAMMATION



DETECTION PEROPERATOIRE

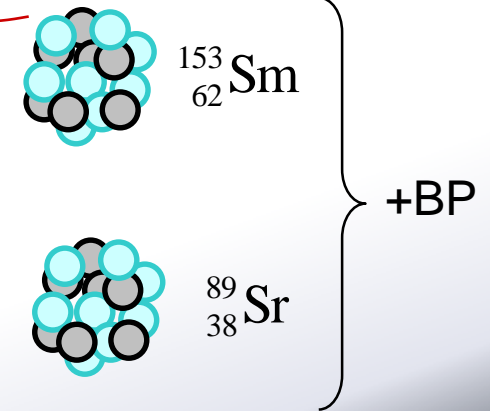
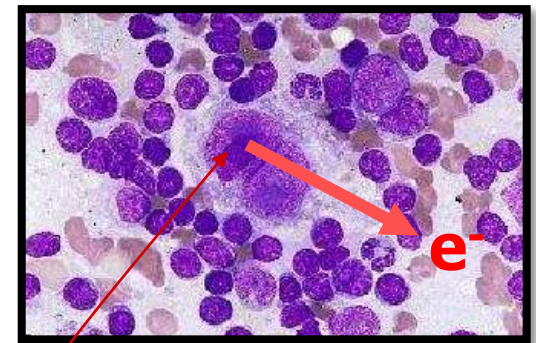
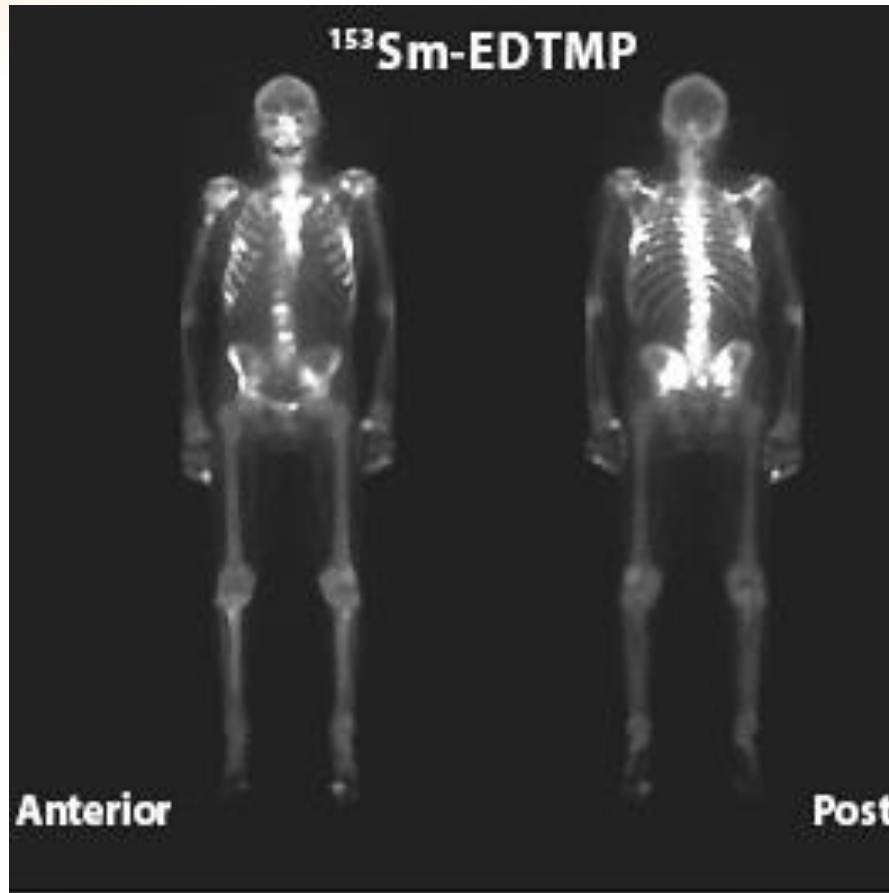


THERAPIE METABOLIQUE

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

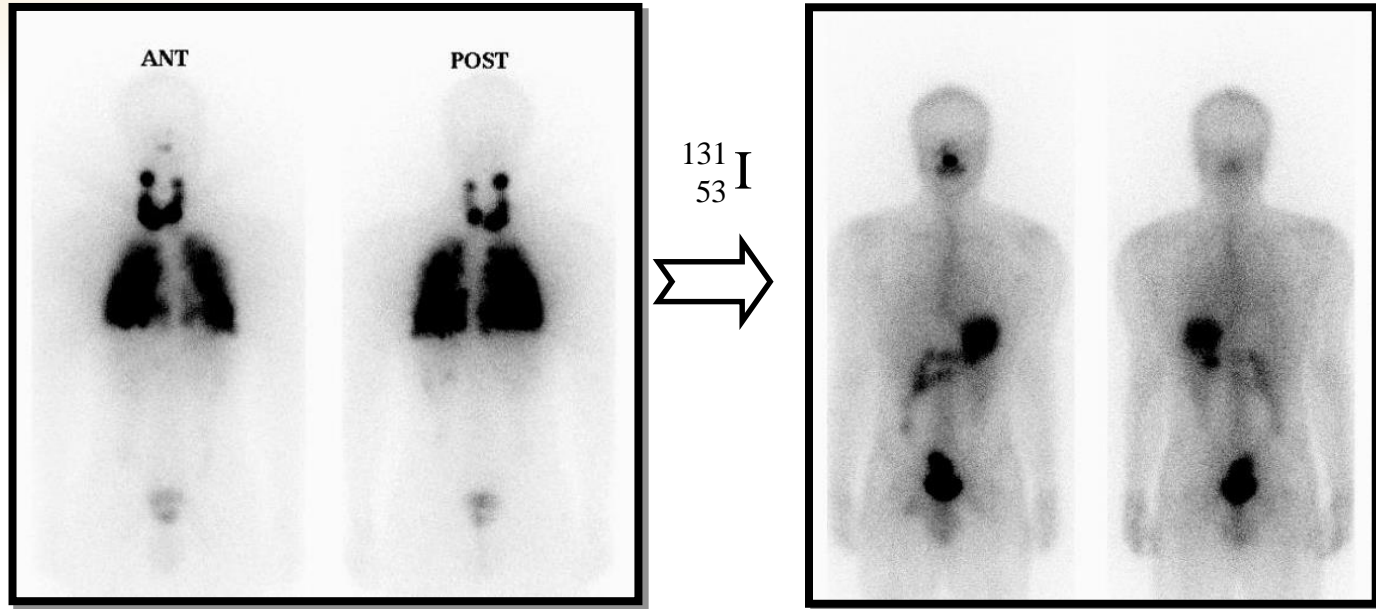
RADIOTHERAPIE METABOLIQUE

❖ Antalgie de métastases osseuses

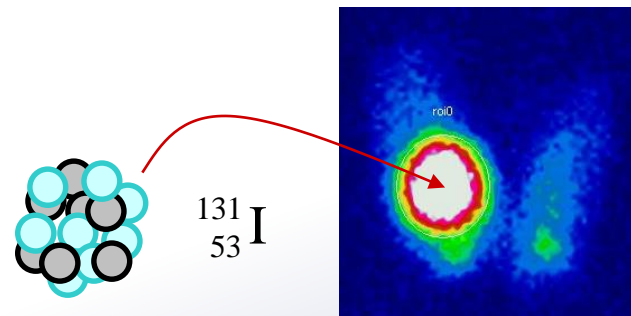


RADIOTHEAPIE METABOLIQUE

❖ Néoplasies thyroïdiennes



❖ Hyperthyroïdies



DOSAGES de LABORATOIRE

DOSAGES RADIOIMMUNOLOGIQUES

◆ Liaison Récepteur-Ligand* : spécifique

◆ Sensibilité < picomole

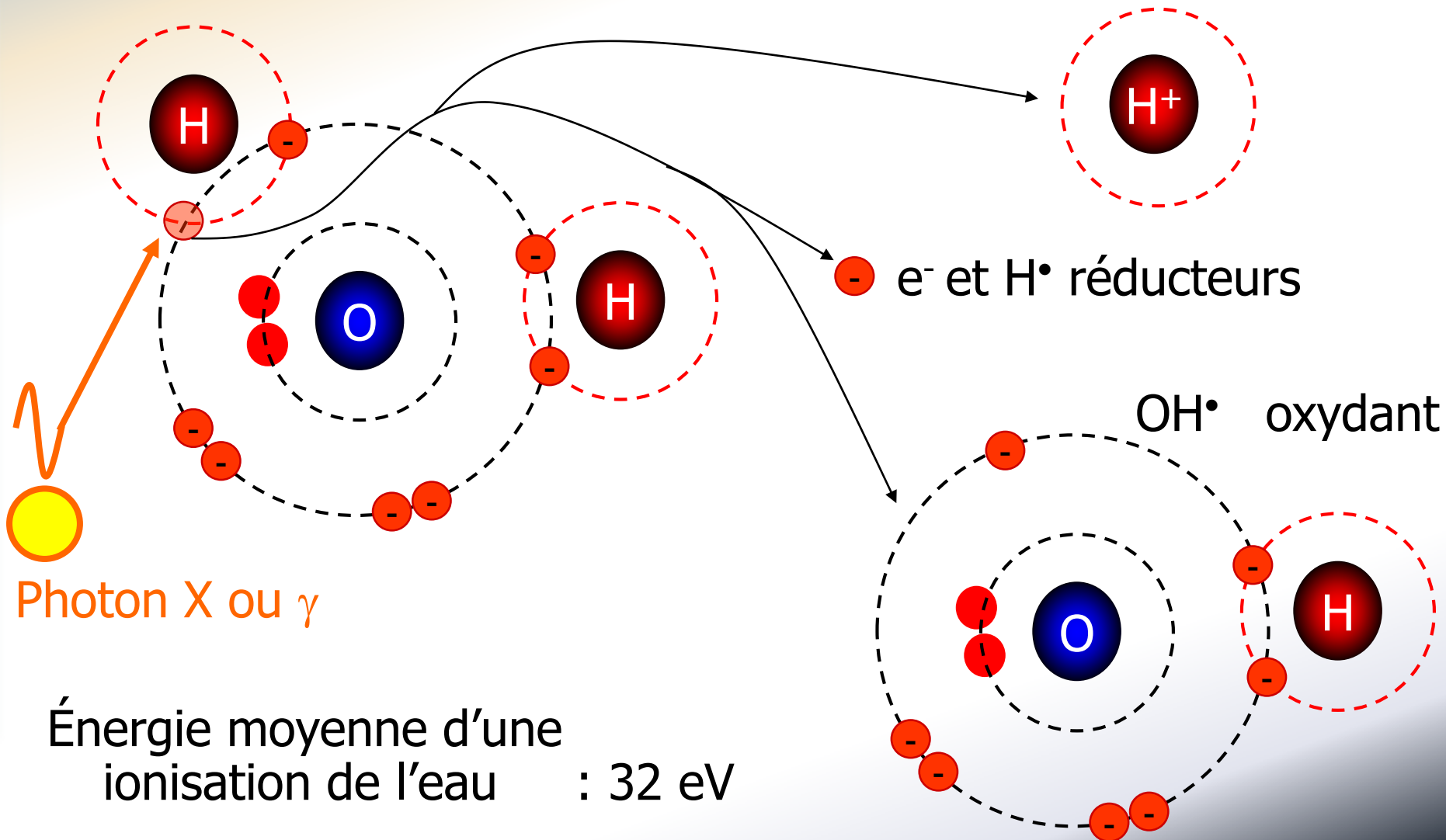
◆ 10-20 % des dosages :

- ◆ 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 n
<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

