AFTMN
Association Française des Techniciens en Médecine Nucléaire

# Quantification en TEP-TDM
# Utilisation à but dosimétrique

## Journées AFTMN – 5 et 6 juin 2025


**Sébastien BUJ – Physicien Médical**
sebastien.buj@chu-bordeaux.fr


CHU BDX
CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE BORDEAUX

# Définitions dans le contexte

- Quantification en TEP : mesure de l'activité métabolique ou fonctionnelle dans les tissus du corps humain. Relative ou absolue.

- Dosimétrie : mesure et évaluation des doses de rayonnements ionisants reçues.

- En TEP-TDM nécessaire de définir et d'identifier :
  - le sujet de l'étude dosimétrique : agent, patient, organe, tumeur.
  - la source de l'irradiation : MRP, rayons X du tomodensitomètre.

# Sommaire

1 – Quantification en TEP-TDM

2 – Dosimétrie en TEP-TDM

3 – Utilisation à visée dosimétrique du TEP-TDM

# 1 –
# Quantification en TEP-TDM

# Rappels sur la "Standard Uptake Value"

- Indice quantifiant la valeur du taux de fixation.
- Mesurée dans une région ou un volume d’intérêt.
- De nombreux SUV existent. Un des plus utilisés toujours à l’heure actuelle par les médecins nucléaires, le SUV pondéré en poids:

$$\mathrm{SUV} = \frac{\text{Concentration du traceur dans le tissu (Bq/mL)}}{\text{Activité injectée (Bq)} \;/\; \text{Poids du patient (g)}}$$

- Exemple en oncologie : utilisé pour le suivi de l’évolution de la maladie, la distinction bénin / malin. Dans certains cas corrélé au pronostic. Evolution des valeurs de SUV peut servir à évaluer la réponse thérapeutique.

# Les multiples SUV

- SUVmax : représente le pixel avec la plus haute concentration de traceur dans la ROI. Souvent utilisé pour évaluer l'activité métabolique maximale dans une tumeur ou un tissu.
- SUVmean : calculé en faisant la moyenne des valeurs de SUV de tous les pixels dans la ROI. Peut donner une indication de l'activité métabolique moyenne dans une tumeur ou un tissu.
- SUVpeak : valeur moyenne de fixation du traceur dans une petite région sphérique (de 1 $cm^3$ généralement) centrée sur le pixel avec la valeur maximale de fixation. Utilisé pour réduire l'effet du bruit et donner une mesure plus stable de l'activité métabolique maximale.
- SUL : Standardized Uptake value Lean = valeur de Fixation Normalisée par la Masse Maigre (Lean Body Mass).
  - Variante du SUV utilisée pour réduire la variabilité due aux différences de composition corporelle entre les patients.
  - Déclinaisons similaires SULmax, SULmean, SULpeak.

# Avantages et inconvénients : pas d'idéal absolu

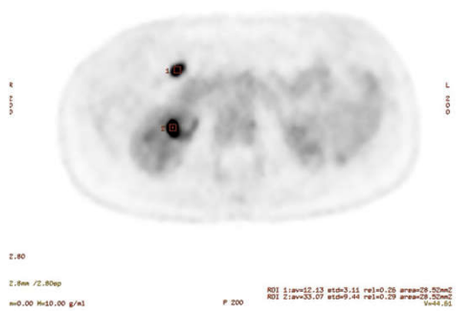
- SUVmax : non dépendant de l'utilisateur, paramètre le moins sensible à l'effet de volume partiel (EVP) mais très dépendant du protocole d'acquisition (filtrage des images).

- SUVmean : reflète l'activité métabolique d'une plus grande partie de la tumeur, dépendant de l'utilisateur, biaisé pour petites tumeurs (EVP).

- SUVpeak : peu dépendant de l'utilisateur, moins sensible à l'EVP que SUVmean, compromis entre SUVmean et SUVpeak, dépend de l'échantillonnage des images, biais variable suivant la taille de la tumeur.

- SUL : permet de différencier muscles et graisses, estimation empirique de la masse maigre peu fiable (Erselcan et al. EJNMMI 2006)

# Paramètres directement reliés au SUV



$$\mathrm{SUV} = \frac{\text{Concentration du traceur dans le tissu (Bq/mL)}}{\text{Activité injectée (Bq)} \;/\; \text{Poids du patient (g)}}$$

# Impact de la synchronisation des horloges

- Répercussion de l'erreur sur la véritable activité administrée.
- Impact dépend fortement de la période radioactive de l'élément administré.
- ex: un décalage de 5 min entre horloges d'injection et de la station d'acquisition entraine une erreur sur l'activité de :
  - $^{18}F$ : ~ 3%
  - $^{68}Ga$ : ~ 5%
  - $^{90}Y$ : < 0,1%

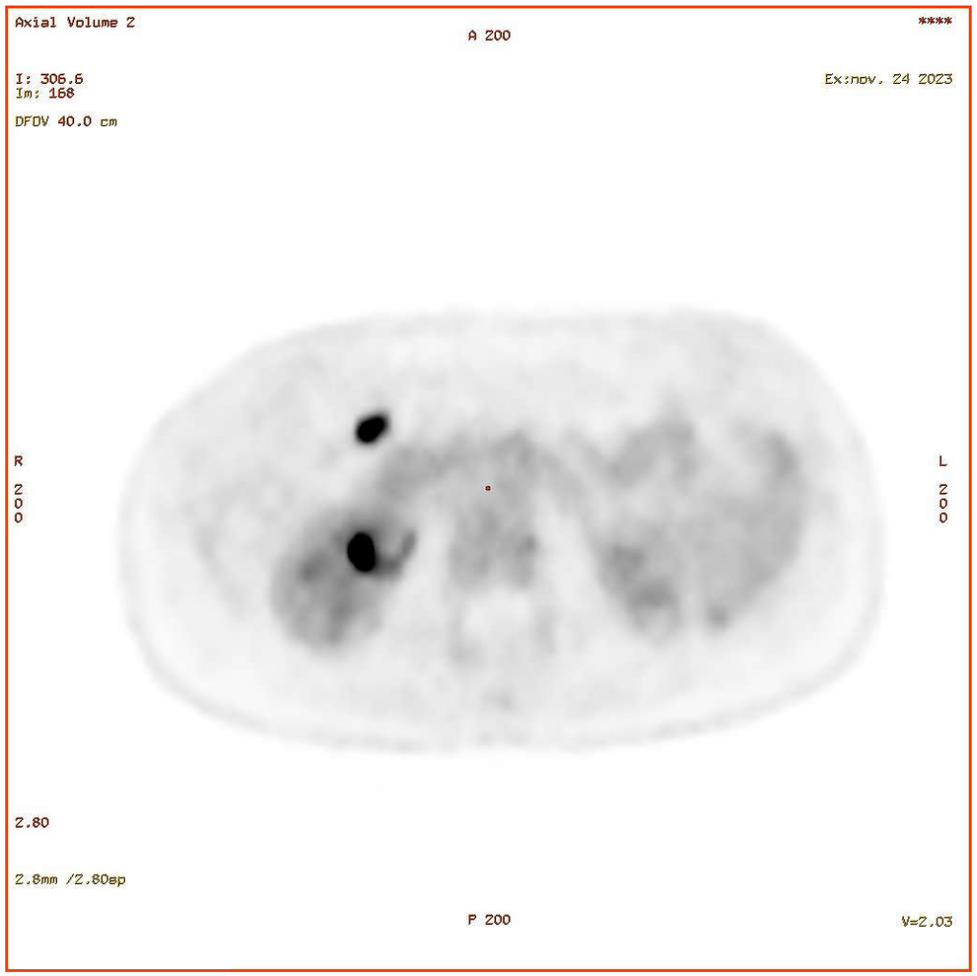
# Facteurs influençant la fixation

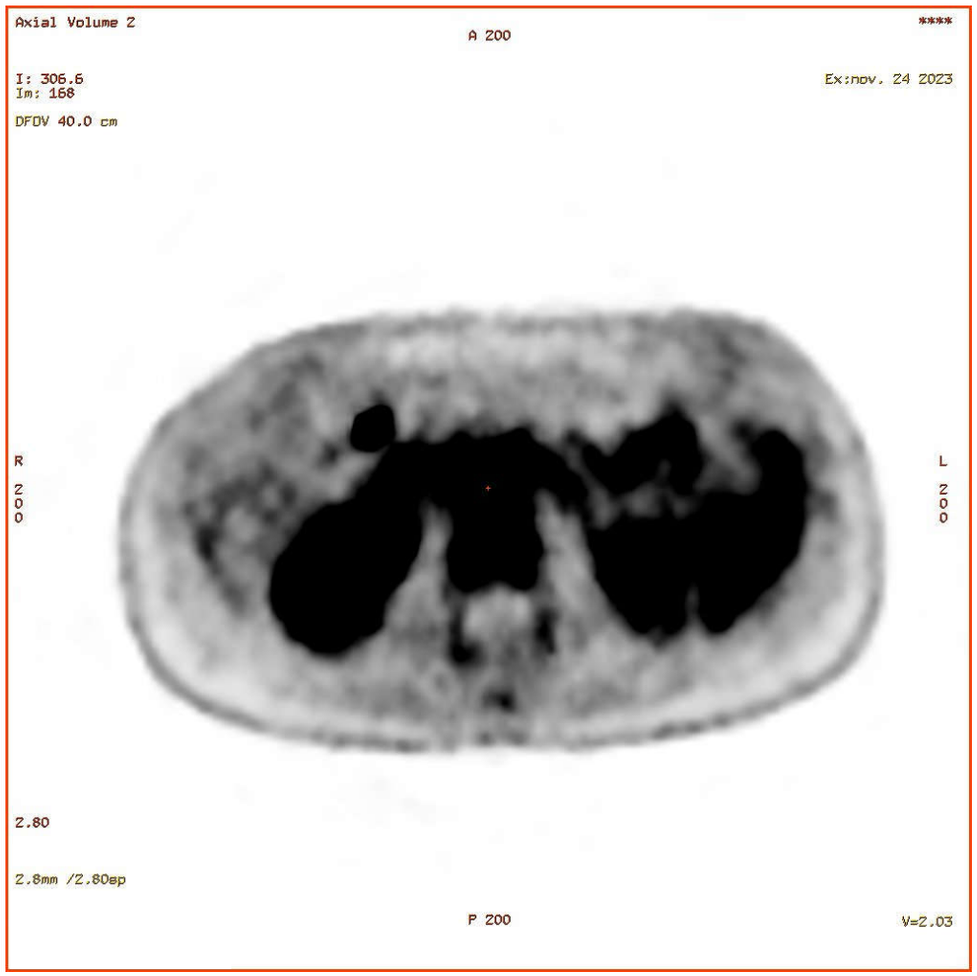
- Biologiques: métabolisme du glucose, glycémie, pharmacocinétique.
- Techniques: calibrages de l'équipement, intervalle de temps écoulé entre injection du traceur et acquisition des images.
- Traitement des images: algorithme de reconstruction (paramètres itératifs, filtres,…), méthode de segmentation.
- Cliniques: type de tumeur et stade de la maladie (métabolisme tumoral), traitements antérieurs (chimiothérapie, radiothérapie,…, pouvant affecter le métabolisme des tissus et donc la fixation du $^{18}$FDG par exemple.)
- Bonnes conditions de préparation et d'attente du patient pour éviter par exemple des captations physiologiques non souhaitées (ex: froid avec $^{18}$FDG).

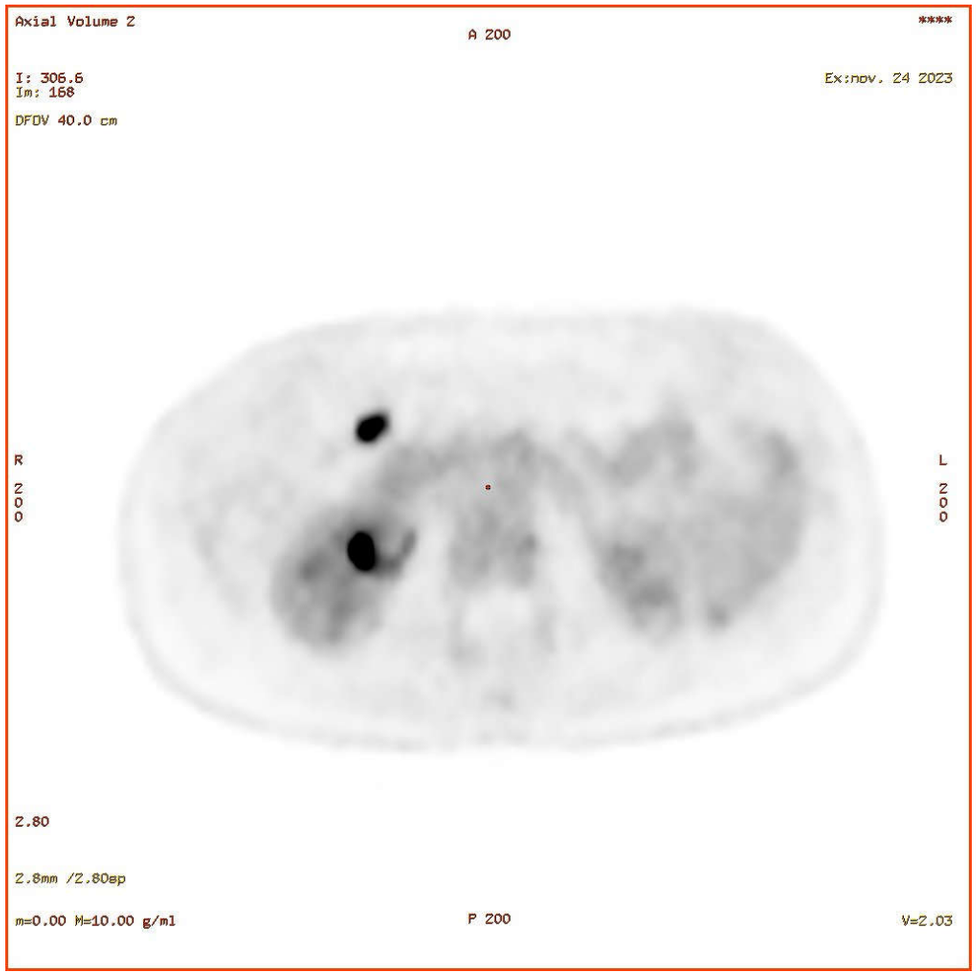
# De l’image à la dosimétrie

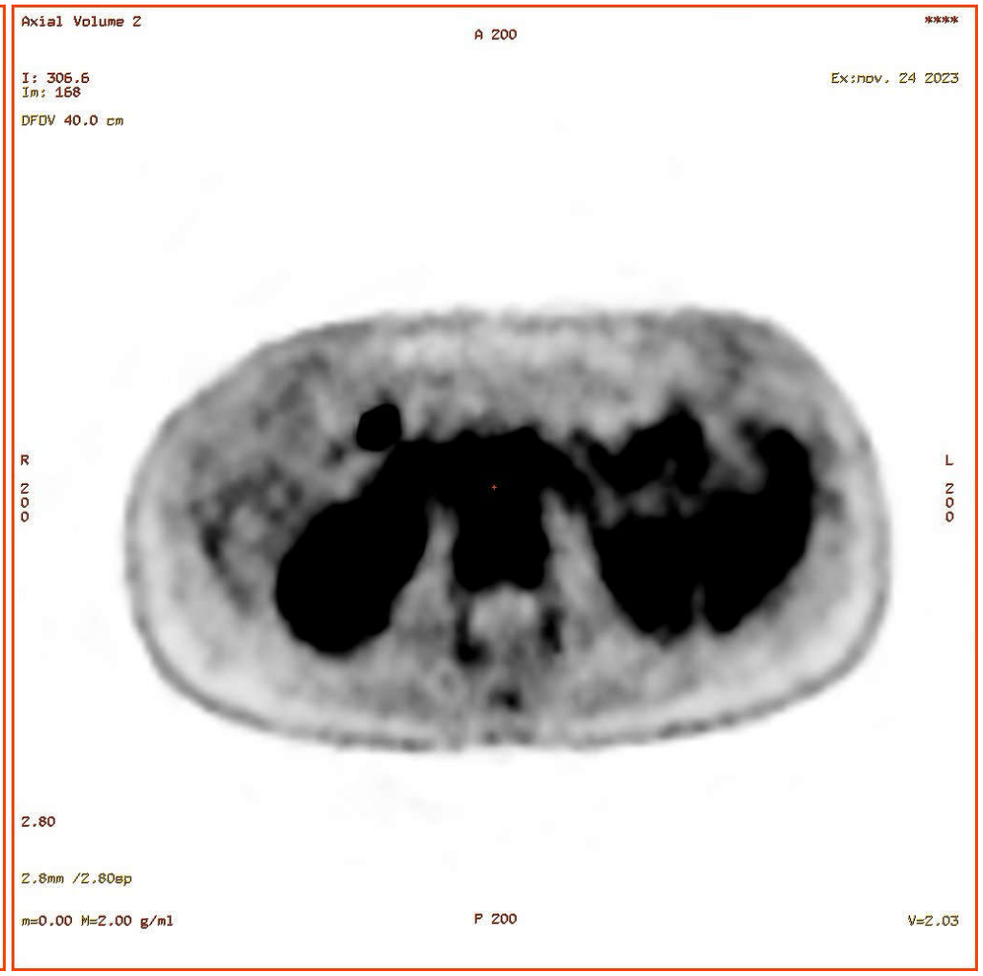
- L’image est une base de la quantification.
- La quantification est un prérequis à la dosimétrie.

- Petit jeu : qu’est-ce qui explique la différence entre les images TEP ($^{18}$FDG) de gauche et de droite?

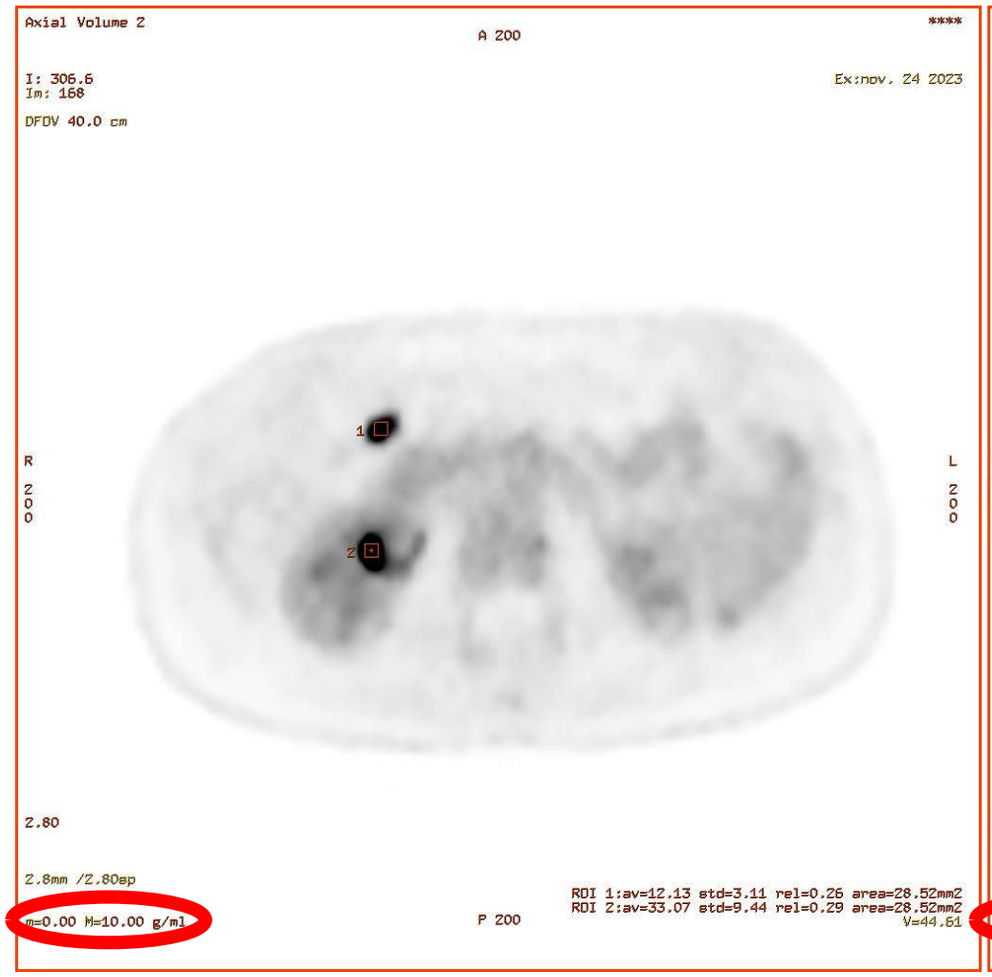

Axial Volume 2
A 200
****
I: 306.6
Im: 168
Ex:nov. 24 2023
DFOV 40.0 cm
R
L
2.80
2.8mm /2.80sp
P 200
V=2.03

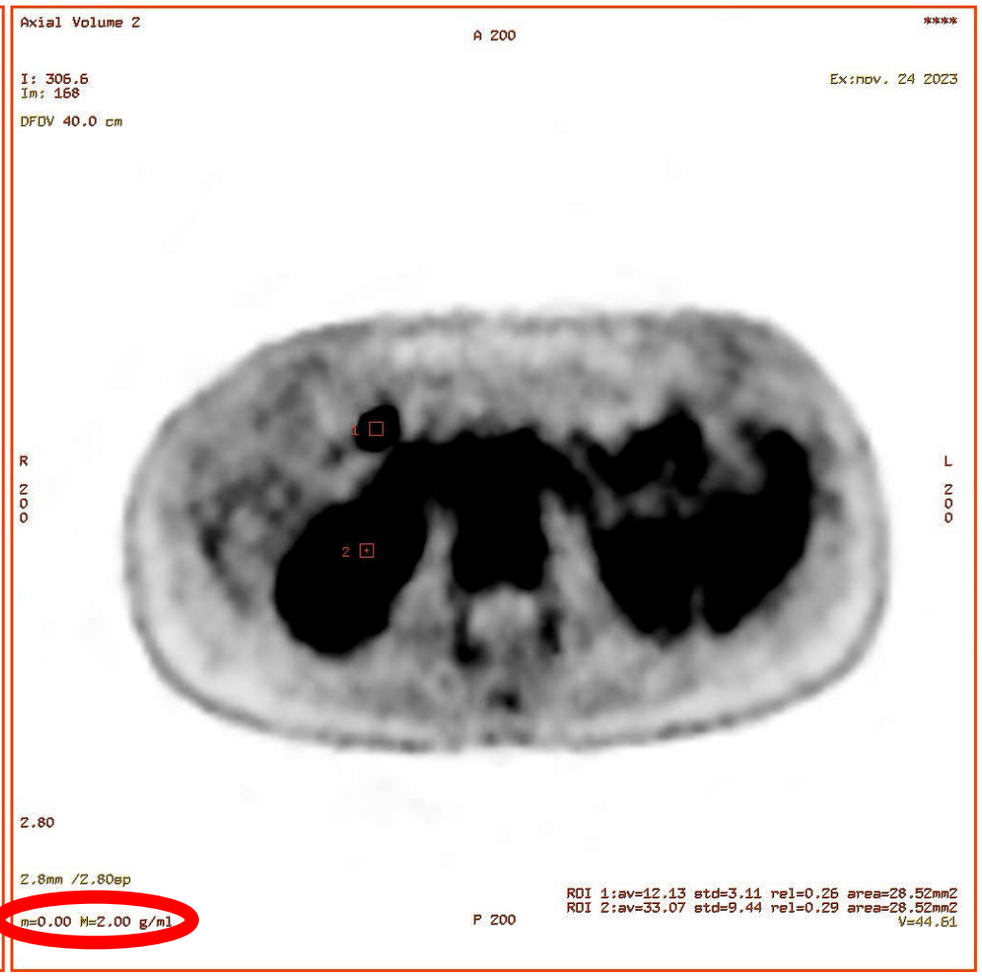

Axial Volume 2
A 200
****
I: 306.6
Im: 168
Ex:nov. 24 2023
DFOV 40.0 cm
R
L
2.80
2.8mm /2.80sp
P 200
V=2.03



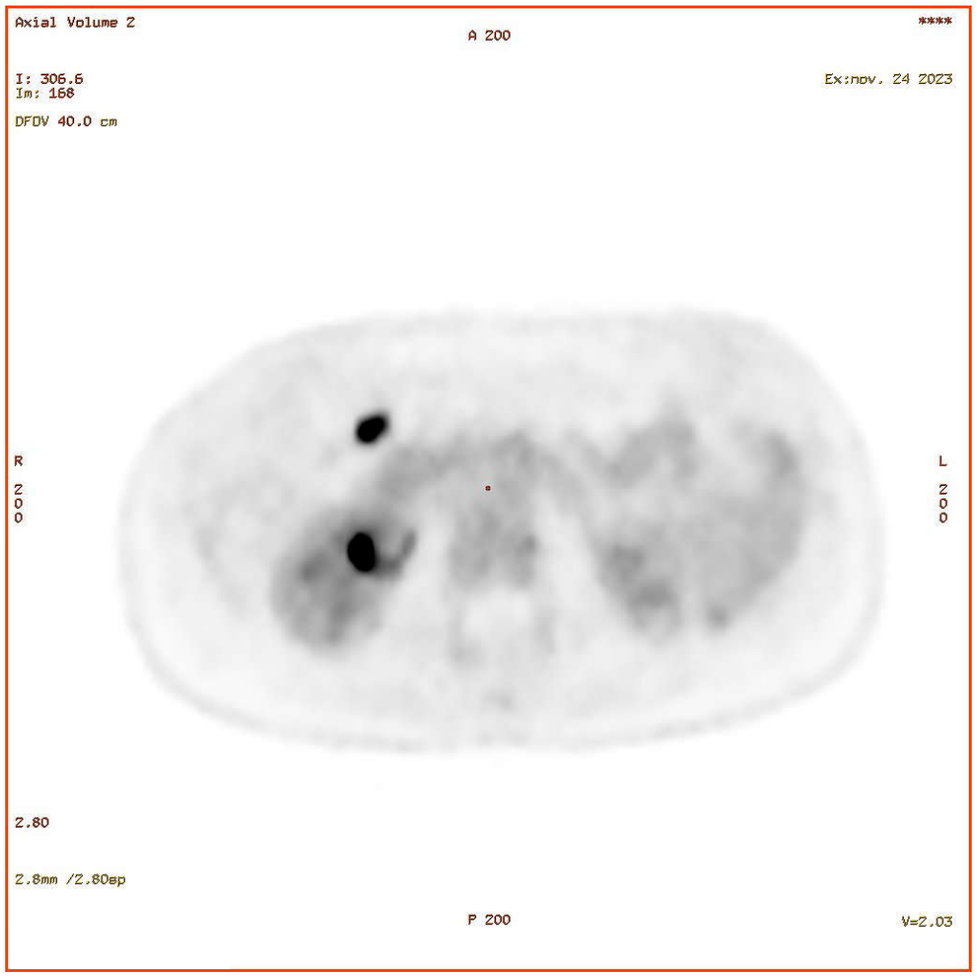



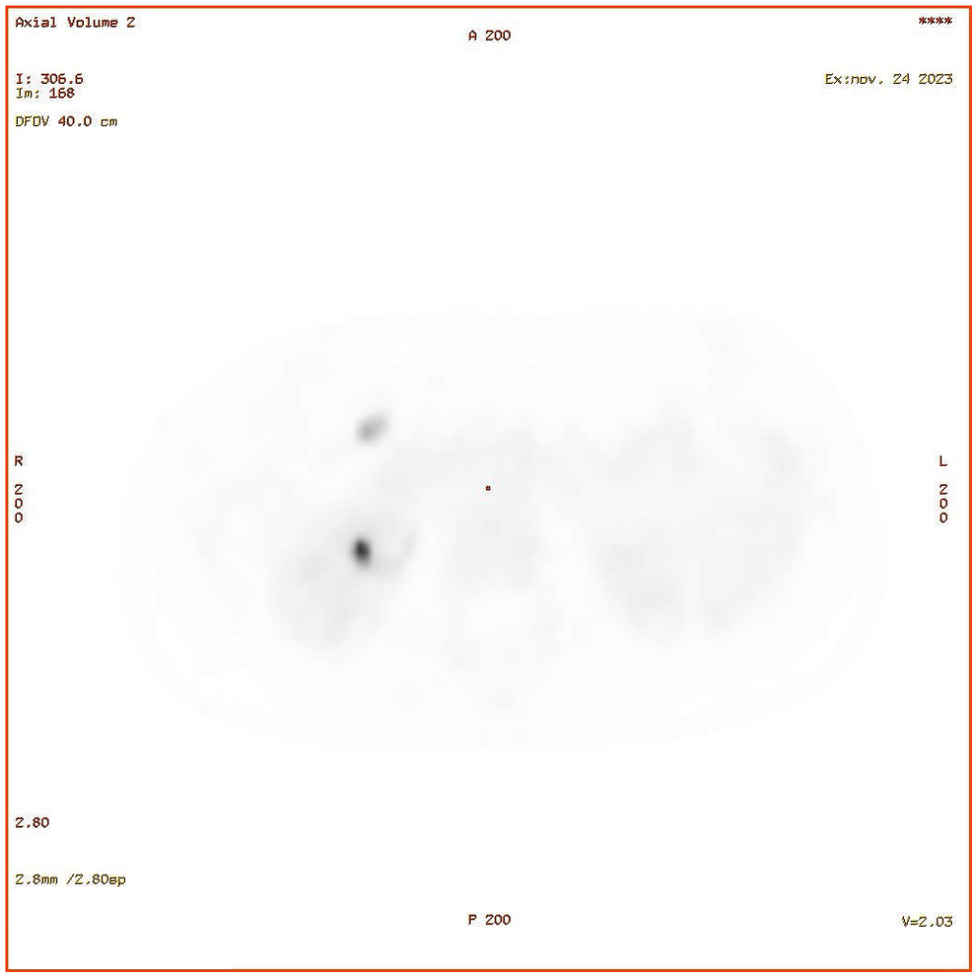

- "Un indice en bas de votre écran."

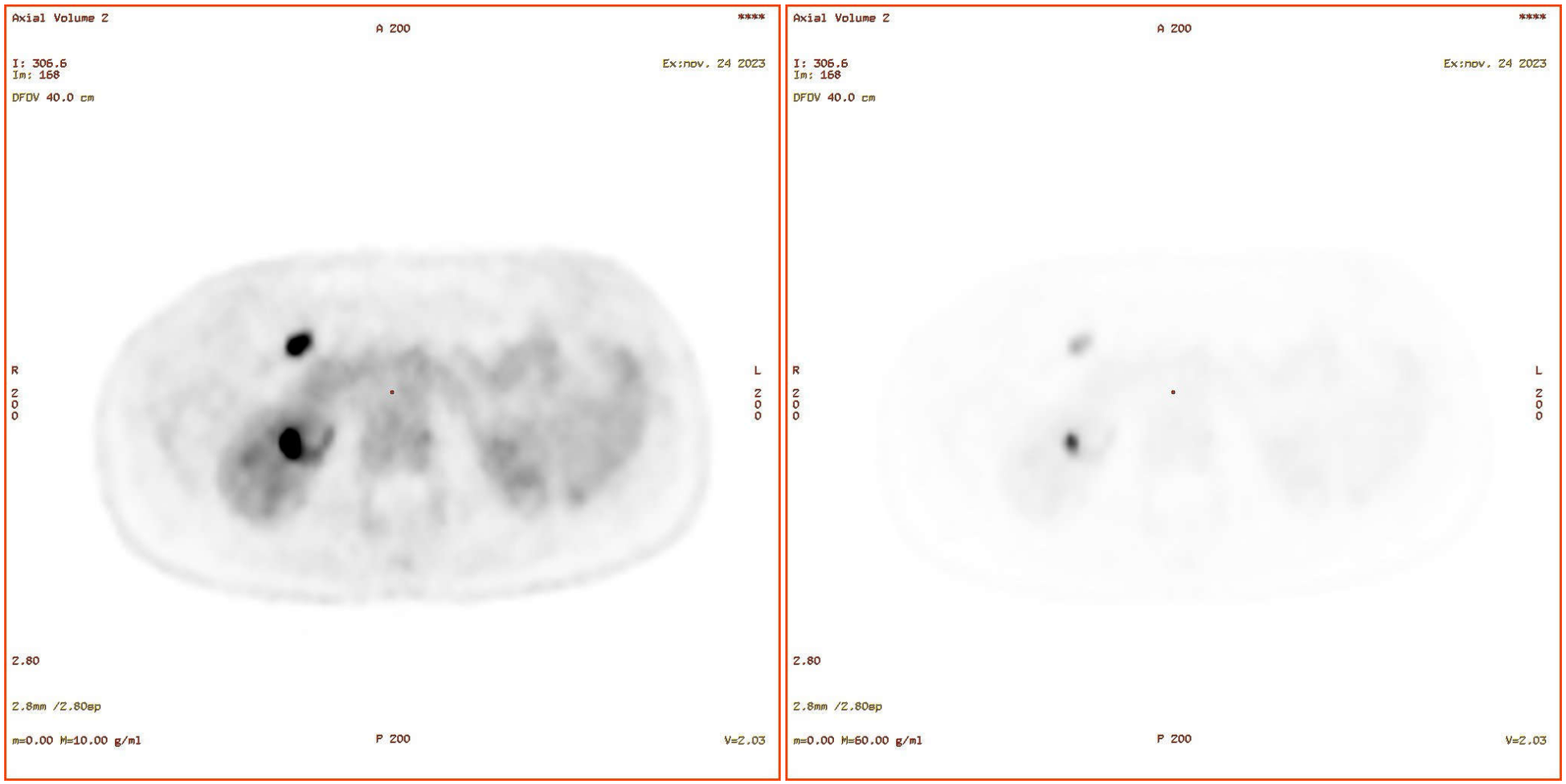


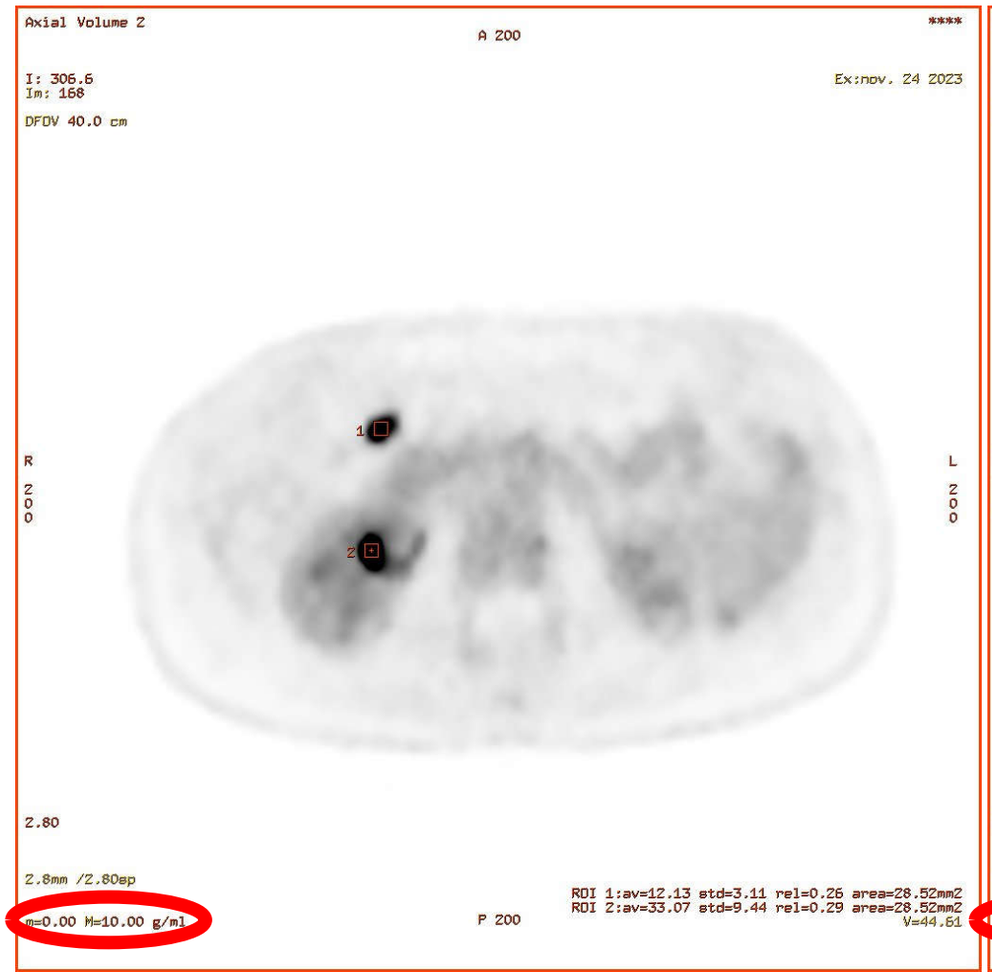

- L’échelle de visualisation est simplement différente.
- Pour preuve les valeurs mesurées dans des régions d’intérêt identiques sont égales.

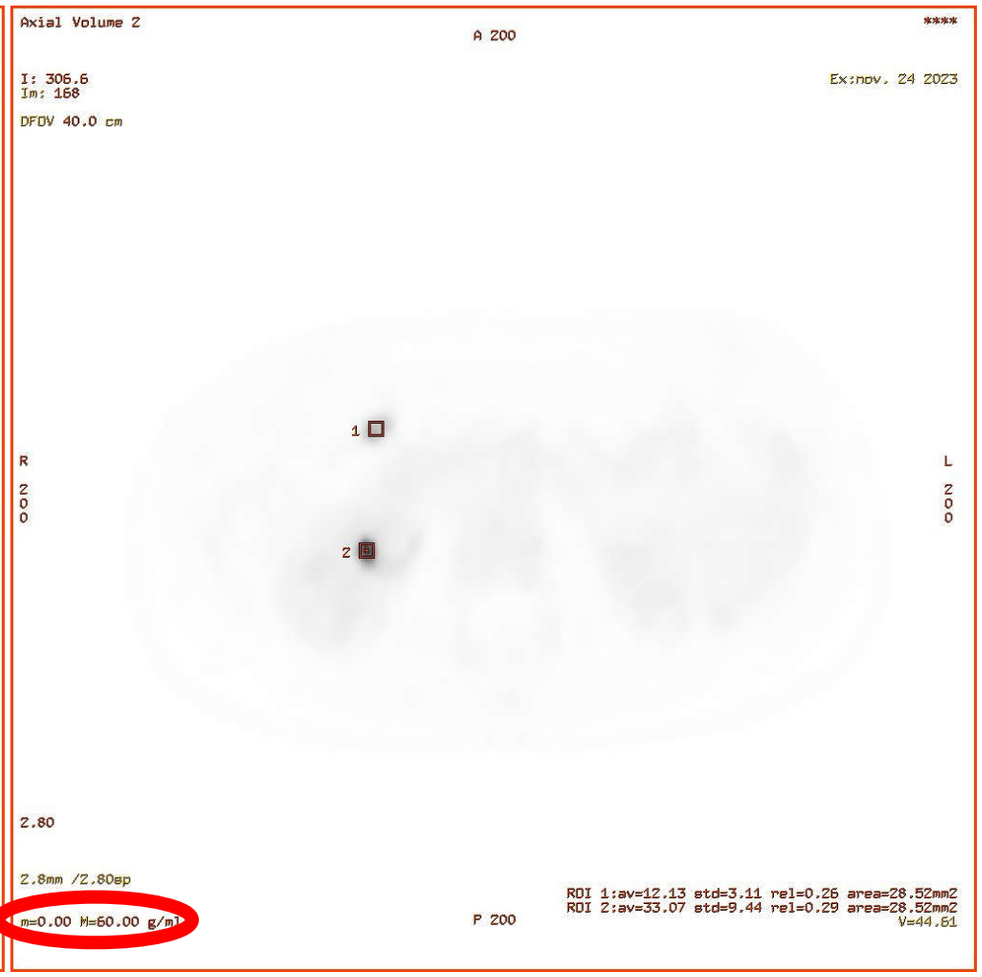

Axial Volume 2
A 200
****
I: 306.6
Im: 168
Ex:nov. 24 2023
DFOV 40.0 cm
R
L
Z
0
0
Z.80
Z.8mm /Z.80sp
P 200
V=Z.03


Axial Volume 2
A 200
****
I: 306.6
Im: 168
Ex:nov. 24 2023
DFOV 40.0 cm
R
L
Z
0
0
Z.80
Z.8mm /Z.80sp
P 200
V=Z.03

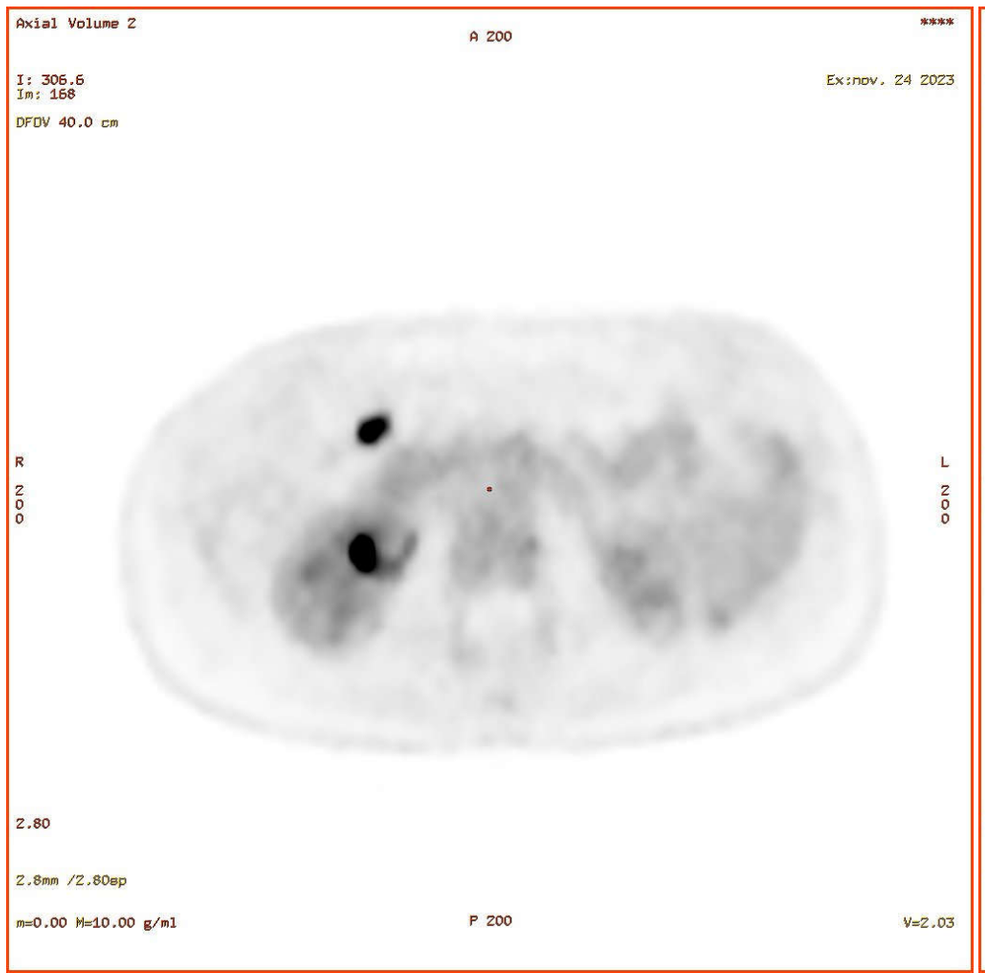


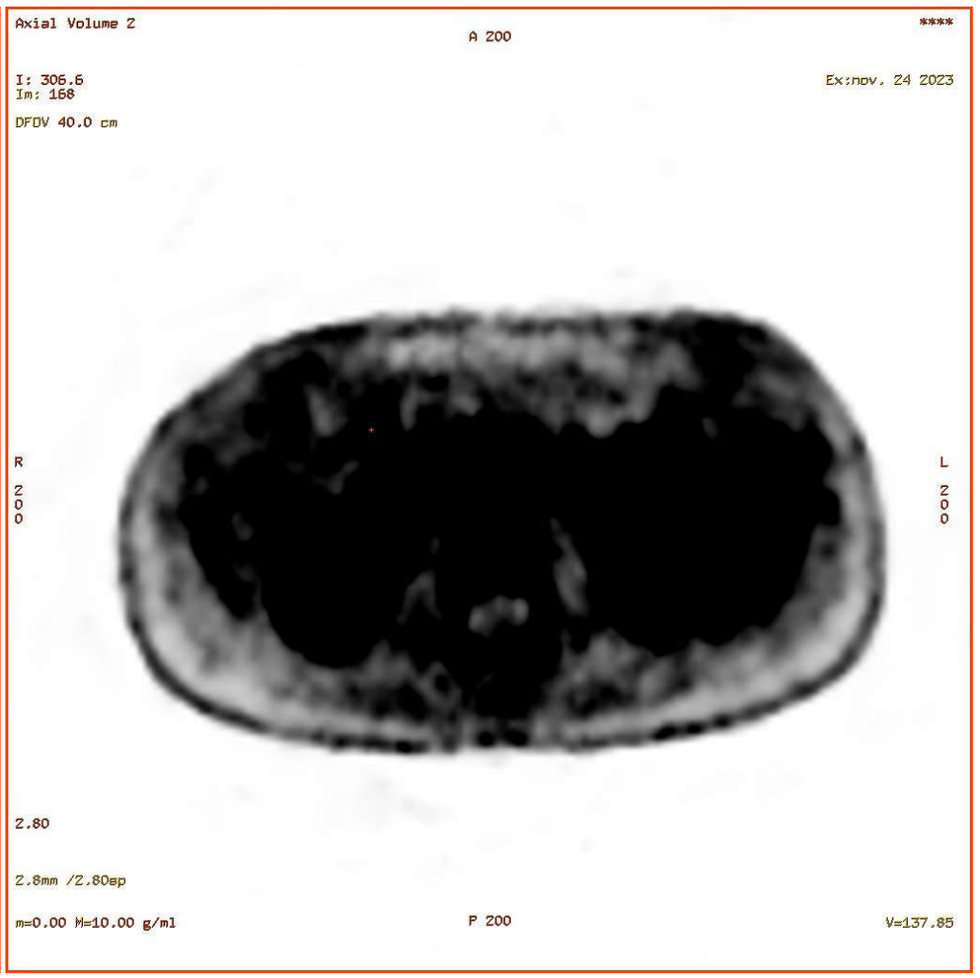

- "Un indice en bas de votre écran."

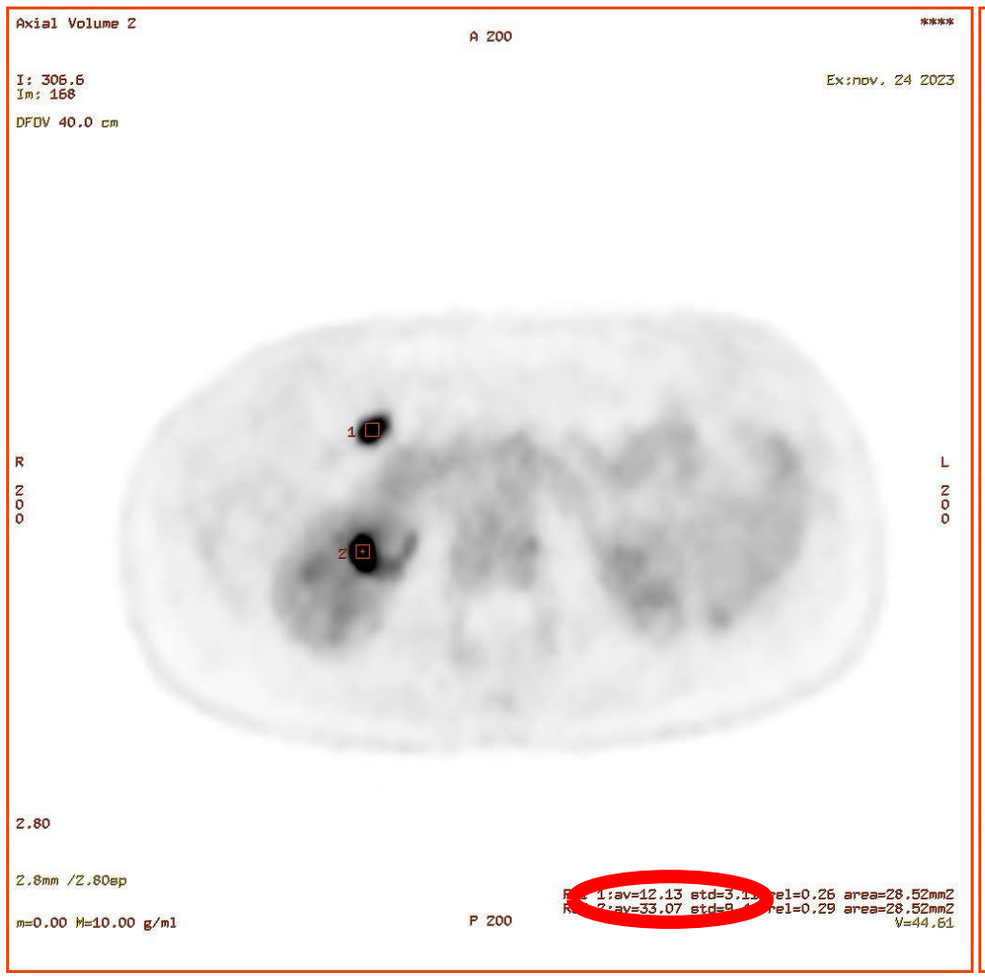


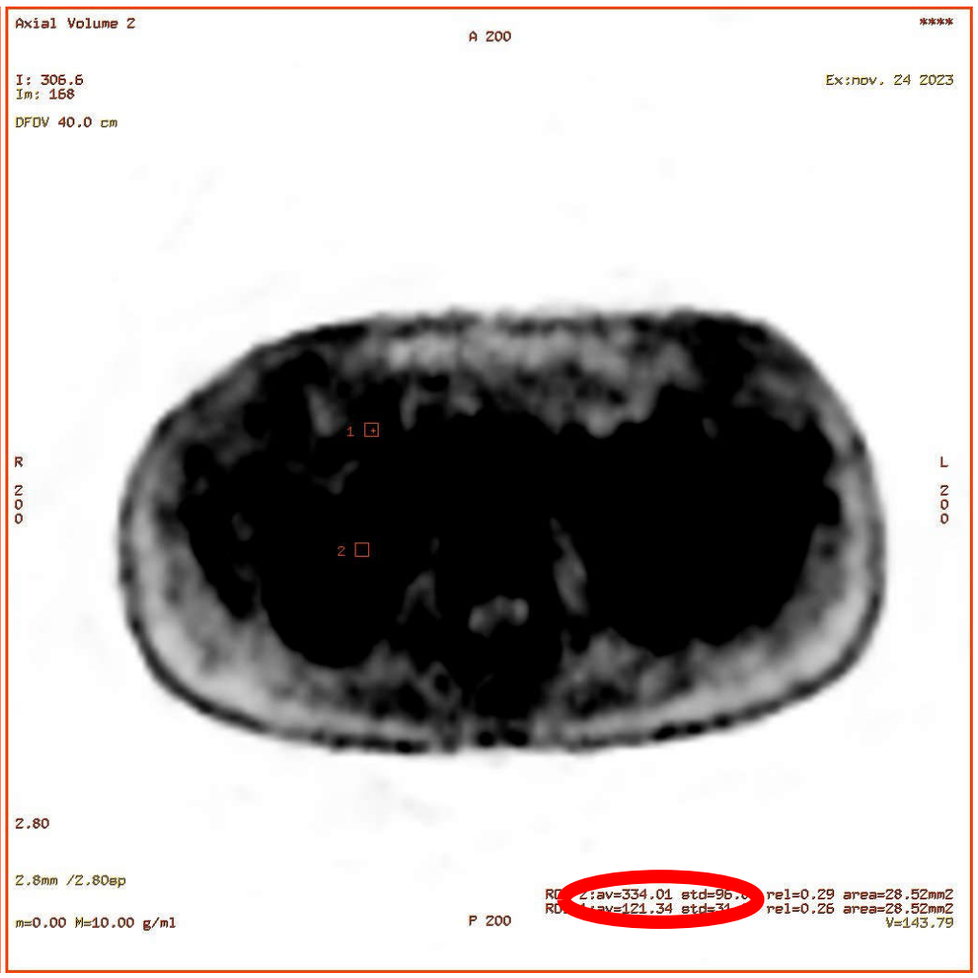




- La même mais en sens inverse.
- Les valeurs mesurées dans les mêmes régions d'intérêt sont toujours égales.

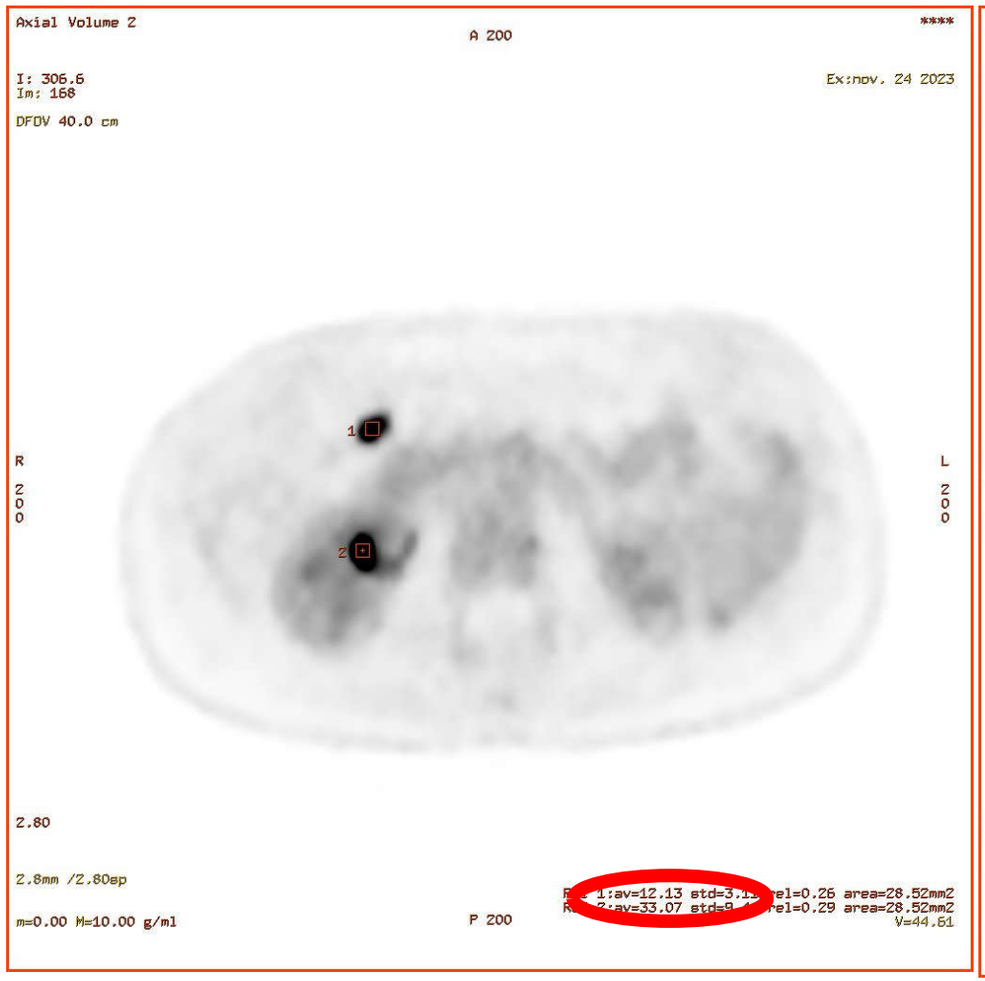

Axial Volume 2
A 200
****
I: 306.6
Im: 168
Ex:nov. 24 2023
DFOV 40.0 cm
R
L
Z
0
0
2.80
2.8mm /2.80sp
m=0.00 M=10.00 g/ml
P 200
V=2.03

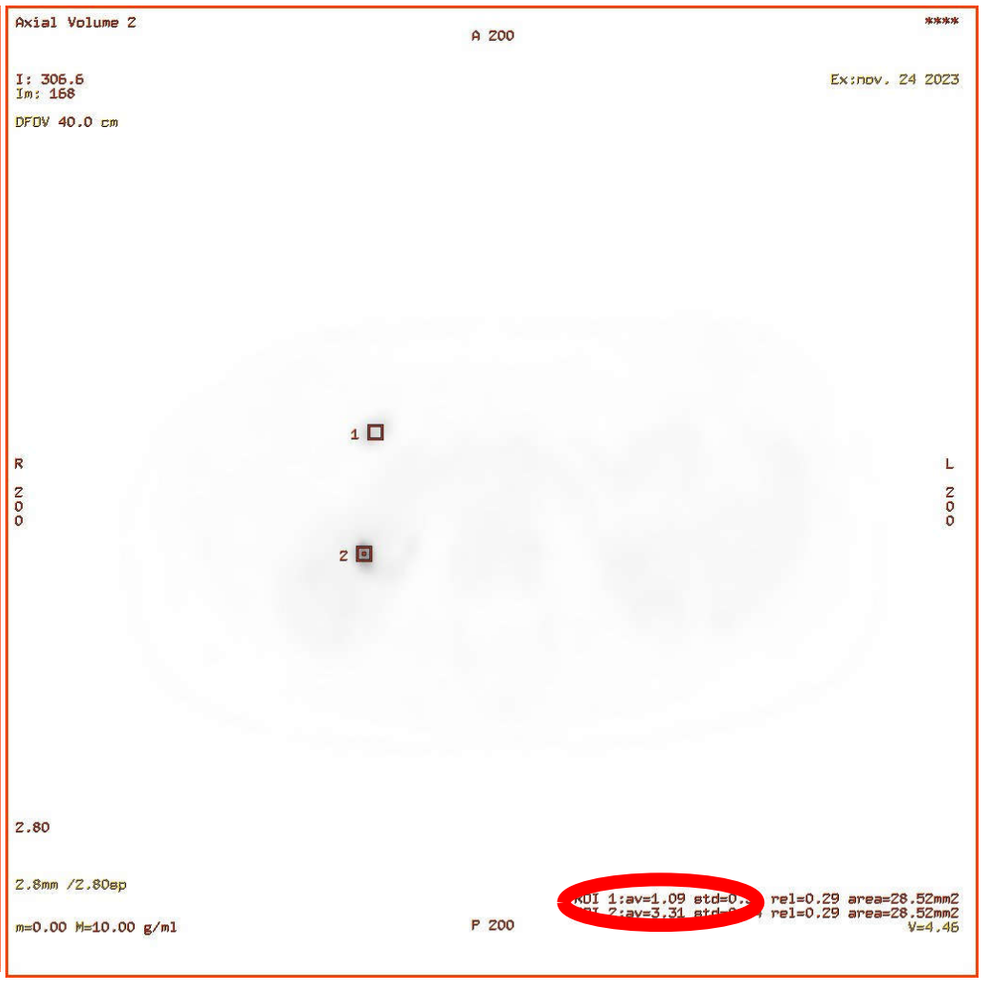

Axial Volume 2
A 200
****
I: 306.6
Im: 168
Ex:nov. 24 2023
DFOV 40.0 cm
R
L
Z
0
0
2.80
2.8mm /2.80sp
m=0.00 M=10.00 g/ml
P 200
V=137.85

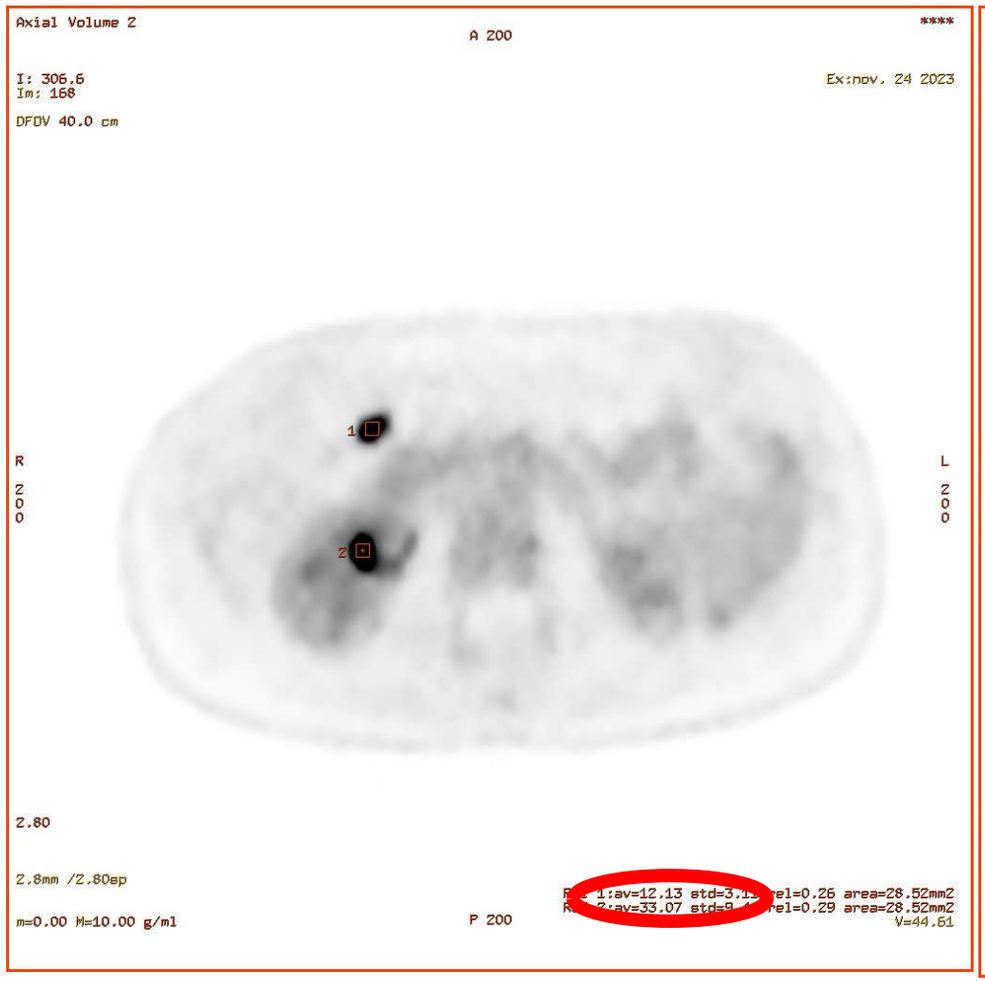


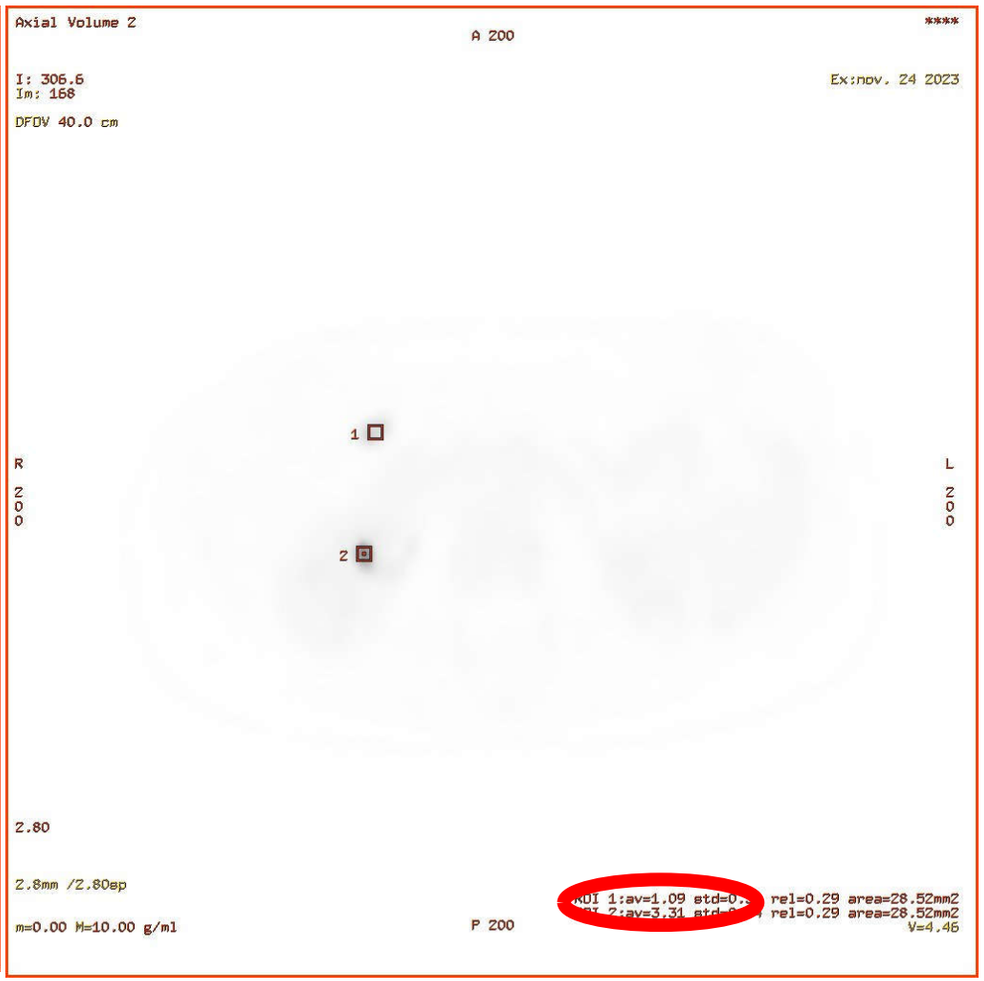




- Erreur sur l’activité entrée.
- Cette fois les valeurs mesurées dans les ROI sont différentes. Vu le facteur 10 il est même possible d’en déduire que la virgule a été décalée vers la gauche.


Axial Volume 2
A 200
****
I: 306.6
Im: 168
Ex:nov. 24 2023
DFOV 40.0 cm
R
L
Z 0 0
Z 0 0
1
2
2.80
2.8mm /2.80sp
m=0.00 M=10.00 g/ml
P 200
1:av=12.13 std=3.1 rel=0.26 area=28.52mm2
2:av=33.07 std=9.4 rel=0.29 area=28.52mm2
V=44.61

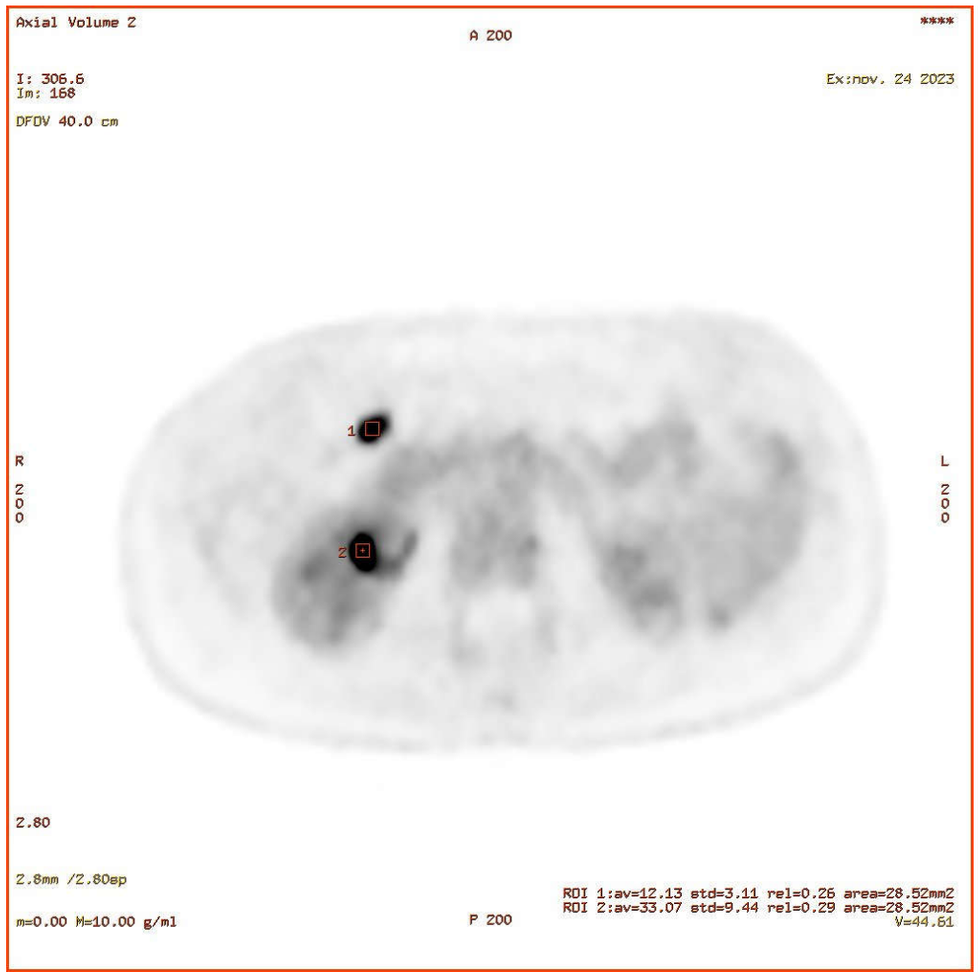

Axial Volume 2
A 200
****
I: 306.6
Im: 168
Ex:nov. 24 2023
DFOV 40.0 cm
R
L
Z 0 0
Z 0 0
1
2
2.80
2.8mm /2.80sp
m=0.00 M=10.00 g/ml
P 200
ROI 1:av=1.09 std=0.3 rel=0.29 area=28.52mm2
2:av=3.31 std=0.9 rel=0.29 area=28.52mm2
V=4.46

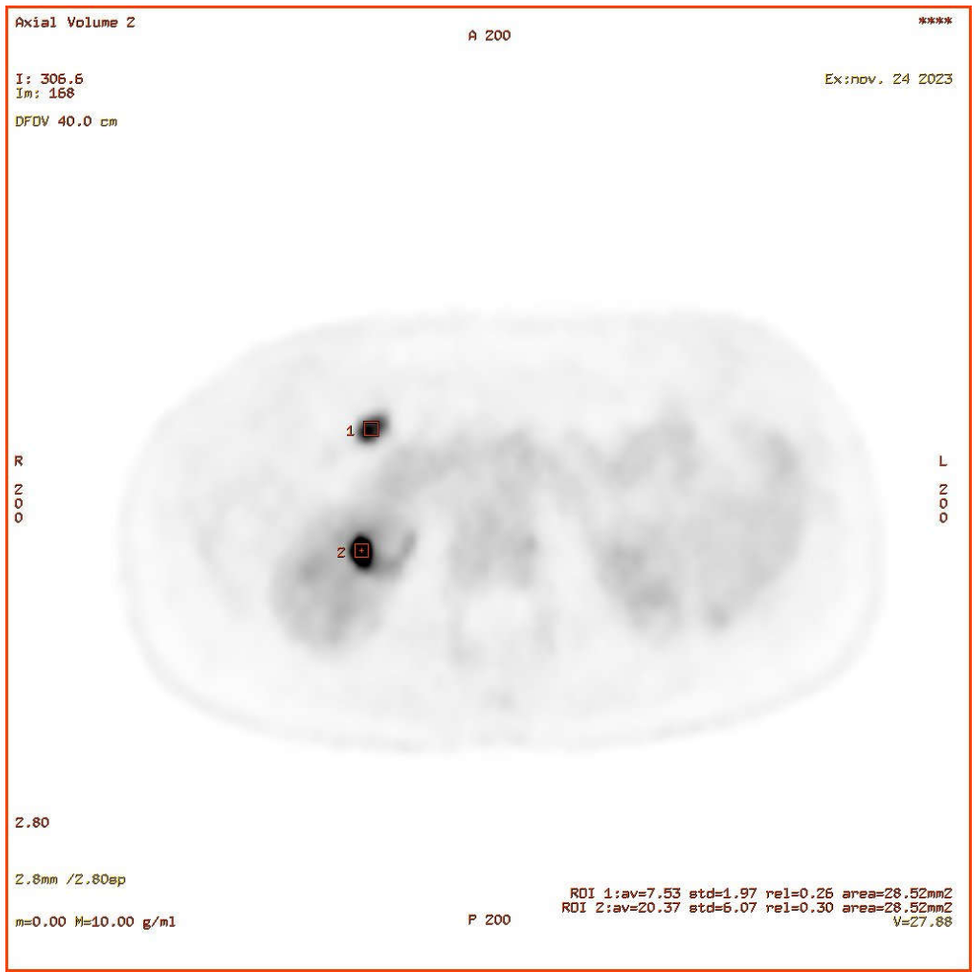


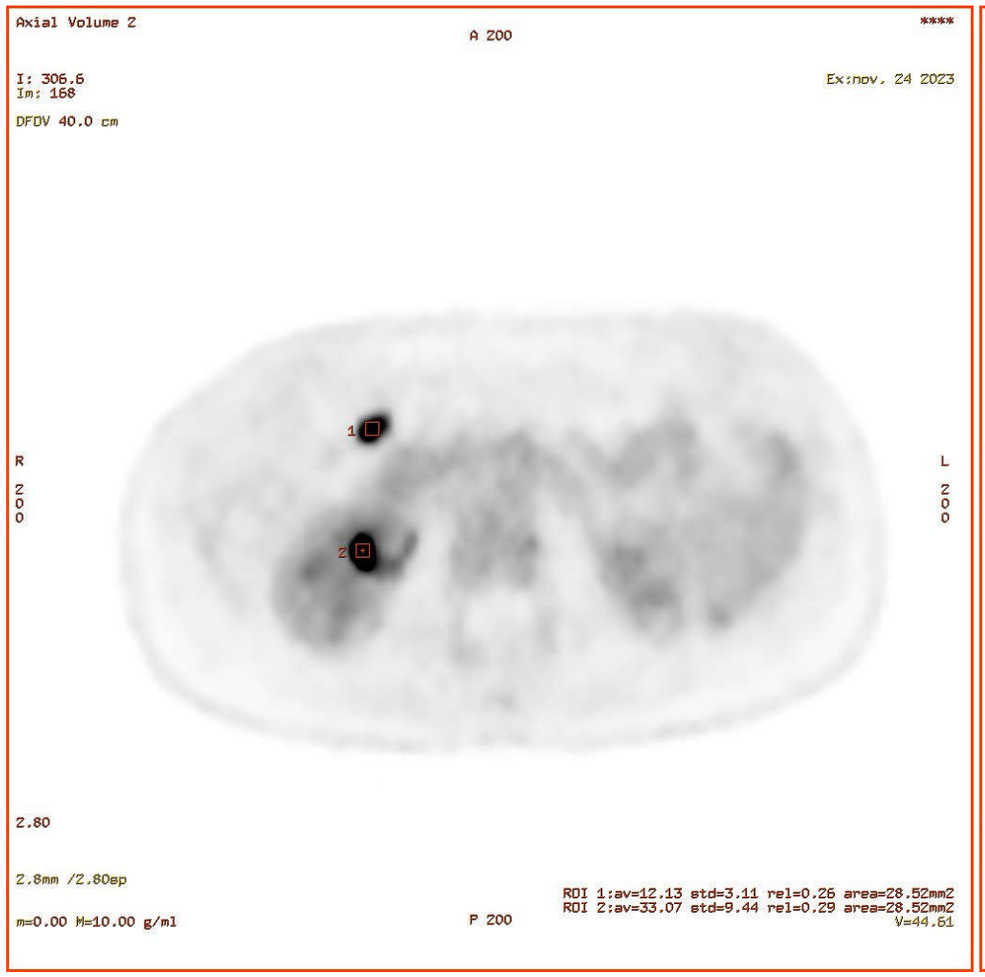



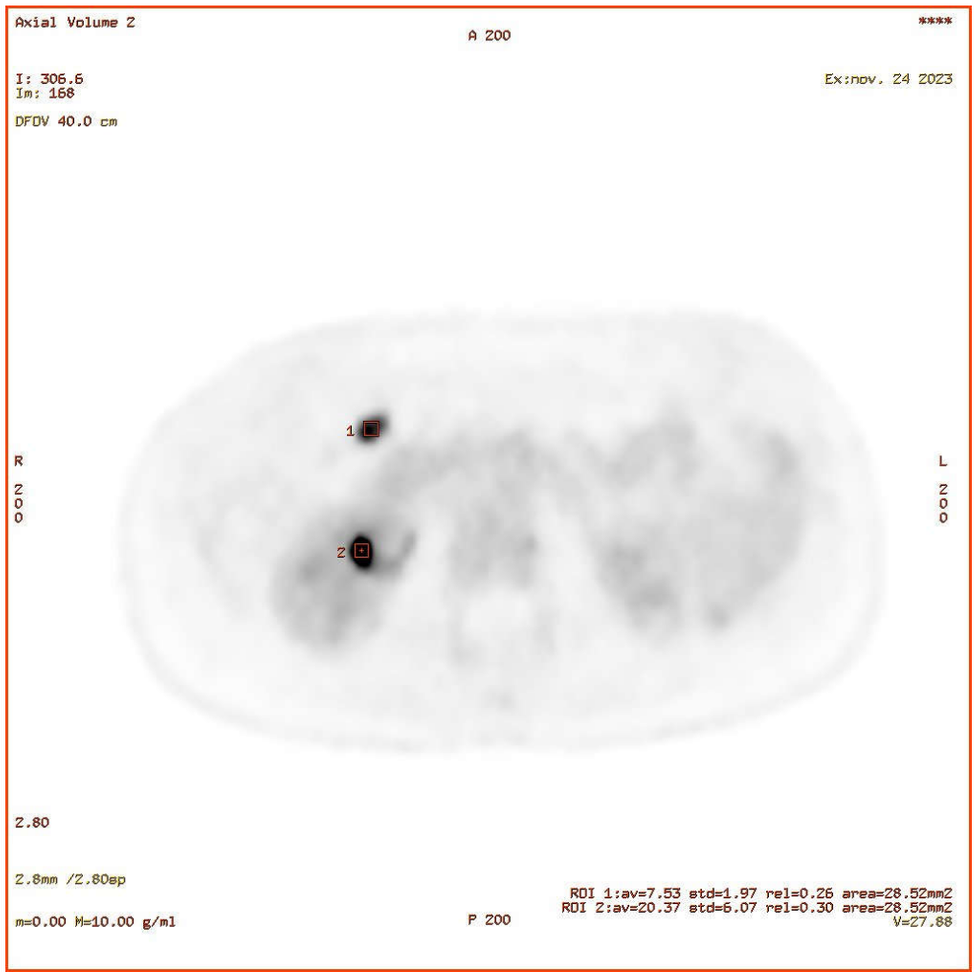

- Même erreur mais avec une activité entrée 10 fois plus importante qu'en réalité.

# Données d'injection correspondant aux 3 acquisitions précédentes


Axial Volume 2
A 200
****
I: 306.6
Im: 168
Ex:nov. 24 2023
DFOV 40.0 cm
1
2
R
L
Z
0
0
Z.80
2.8mm /Z.80sp
m=0.00 M=10.00 g/ml
P 200
ROI 1:av=12.13 std=3.11 rel=0.26 area=28.52mm2
ROI 2:av=33.07 std=9.44 rel=0.29 area=28.52mm2
V=44.61

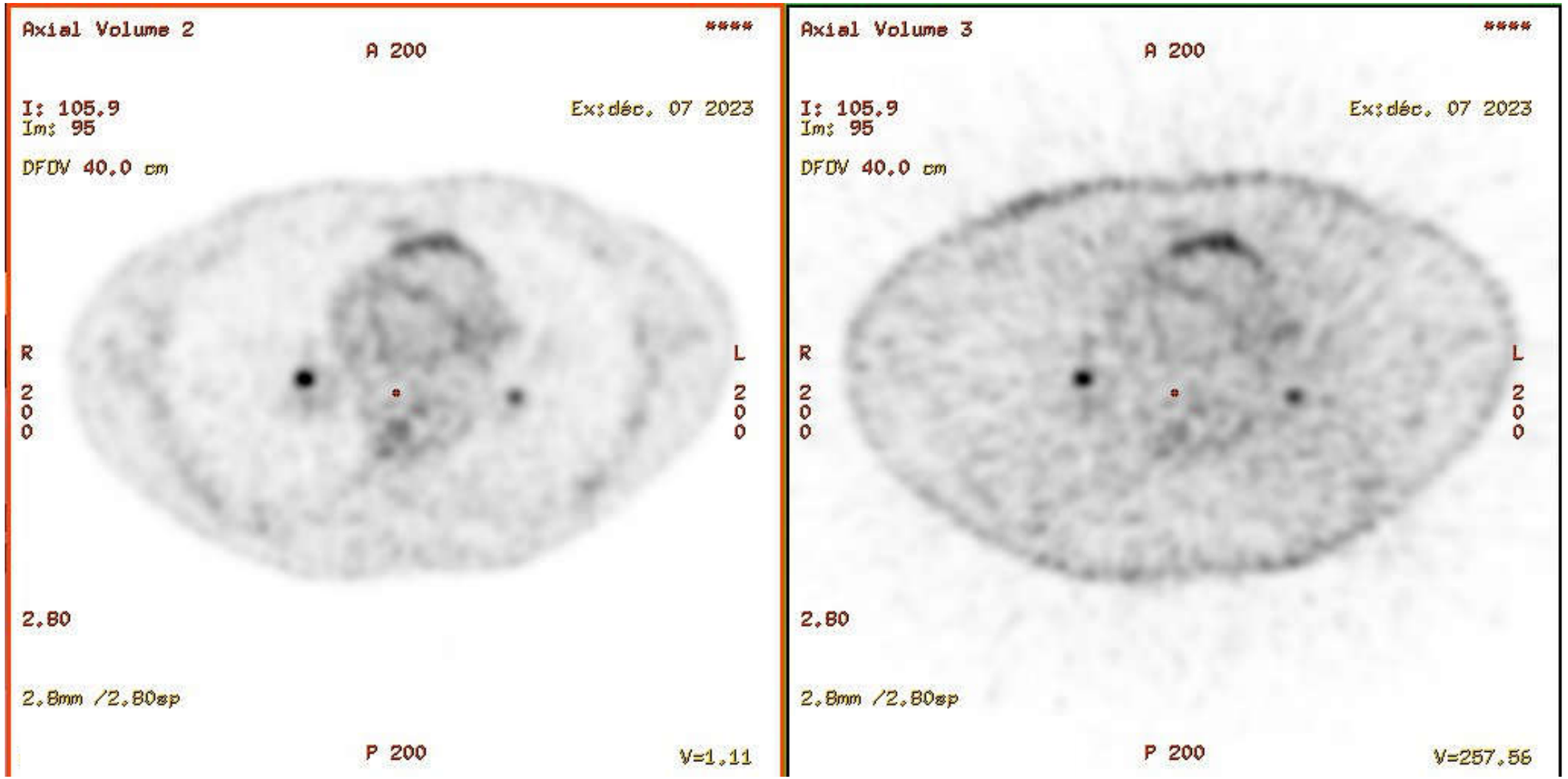

Axial Volume 2
A 200
****
I: 306.6
Im: 168
Ex:nov. 24 2023
DFOV 40.0 cm
1
2
R
L
Z
0
0
Z.80
2.8mm /Z.80sp
m=0.00 M=10.00 g/ml
P 200
ROI 1:av=7.53 std=1.97 rel=0.26 area=28.52mm2
ROI 2:av=20.37 std=6.07 rel=0.30 area=28.52mm2
V=27.88



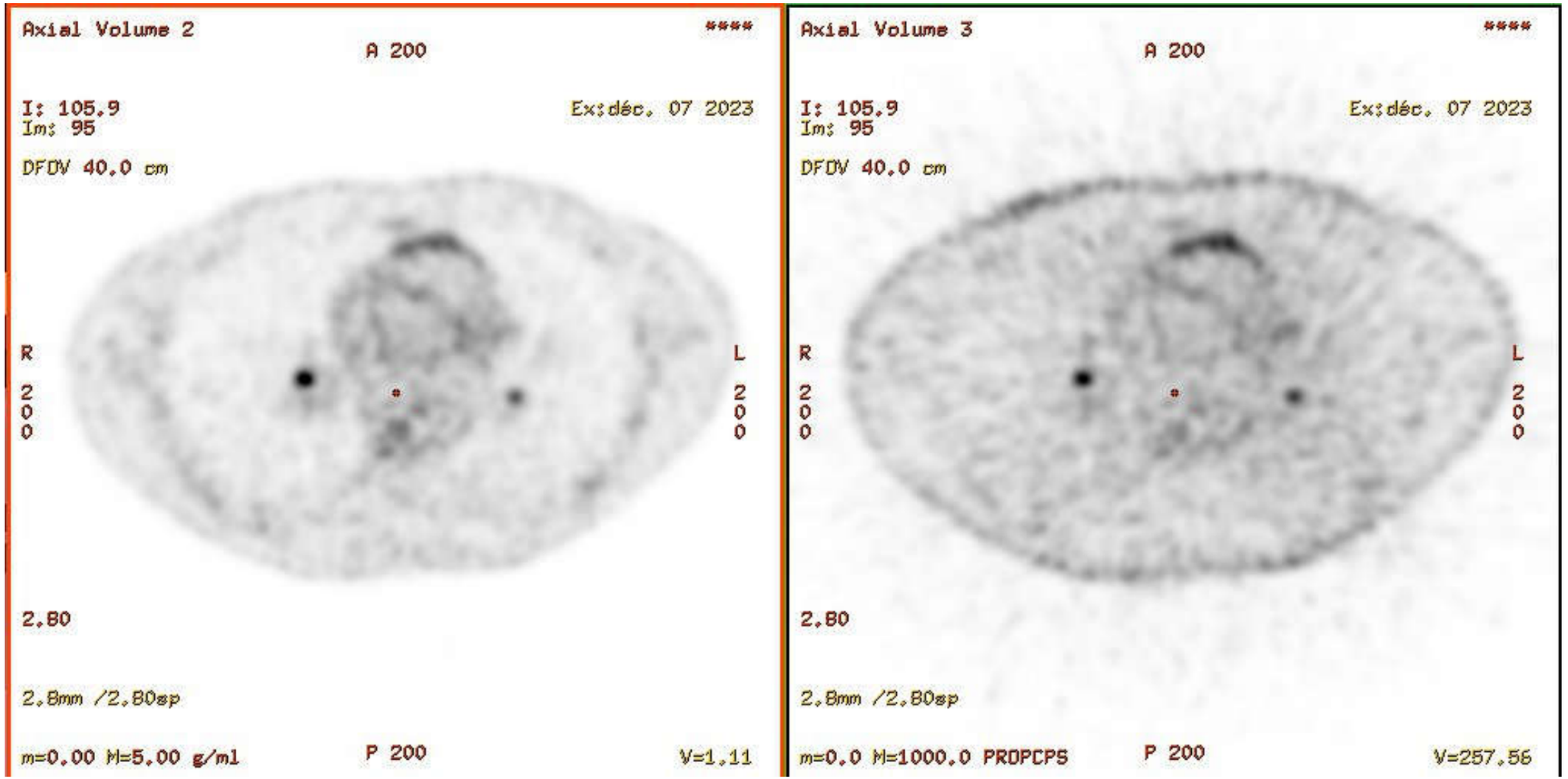




- Erreur sur les données du patient.
- Les valeurs mesurées dans les ROI de l'image de droite sont environ 62% de celles de l'image de référence à gauche.
- Erreur sur le poids, 50 kg entré au lieu de 80.

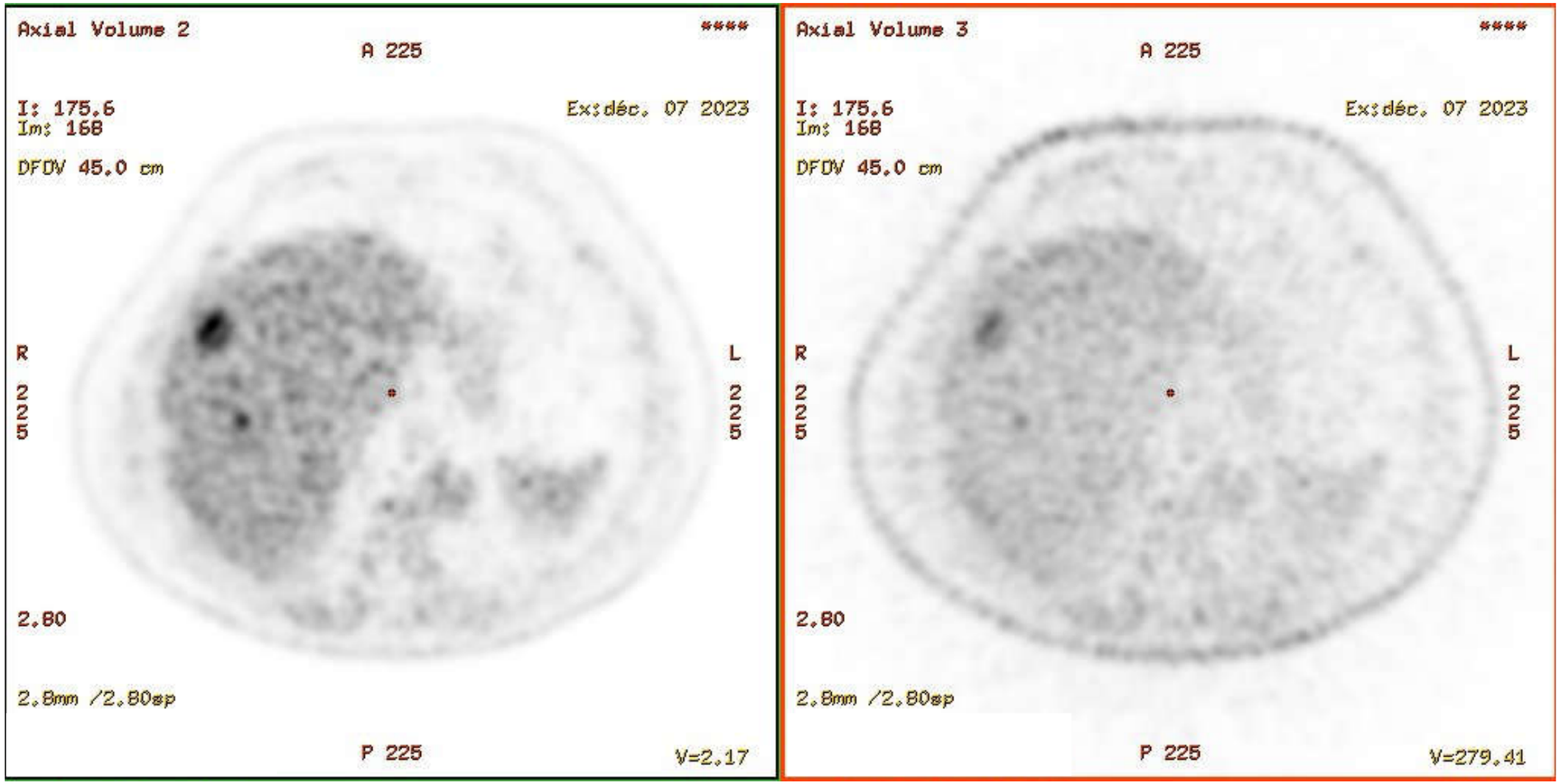
# Pas de quantification sans elle…



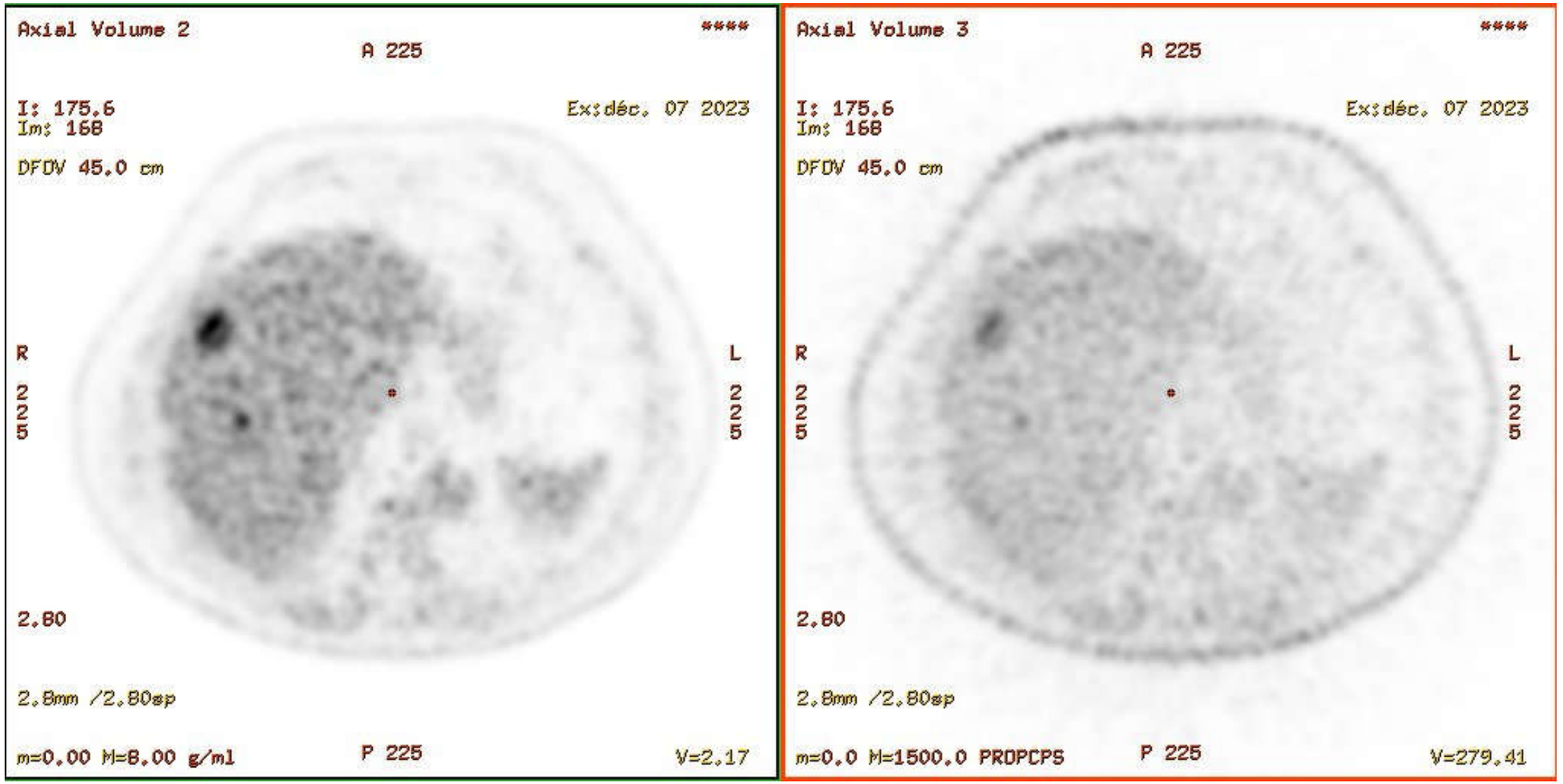
# … la correction d’atténuation



# Pas de quantification sans elle…



# … la correction d’atténuation



# Utilisation du TDM en TEP

- Spécificités de l'utilisation du tomodensitomètre en médecine nucléaire.
- 2 vocations essentielles :
  - Corriger un défaut majeur de l'image "scintigraphique" : l'atténuation.
  - Permettre le repositionnement de l'image fonctionnelle sur une image anatomique : localisation.

- Aujourd'hui ceci se réalise très bien avec une irradiation réduite et ne nécessite en rien les paramètres d'un scan de qualité "diagnostic"… surtout si le patient en a fait un la semaine qui précède ou qu'il a son rdv en radio le lendemain !

# 2 –
# Dosimétrie en TEP-TDM

# Dosimétrie en Médecine Nucléaire

- Détermination de la dose absorbée par un organisme ou un objet. Par mesure ou calcul.
- Objectifs:
  - Permettre de mieux comprendre l'effet des radiations délivrées lors des actes diagnostiques ou thérapeutiques.
  - Documenter l'acte médical
- Radioprotection du patient
- Optimisation

# Grandeurs utilisées

- Energie E d'une particule (eV)
- Activité A d'une source radioactive (Bq)
- Dose absorbée (Gy) $$D = E/m$$
- Dose équivalente (Sv) $$H_T = D.w_R$$
- Dose efficace (Sv) $$E = \sum_T H_T.w_T$$

# Efficacité biologique des rayonnements

| Type de rayonnement | Facteur de pondération pour les rayonnements, $w_R$ |
|---|---|
| Photons | 1 |
| Électrons[a] et muons | 1 |
| Protons et pions chargés | 2 |
| Particules alpha, fragments de fission, ions lourds | 20 |
| Neutrons | Une fonction continue de l'énergie des neutrons (voir la figure 4.1 et l'équation 4.3) |

Toutes les valeurs concernent les rayonnements incidents sur le corps ou, pour des sources de rayonnement interne, émis à partir du(des) radionucléide(s) incorporé(s).

a : il faut noter le cas spécial des électrons Auger évoqué au paragraphe 116 et dans la section B.3.3 de l'annexe B.

Tableau 4.1. Valeurs recommandées pour les facteurs de pondération pour les rayonnements.

- Extrait de la publication 103 de la CIPR (2007)

# Radiosensibilité des tissus

| Tissu | $w_T$ | $\Sigma w_T$ |
|---|---|---|
| Moelle osseuse (rouge), côlon, poumons, estomac, sein, tissus restants* | 0,12 | 0,72 |
| Gonades | 0,08 | 0,08 |
| Vessie, œsophage, foie, thyroïde | 0,04 | 0,16 |
| Surface osseuse, cerveau, glandes salivaires, peau | 0,01 | 0,04 |
| | Total | 1,00 |

* Tissus restants : surrénales, région extrathoracique (ET), vésicule biliaire, cœur, reins, ganglions lymphatiques, muscle, muqueuse buccale, pancréas, prostate (♂), intestin grêle, rate, thymus, utérus/col de l'utérus(♀).

Tableau 4.2. Valeurs recommandées pour les facteurs de pondération pour les tissus.

- Extrait de la publication 103 de la CIPR (2007)

# Relation dose absorbée / effet?

- 2 aspects à considérer nécessairement simultanément!
- Dose absorbée: index objectif
  - En Gy, mesure de la pharmacocinétique, et transport des radiations
- Effet: Observable biologique/clinique
  - Comment est il défini, mesuré?
  - Avec quelle précision?

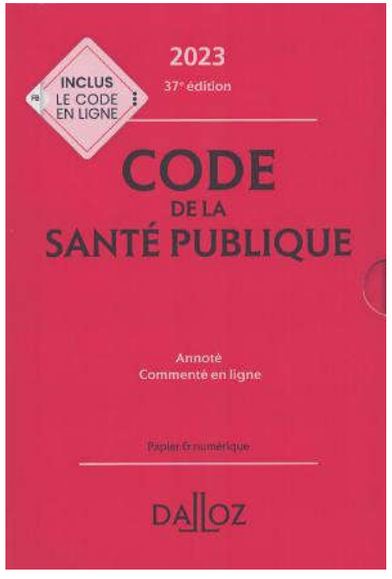
# Réglementation en radioprotection des patients

- Décret n° 2018-434 du 4 juin 2018 portant diverses dispositions en matière nucléaire

  « Art. R. 1333-62.-Pour les actes de radiothérapie externe, de curiethérapie et de radiothérapie interne vectorisée, les expositions des tissus et organes visés par le rayonnement sont évaluées et planifiées au cas par cas, en maintenant au niveau le plus faible possible les doses reçues par les organes et tissus autres que ceux faisant directement l'objet du rayonnement tout en atteignant l'objectif thérapeutique de l'exposition. La mise en œuvre de l'exposition est contrôlée à chaque étape de l'exposition dans le cadre de procédures décrites dans le système d'assurance de la qualité.

- Code de la Santé Publique.

- Directive **EURATOM 2013/59 du 5 décembre 2013.**

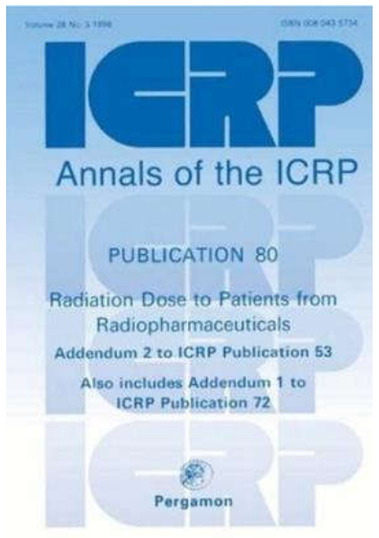


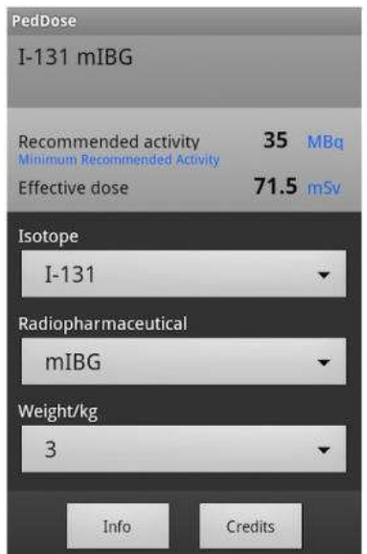
# Pourquoi, comment la dosimétrie?

- Tout d'abord, déterminer l'objectif. Diagnostique? Thérapeutique?
- En diagnostic, évaluation a priori? ESR? Comparaison aux NRD? …
- En thérapie, planification? Contrôle de la distribution? Aide à la délinéation ("contourage")?
- Utiliser les outils adaptés : formalisme du MIRD, dosimétrie 3D.

# Documents utilisables en dosimétrie interne

- Rapport SFPM n° 33: Dosimétrie des Explorations Diagnostiques en Médecine Nucléaire.
- Publications de la CIPR.
- Dosage Cards de l'EANM (pédiatrie).




| $^{18}F$ | FLUDESOXYGLUCOSE [18-F] (FDG) injection intraveineuse | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | DOSE ABSORBÉE PAR UNITÉ D'ACTIVITÉ ADMINISTRÉE (µGy/MBq) | | | | |
| **Organes** | **Adulte** | **15 ans** | **10 ans** | **5 ans** | **1 an** |
| Paroi vésicale | 130 | 160 | 250 | 340 | 470 |
| Myocarde | 67 | 87 | 130 | 210 | 380 |
| Cerveau | 38 | 39 | 41 | 46 | 63 |
| Ovaires | 14 | 18 | 27 | 43 | 76 |
| Testicules | 11 | 14 | 24 | 37 | 66 |
| Utérus | 18 | 22 | 36 | 54 | 90 |
| **Dose efficace (µSv/MBq)** | **19** | **24** | **38** | **56** | **95** |

Les doses absorbées sont tirées de la publication 106 de la CIPR [6].

# EANM Pediatric Dosage Card

$$A[MBq]_{Administered} = BaselineActivity \times Multiple$$

a) For a calculation of the administered activity, the baseline activity value has to be multiplied by the multiples given above for the recommended radiopharmaceutical class (see reverse).

b) If the resulting activity is smaller than the minimum recommended activity, the minimum activity should be administered.

c) The national diagnostic reference levels should not be exceeded!

This card is based upon the publication by Jacobs F, Thierens H, Piepsz A, Bacher K, Van de Wiele C, Ham H, Dierckx RA. Optimized tracer-dependent dosage cards to obtain weight-independent effective doses. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2005 May; 32(5):581-8.

This card summarizes the views of the Paediatric and Dosimetry Committees of the EANM and reflects recommendations for which the EANM cannot be held responsible.
The dosage recommendations should be taken in context of „good practice" of nuclear medicine and do not substitute for national and international legal or regulatory provisions.

## Dosage Card (Version 5.7.2016)

*Multiple of Baseline Activity*

| Weight kg | Class A | Class B | Class C | Weight kg | Class A | Class B | Class C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 1 | 1 | 1 | 32 | 3.77 | 7.29 | 14.00 |
| 4 | 1.12 | 1.14 | 1.33 | 34 | 3.88 | 7.72 | 15.00 |
| 6 | 1.47 | 1.71 | 2.00 | 36 | 4.00 | 8.00 | 16.00 |
| 8 | 1.71 | 2.14 | 3.00 | 38 | 4.18 | 8.43 | 17.00 |
| 10 | 1.94 | 2.71 | 3.67 | 40 | 4.29 | 8.86 | 18.00 |
| 12 | 2.18 | 3.14 | 4.67 | 42 | 4.41 | 9.14 | 19.00 |
| 14 | 2.35 | 3.57 | 5.67 | 44 | 4.53 | 9.57 | 20.00 |
| 16 | 2.53 | 4.00 | 6.33 | 46 | 4.65 | 10.00 | 21.00 |
| 18 | 2.71 | 4.43 | 7.33 | 48 | 4.77 | 10.29 | 22.00 |
| 20 | 2.88 | 4.86 | 8.33 | 50 | 4.88 | 10.71 | 23.00 |
| 22 | 3.06 | 5.29 | 9.33 | 52-54 | 5.00 | 11.29 | 24.67 |
| 24 | 3.18 | 5.71 | 10.00 | 56-58 | 5.24 | 12.00 | 26.67 |
| 26 | 3.35 | 6.14 | 11.00 | 60-62 | 5.47 | 12.71 | 28.67 |
| 28 | 3.47 | 6.43 | 12.00 | 64-66 | 5.65 | 13.43 | 31.00 |
| 30 | 3.65 | 6.86 | 13.00 | 68 | 5.77 | 14.00 | 32.33 |

*Recommended Amounts in MBq*

| Radiopharmaceutical | Class | Baseline Activity (for calculation purposes only) MBq | Minimum Recommended Activity[1] MBq |
|---|---|---|---|
| $^{123}$I (Thyroid) | C | 0.6 | 3 |
| $^{123}$I Amphetamine (Brain) | B | 13.0 | 18 |
| $^{123}$I HIPPURAN (Abnormal renal function) | B | 5.3 | 10 |
| $^{123}$I HIPPURAN (Normal renal function) | A | 12.8 | 10 |
| $^{123}$I mIBG | B | 28.0 | 37 |
| $^{131}$I mIBG | B | 5.6 | 35 |
| $^{18}$F FDG-PET torso | B | 25.9 | 26 |
| $^{18}$F FDG-PET brain | B | 14.0 | 14 |
| $^{18}$F Sodium fluoride | B | 10.5 | 14 |
| $^{67}$Ga Citrate | B | 5.6 | 10 |
| $^{68}$Ga-labelled peptides | B | 12.8 | 14 |
| $^{99m}$Tc ALBUMIN (Cardiac) | B | 56.0 | 80 |
| $^{99m}$Tc COLLOID (Gastric Reflux) | B | 2.8 | 10 |
| $^{99m}$Tc COLLOID (Liver/Spleen) | B | 5.6 | 15 |
| $^{99m}$Tc COLLOID (Marrow) | B | 21.0 | 20 |
| $^{99m}$Tc DMSA | B | 6.8 | 18.5 |
| $^{99m}$Tc DTPA (Abnormal renal function) | B | 14.0 | 20 |
| $^{99m}$Tc DTPA (Normal renal function) | A | 34.0 | 20 |
| $^{99m}$Tc ECD | B | 51.8 | 100 |
| $^{99m}$Tc HMPAO (Brain) | B | 51.8 | 100 |
| $^{99m}$Tc HMPAO (WBC) | B | 35.0 | 40 |
| $^{99m}$Tc IDA (Biliary) | B | 10.5 | 20 |
| $^{99m}$Tc MAA / Microspheres | B | 5.6 | 10 |
| $^{99m}$Tc MAG3 | A | 11.9 | 15 |
| $^{99m}$Tc MDP | B | 35.0 | 40 |
| $^{99m}$Tc Pertechnetate (Cystography) | B | 1.4 | 20 |
| $^{99m}$Tc Pertechnetate (Ectopic Gastric Mucosa) | B | 10.5 | 20 |
| $^{99m}$Tc Pertechnetate (Cardiac First Pass) | B | 35.0 | 80 |
| $^{99m}$Tc Pertechnetate (Thyroid) | B | 5.6 | 10 |
| $^{99m}$Tc RBC (Blood Pool) | B | 56.0 | 80 |
| $^{99m}$Tc SestaMIBI/Tetrofosmin (Cancer seeking agent) | B | 63.0 | 80 |
| $^{99m}$Tc SestaMIBI/Tetrofosmin[2] (Cardiac rest scan 2-day protocol min) | B | 42.0 | 80 |
| $^{99m}$Tc SestaMIBI/Tetrofosmin[2] (Cardiac rest scan 2-day protocol max) | B | 63.0 | 80 |
| $^{99m}$Tc SestaMIBI/Tetrofosmin[2] (Cardiac stress scan 2-day protocol min) | B | 42.0 | 80 |
| $^{99m}$Tc SestaMIBI/Tetrofosmin[2] (Cardiac stress scan 2-day protocol max) | B | 63.0 | 80 |
| $^{99m}$Tc SestaMIBI/Tetrofosmin[2] (Cardiac rest scan 1-day protocol) | B | 28.0 | 80 |
| $^{99m}$Tc SestaMIBI/Tetrofosmin[2] (Cardiac stress scan 1-day protocol) | B | 84.0 | 80 |
| $^{99m}$Tc Spleen (Denatured RBC) | B | 2.8 | 20 |
| $^{99}$ Tc TECHNEGAS (Lung ventilation)[3] | B | 49.0 | 100 |

[1] The minimum recommended activities are calculated for commonly used gamma cameras or positron emission tomographs. Lower activities could be administered when using systems with higher counting efficiency.

[2] The minimum and maximum values correspond to the recommended administered activities in the EANM/ESC procedural guidelines (Hesse B, Tagil K, Cuocolo A, et al). EANM/ESC procedural guidelines for myocardial perfusion imaging in nuclear Cardiology. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2005 Jul;32(7):855-97.

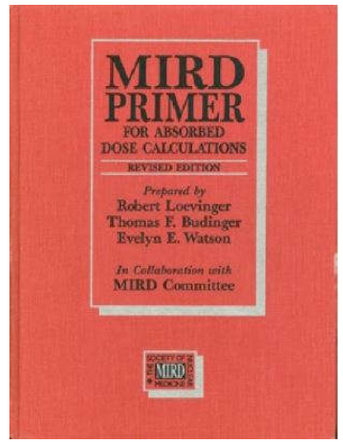
[3] This is the activity load needed to prepare the Technegas device. The amount of inhaled activity will be lower.

EANM Executive Office
Schmalzhofgasse 26 · 1060 Vienna, Austria
Phone: +43 (0) 1 890 44 27, fax: +43 (0) 1 890 44 27-9
office@eanm.org - www.eanm.org - fb.com/officialEANM

# Formalisme du MIRD

- Medical Internal Radiation Dosimetry commitee
- $\overline{D}$ : Dose moyenne reçue par la cible k de la source h
- Activité cumulée = nombre total de désintégrations

$$\tilde{A}_h = \int_0^\infty A_{h(t)} dt$$




- Equation simplifiée: $\overline{D} = \tilde{A} \times S$
- S : Dose absorbée par unité d'activité cumulée.
- Fonction du radioélément, de la géométrie d'irradiation (tables, simulations): détermination de la dose absorbée par un organisme ou un objet.

# Limites de l’évaluation dosimétrique en MN

- Méconnaissance de l’élimination biologique. Période effective?
- Difficultés de la quantification de l’activité résiduelle.
- Nécessité d’imager l’ensemble de la zone.

# 3 –
# Utilisation à visée dosimétrique du TEP-TDM

# 3 – Utilisation à visée dosimétrique du TEP-TDM

- Extravasation lors d'un examen TEP au $^{18}$FDG

- Confusion sur voie d'administration du $^{18}$FDG

- Images post-traitement par microsphères d'$^{90}$Y

- La dosimétrie prédictive en théranostique. L'avenir ?

- Evaluation d'une exposition spécifique… concrète réalité.

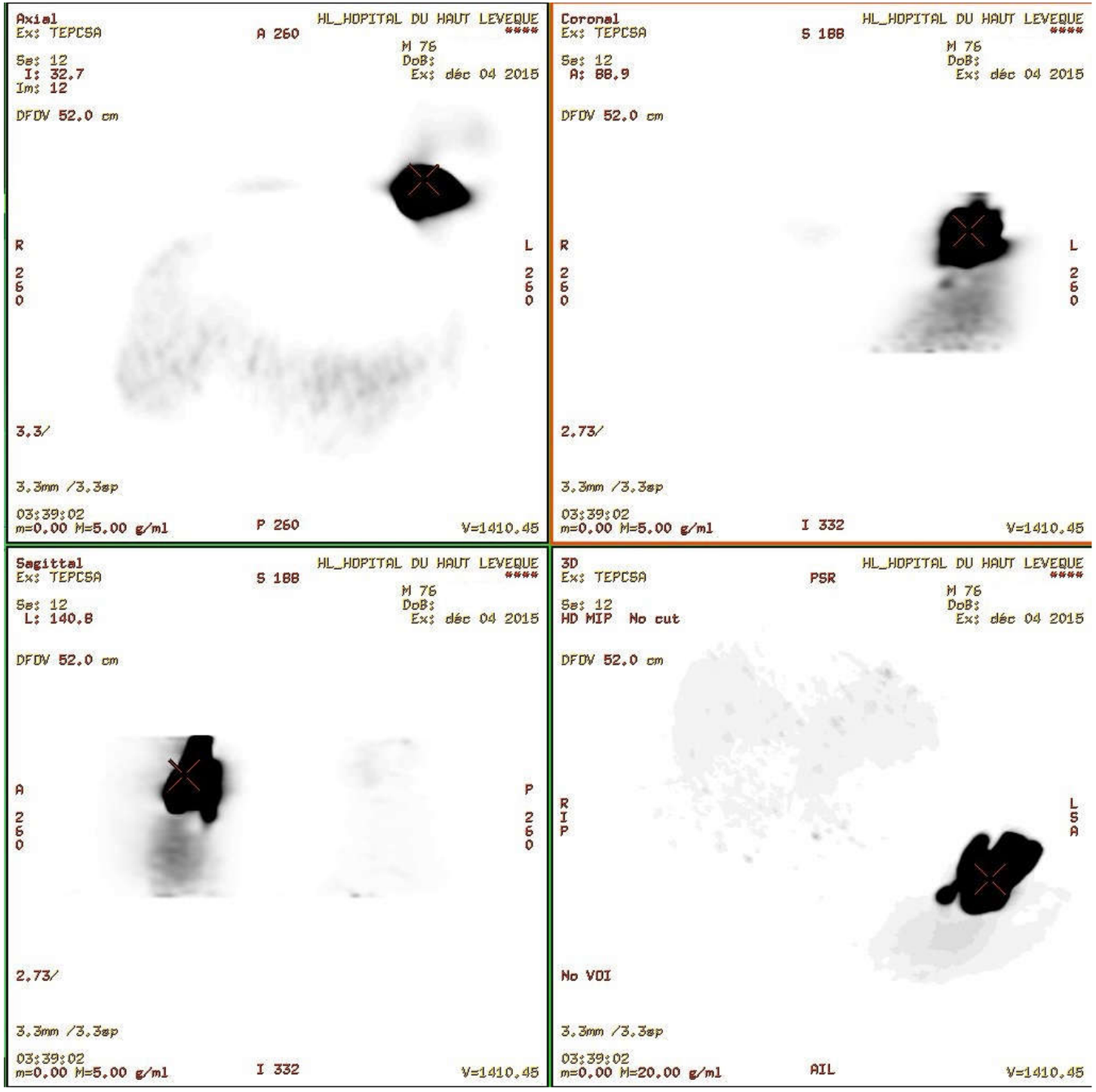
# Extravasation de MRP en TEP

- Possible quantification facilitant l'évaluation dosimétrique
- Choix d'un seuil pour la délinéation de la zone considérée. ex: 1% du SUV max.
- Détermination du volume et du SUV moyen dans la zone.
- Attention à la prise en compte de la décroissance radioactive dans les logiciels de traitement d'images.
- Quelques exemples concrets en TEP au $^{18}$FDG…

H 77 ans, 1m72, 74 kg

Injection 217 MBq de $^{18}$FDG à 15h20

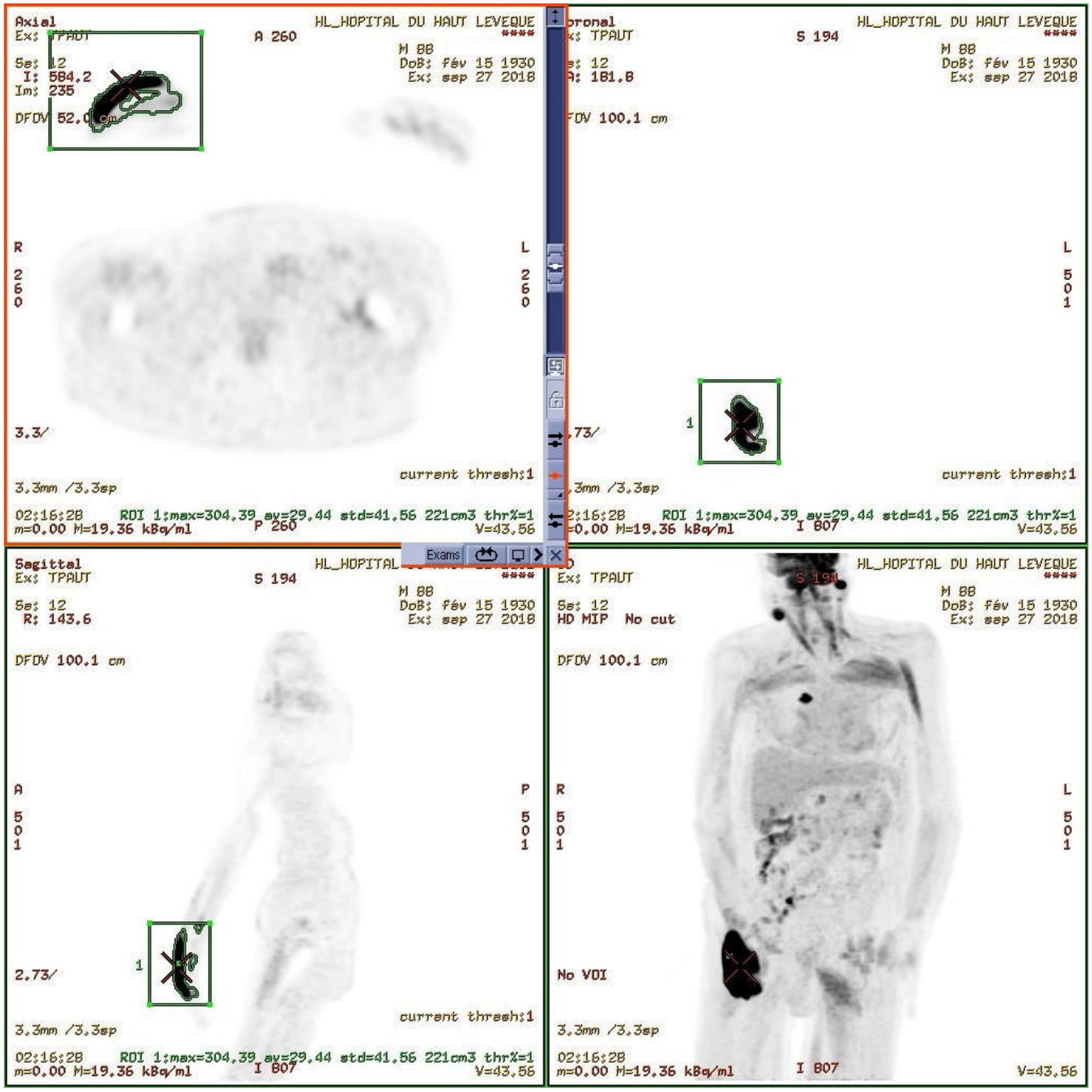
Début acquisition TEP: 15h39



H 85 ans, 1m80, 88 kg

Injection 241 MBq de $^{18}$FDG à 13h02

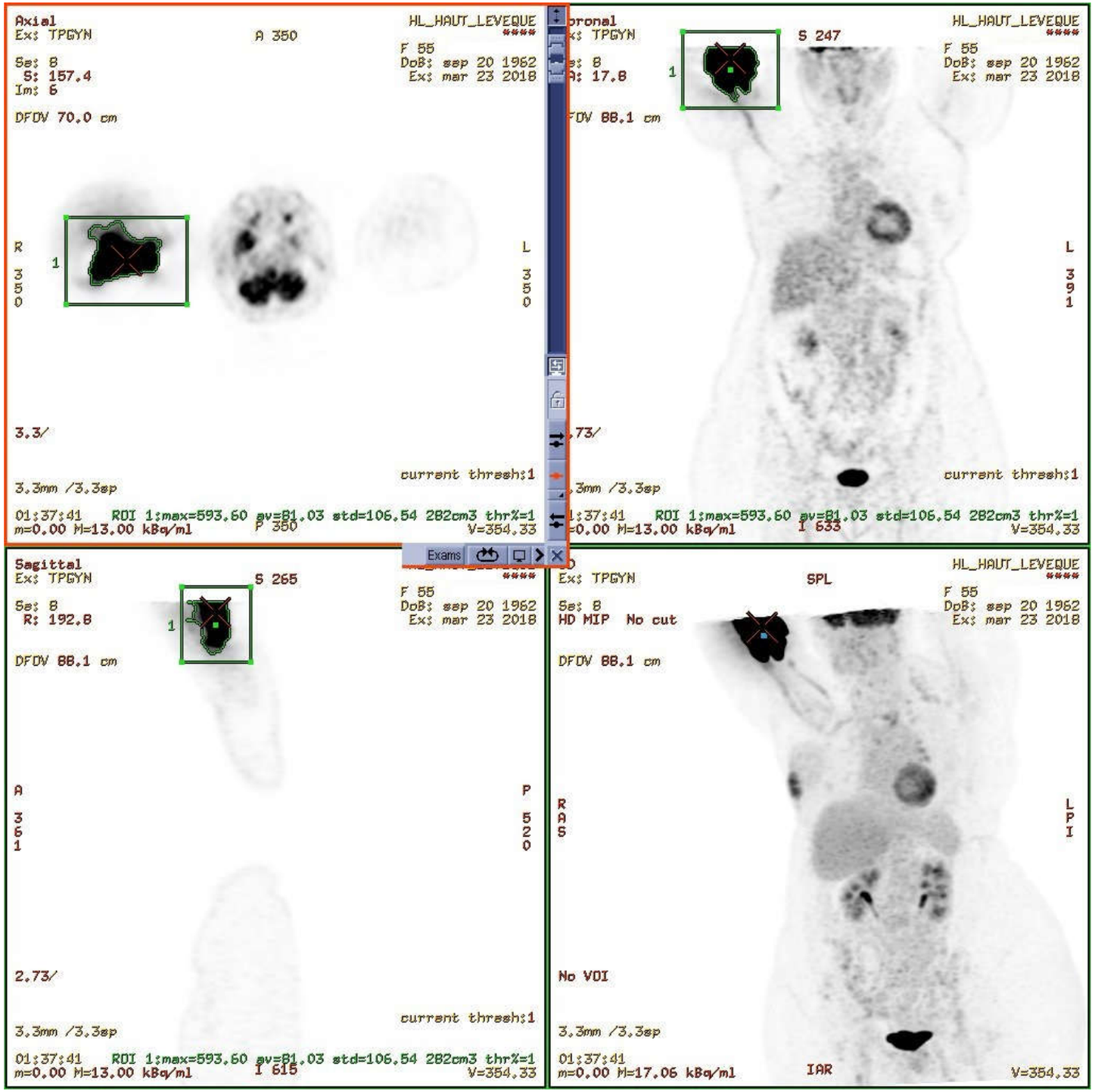
Début acquisition TEP: 14h16



F 55 ans, 1m64, 103 kg

Injection 303 MBq de $^{18}$FDG à 12h02

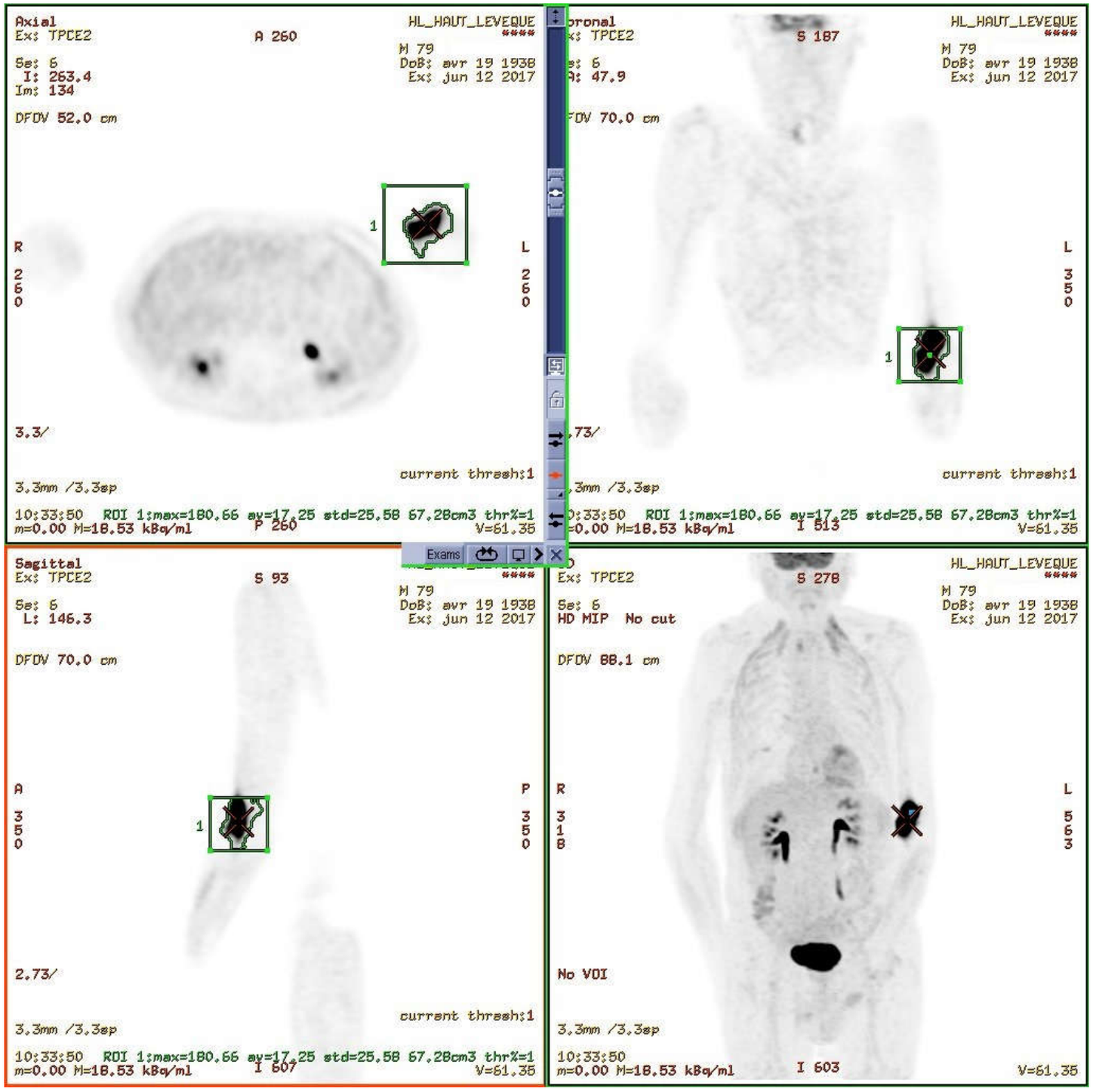
Début acquisition TEP: 13h37



H 79 ans, 1m76, 43 kg

Injection 135 MBq de $^{18}$FDG à 9h10

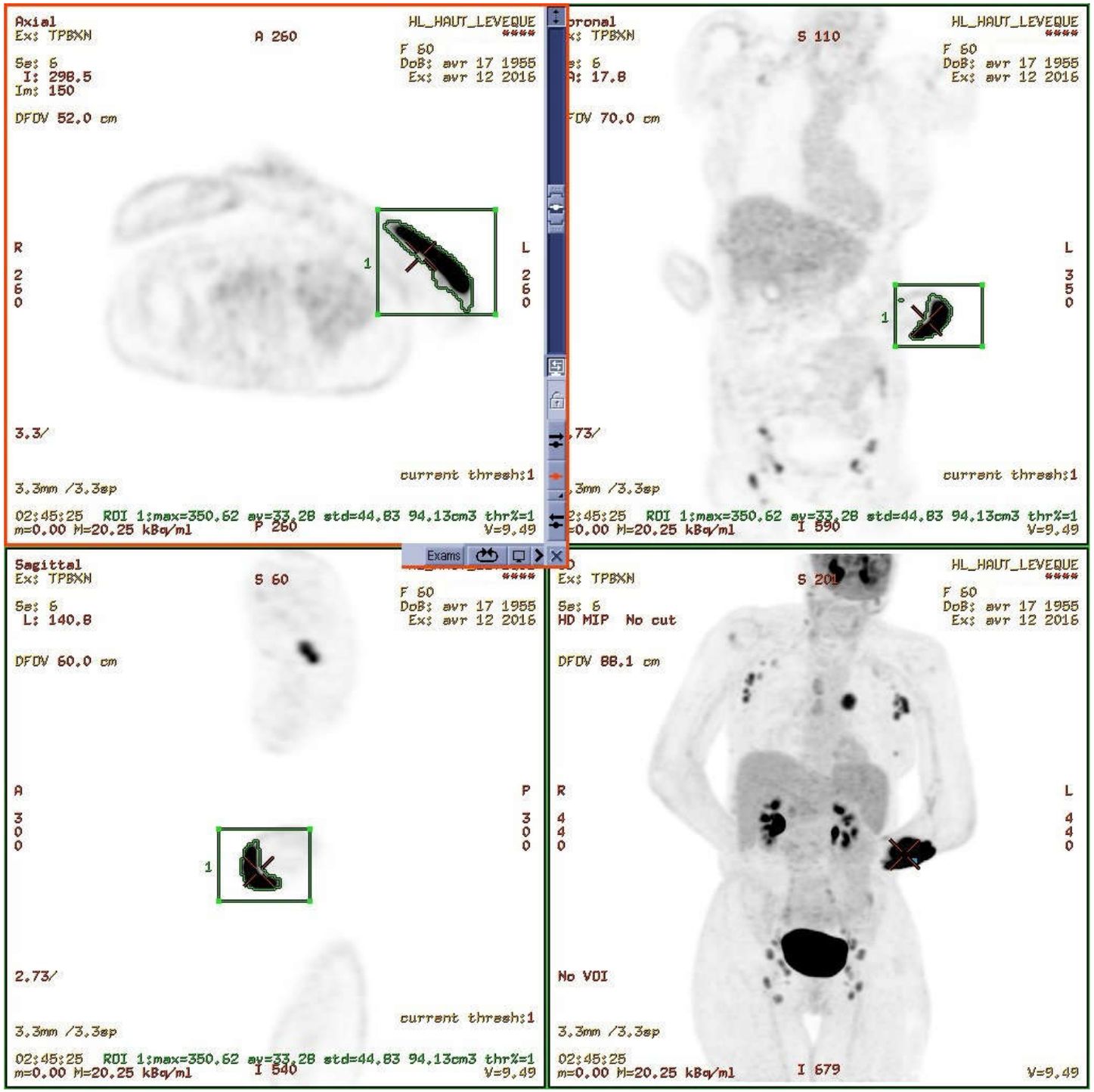
Début acquisition TEP: 10h34



F 53 ans, 1m55, 60 kg

Injection 159 MBq de $^{18}$FDG à 13h43

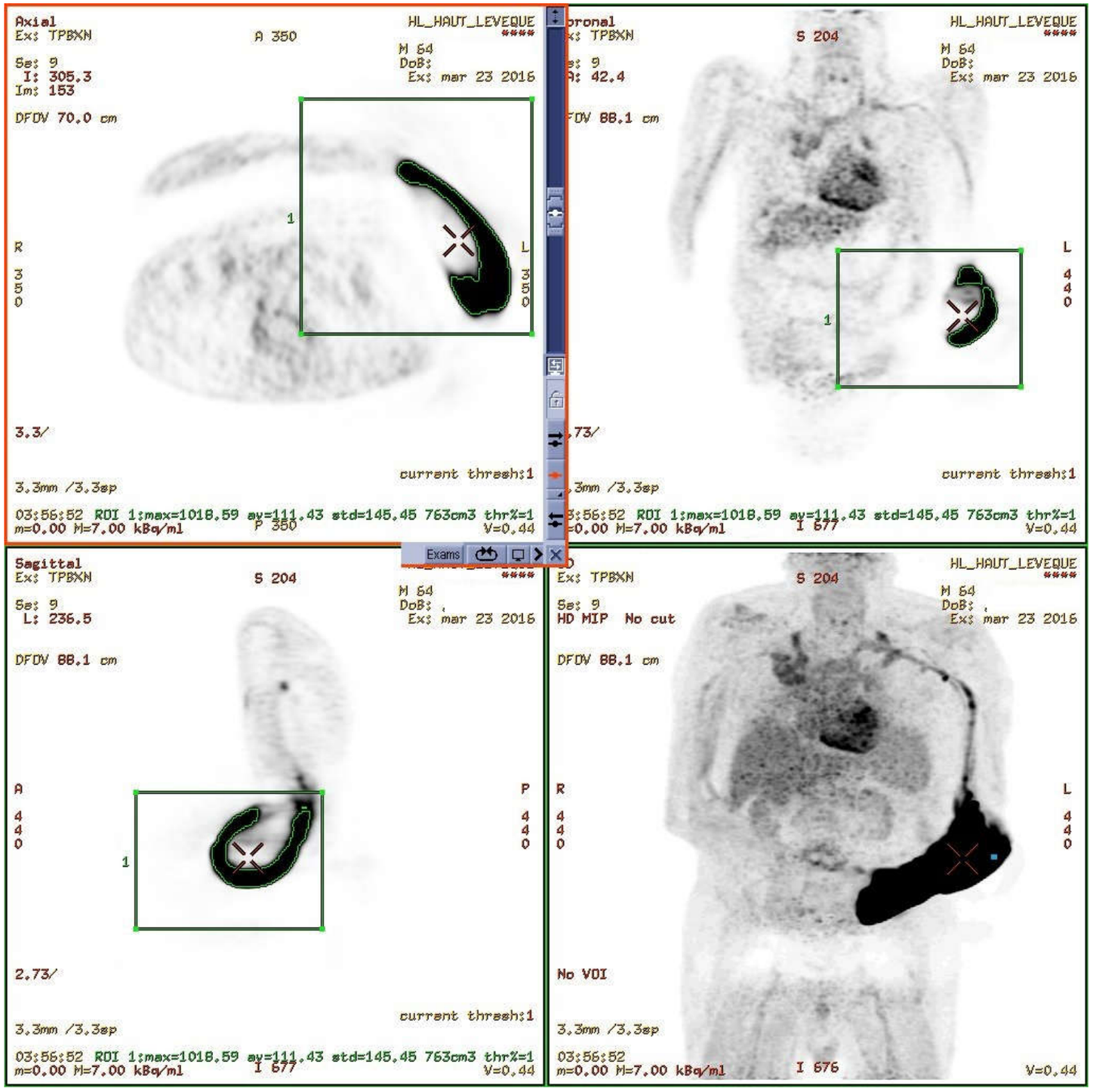
Début acquisition TEP: 14h45



H 64 ans, 1m74, 78 kg

Injection 258 MBq de $^{18}$FDG à 14h43

Début acquisition TEP: 15h56



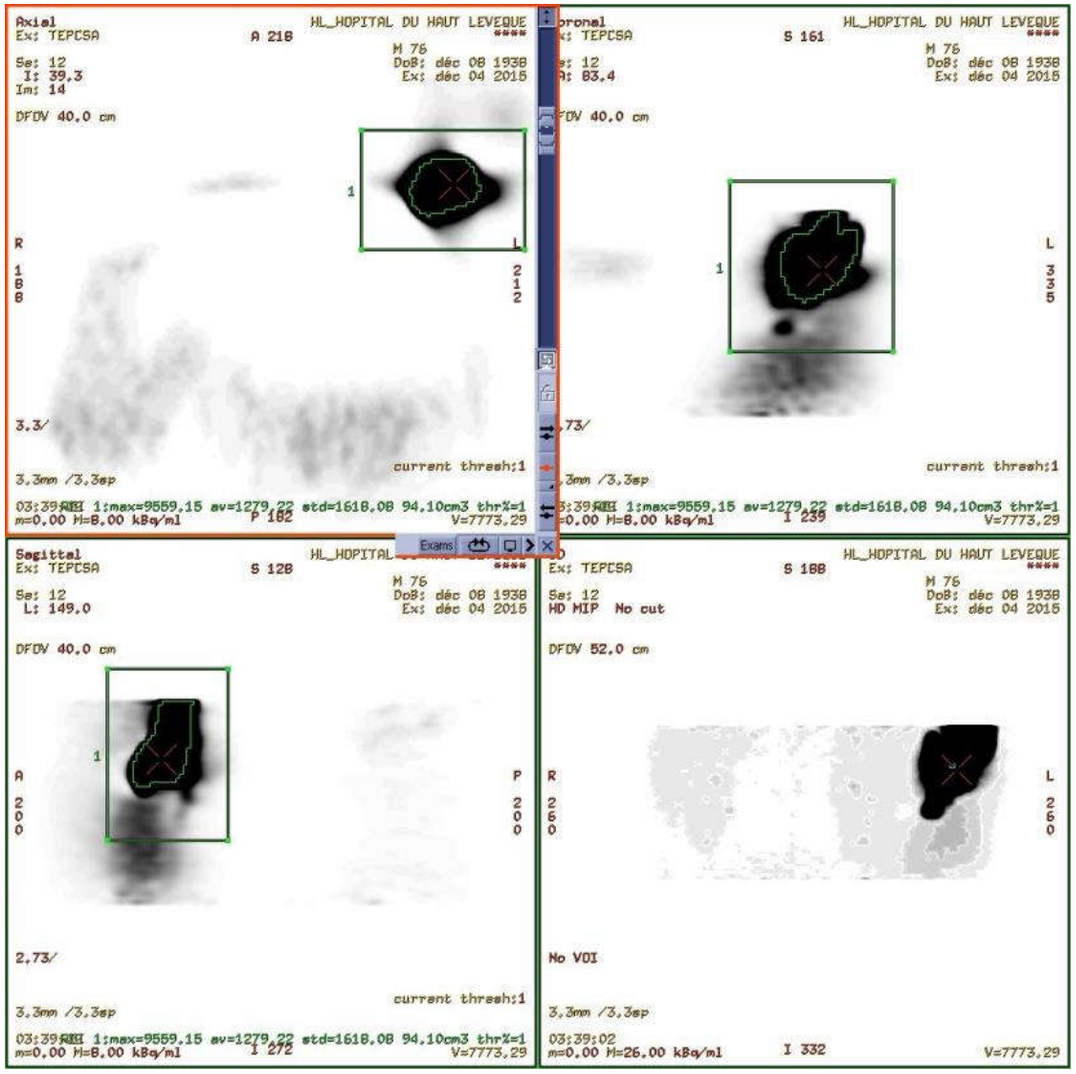
# Evaluation dosimétrique d'une extravasation

- Extravasation de $^{18}$FDG avant examen TEP.

- Problématique: lors de l'administration de la dose de $^{18}$FDG par l'injecteur semi-automatisé, détection d'une extravasation.

- Données Patient:
  - H 77 ans, 1m72, 74 kg
  - Injection 217 MBq de $^{18}$FDG à 15h20
  - Début acquisition TEP: 15h39

# Evaluation de l'activité extravasée

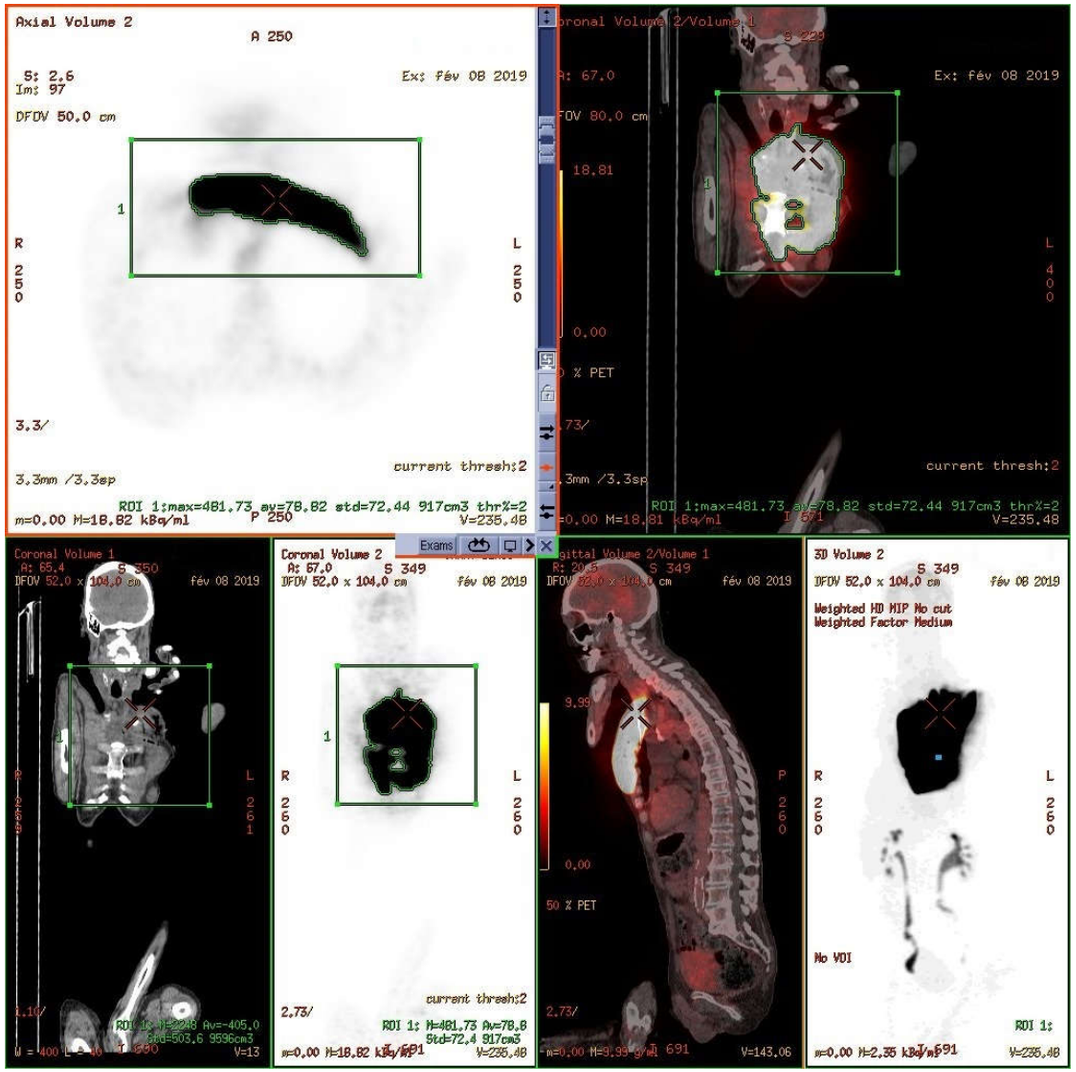



- Acquisition TEP sur la zone considérée.
- Seuil choisi pour la segmentation: 1% du SUV max.
- Estimation du volume = 94,1 $cm^3$.
- Concentration moyenne d'activité mesurée = 1279,2 kBq/ml.
- Estimation de l'activité extravasée à l'heure de l'injection = 135,7 MBq. (soit + de 60%)

# Confusion de voie d'administration du $^{18}$FDG

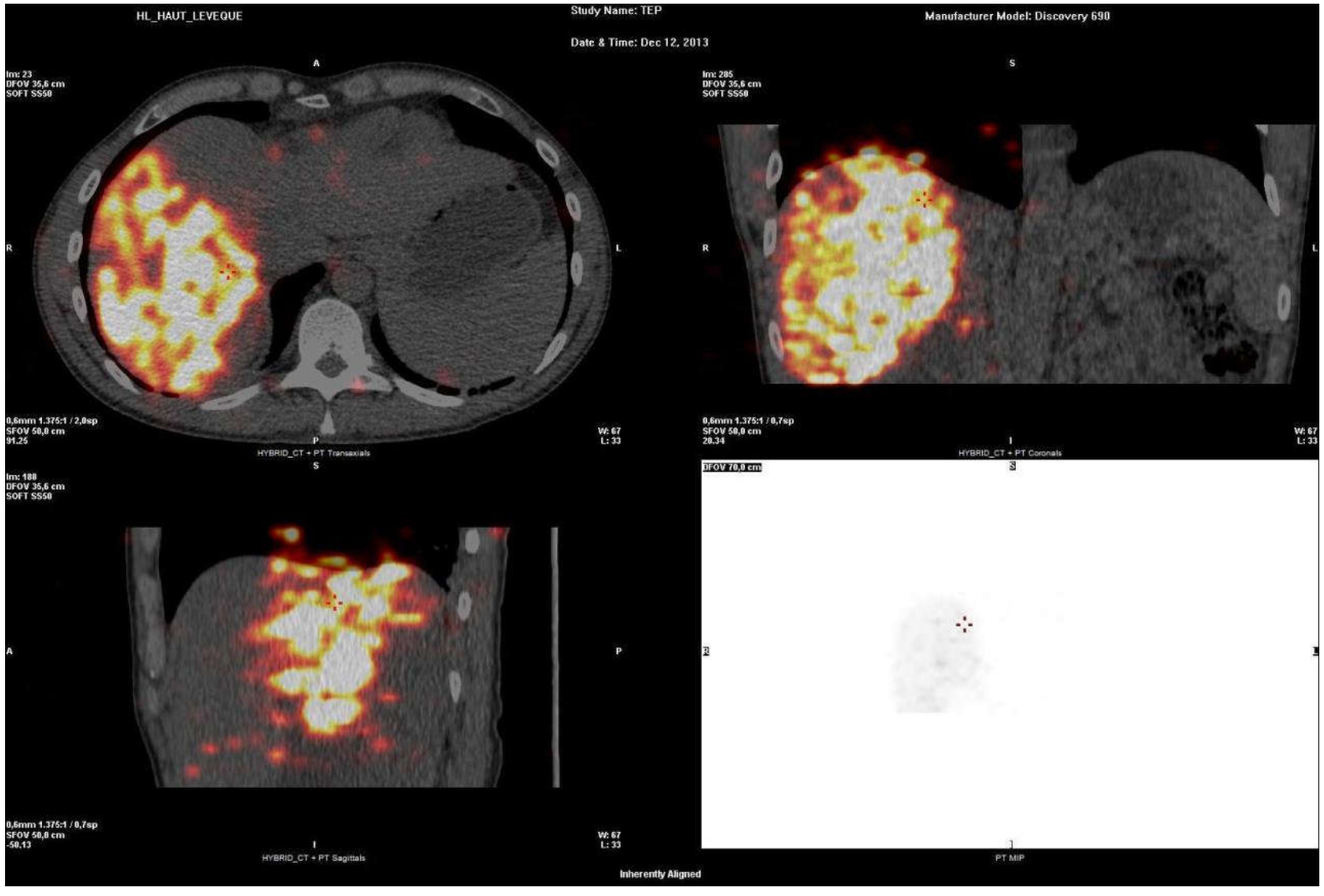
- Injection de $^{18}$FDG dans une aiguille sous-cutanée.
- Problématique: patient très algique avec voie d'abord pré-posée dans un service en amont, non repérée comme sous-cutanée mais identifiée comme IV.
- Données Patient:
  - H 73 ans, 1m85, 71 kg
  - Injection 210 MBq de $^{18}$FDG à 12h42
  - Début acquisition TEP: 14h04

# Estimation de l’activité non distribuée



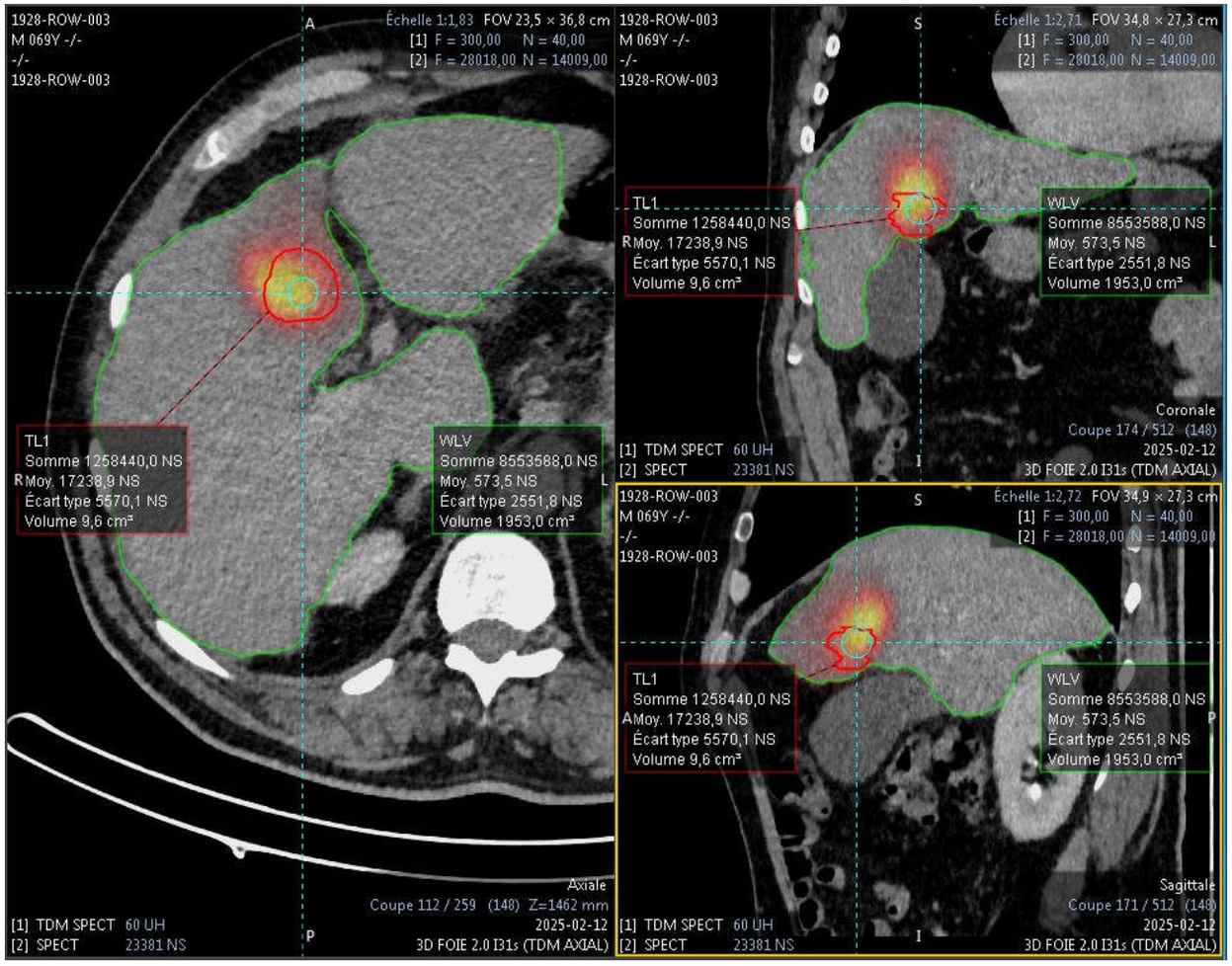

- Délimitation d’un volume d’intérêt.
- Seuil choisi pour la segmentation: 2% du SUV max.
- Estimation du volume = 917 $cm^3$.
- Concentration moyenne d’activité mesurée = 78,8 kBq/ml.
- Estimation de l’activité accumulée à l’heure du TEP = 72 MBq (+ de la moitié de l’activité injectée).

# TEP-TDM aux microsphères d'yttrium-90




- Contrôle visuel de la bonne distribution du traitement.
- Evaluation dosimétrique pour la cible du traitement et pour les tissus sains impactés.

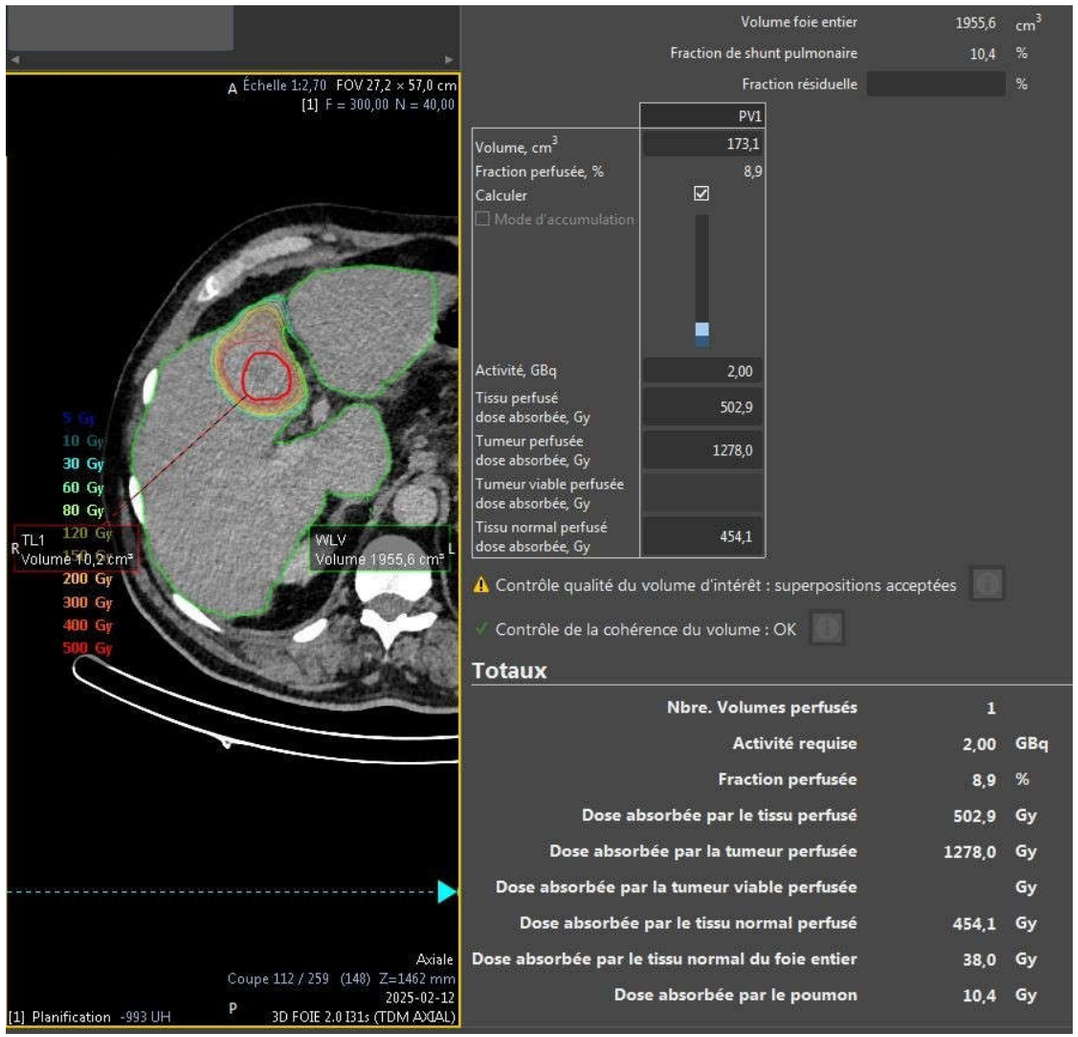
# Traitement par microsphères d'yttrium-90




Phase de simulation $^{99m}$Tc-MAA

Phase de traitement $^{90}$Y-micropshères

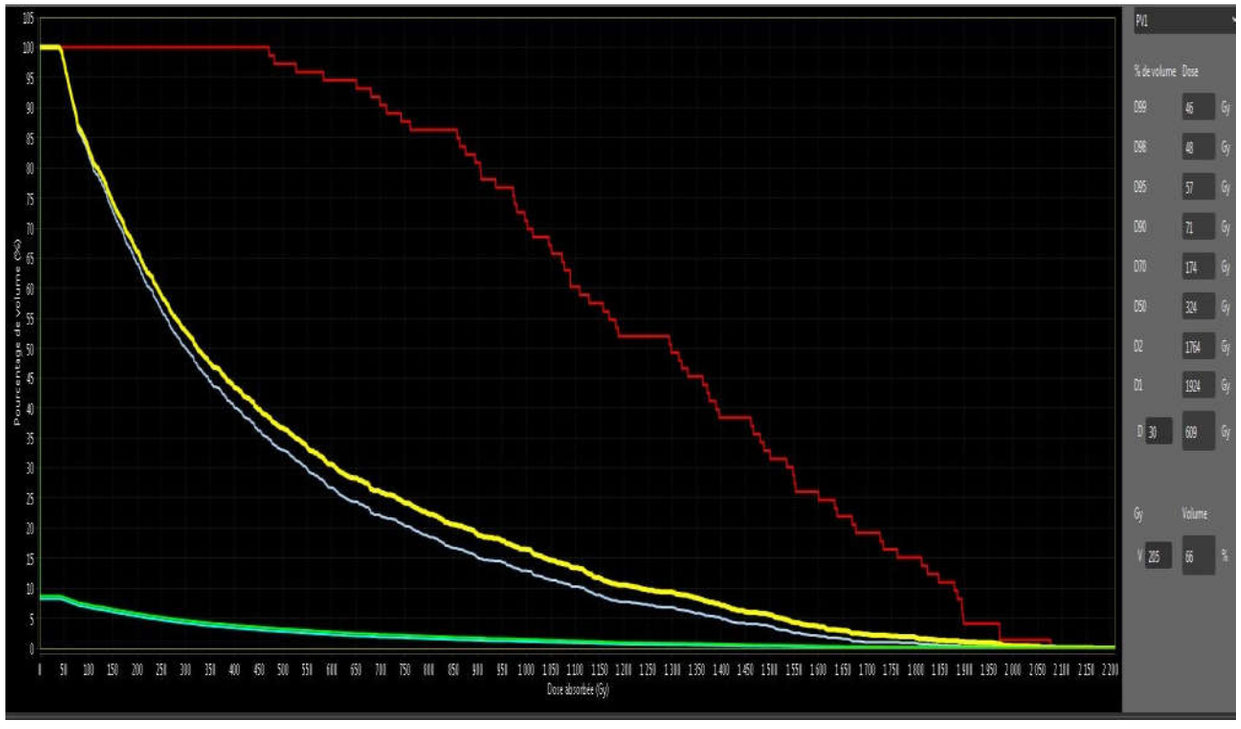
# Dosimétrie traitement par $^{90}$Y-microsphères



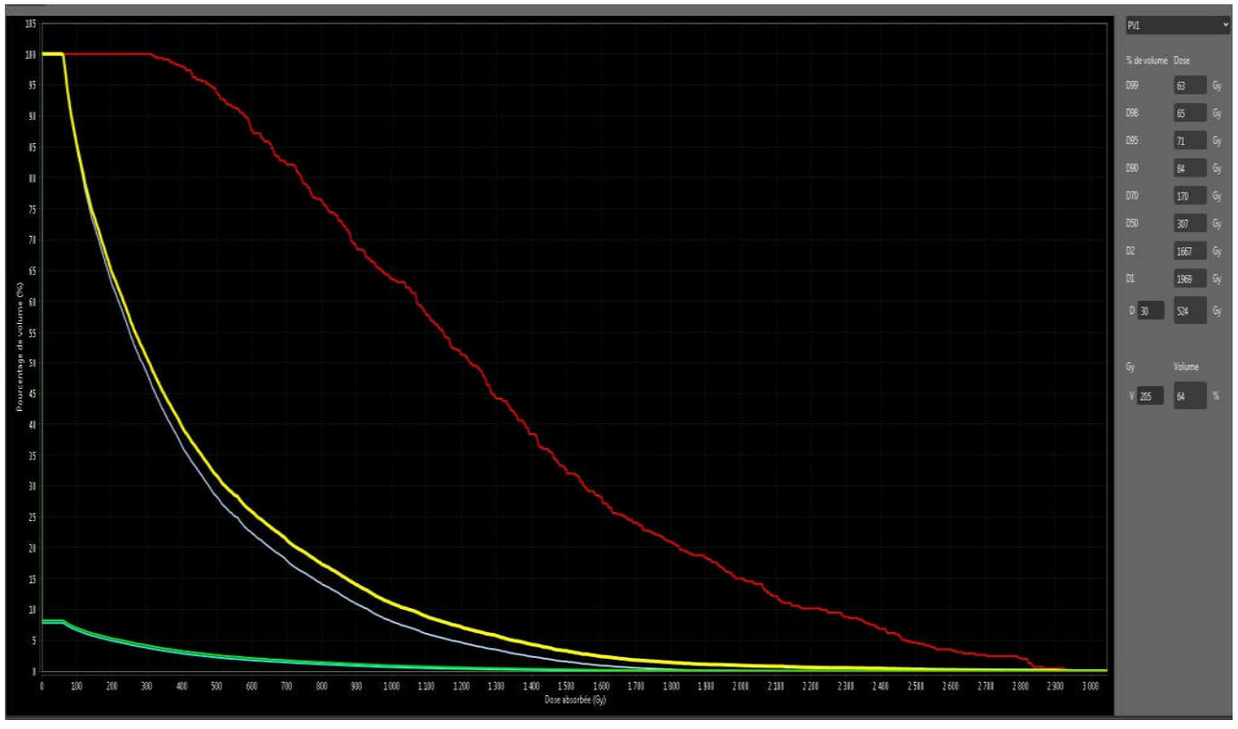

Phase de simulation $^{99m}$Tc-MAA

Phase de traitement $^{90}$Y-micropshères

# Histogrammes Doses-Volumes Microsphères




Phase de simulation $^{99m}$Tc-MAA

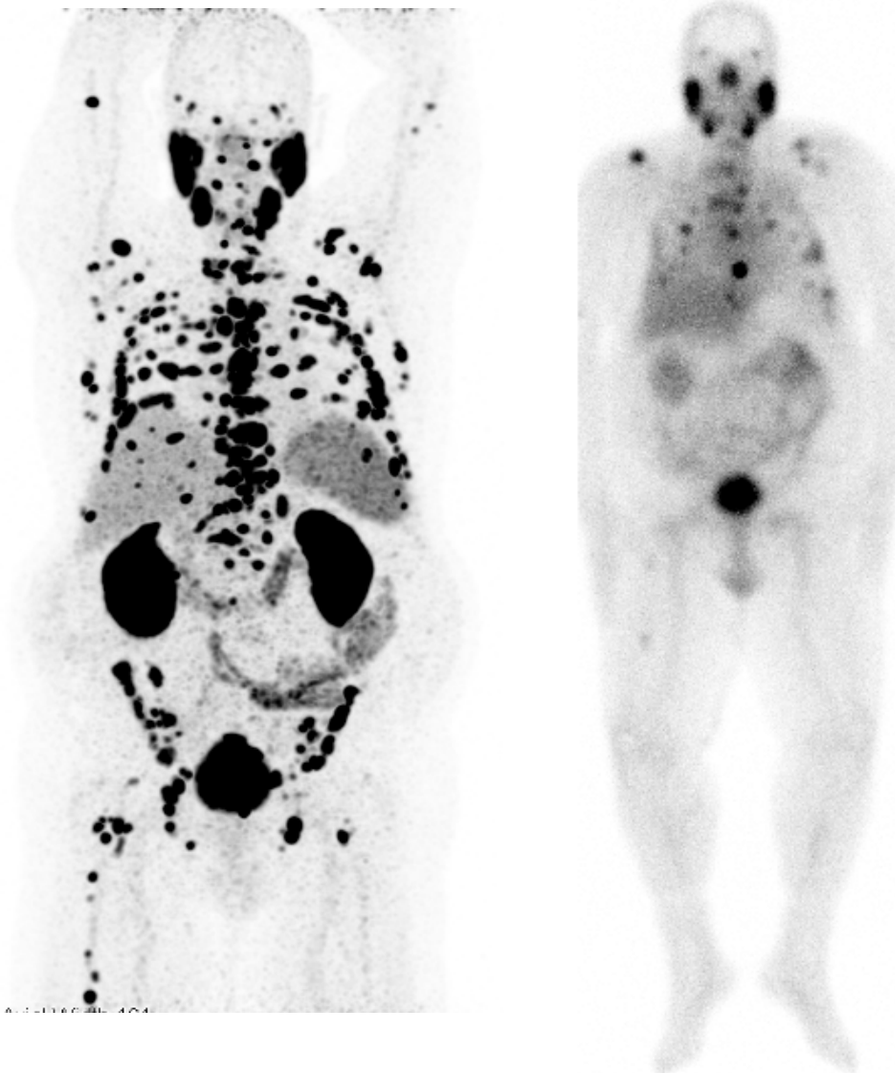



Phase de traitement $^{90}$Y-micropshères

- Dosimétrie facilitée grâce au "confinement" de l'activité.

# Dosimétrie en théranostique

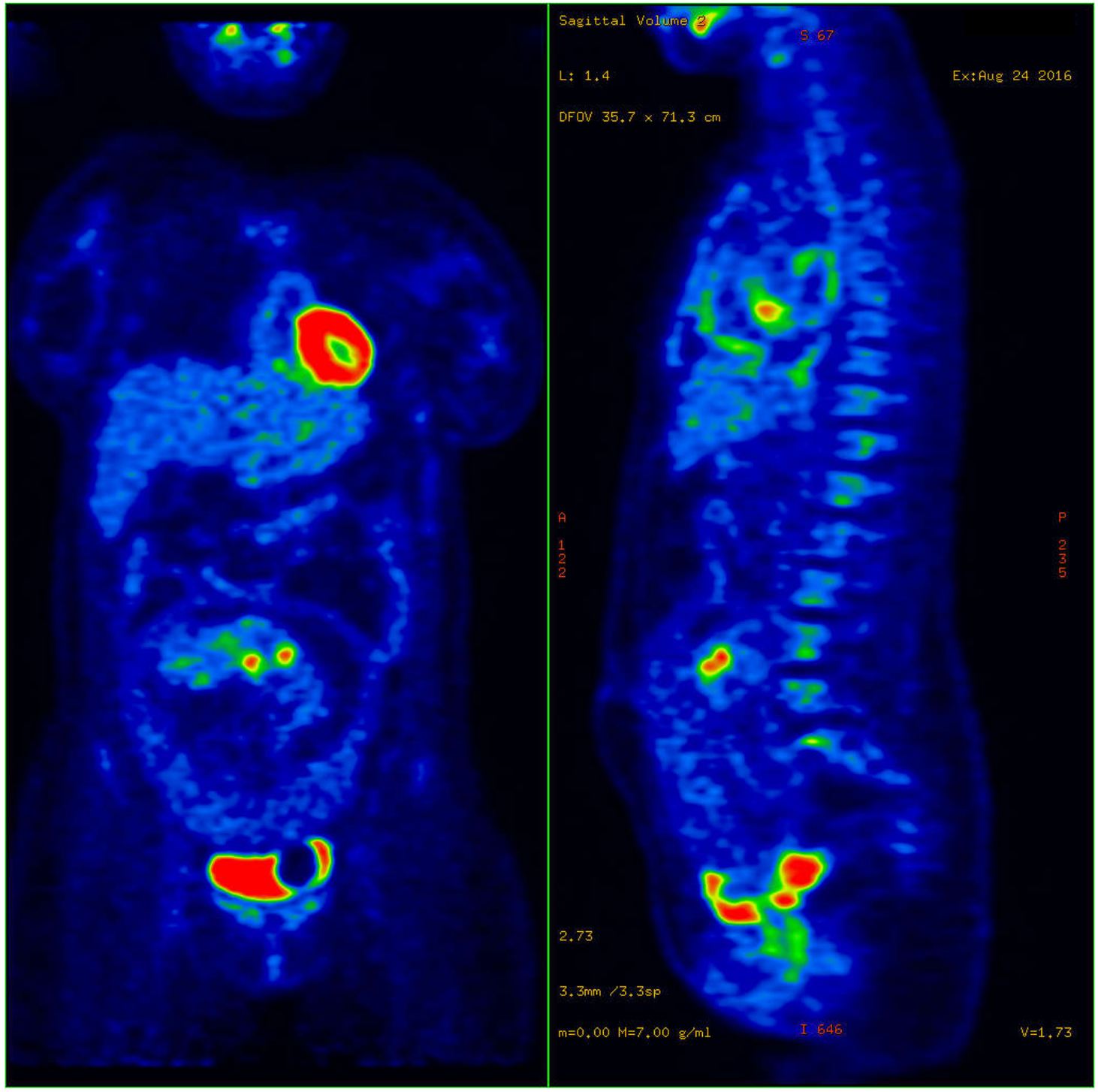
- Dosimétrie planifiée: l'avenir?
- Simulation prétraitement
- Dosimétrie prédictive
- Adaptation personnalisée du ttt
- ex: diag au $^{68}$Ga-PSMA (à gauche) puis traitement par $^{177}$Lu-PSMA (à droite)



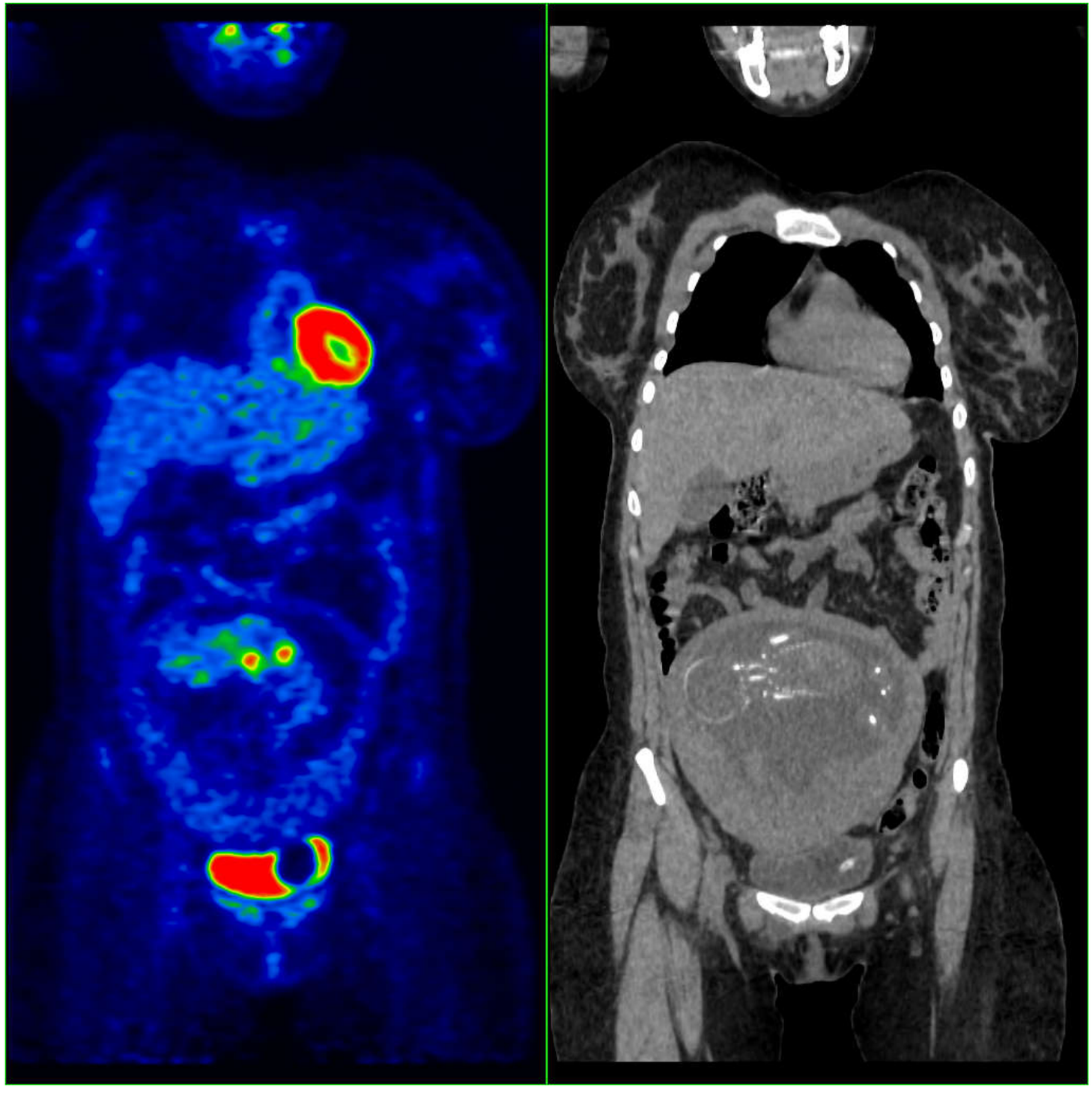
# Evaluation d’une exposition spécifique…

- Quizz : que détectez-vous sur les images TEP qui suivent?

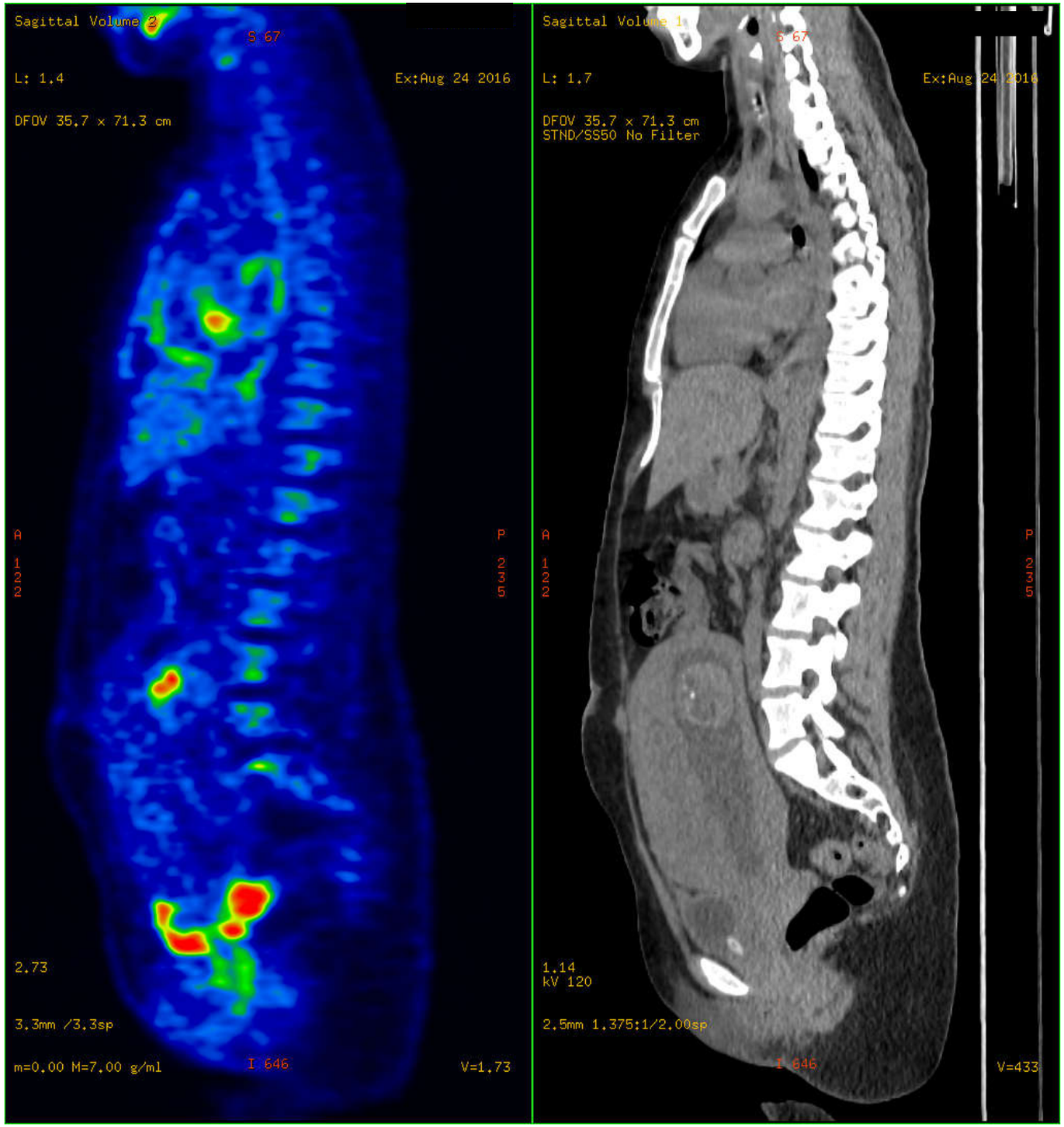
F 32 ans
1m60 65 kg
195 MBq de $^{18}$FDG



F 32 ans
1m60 65 kg
195 MBq de $^{18}$FDG



F 32 ans
1m60 65 kg
195 MBq de $^{18}$FDG



# Evaluation dosimétrique fœtus

- Dose absorbée due à l'administration de $^{18}$FDG:

$$D_{FDG} = 195 \times 22.10^{-3} = 4{,}3 \text{ mGy}$$

| $^{18}$F | FLUDESOXYGLUCOSE [18-F] (FDG) injection intraveineuse | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | DOSE ABSORBÉE PAR UNITÉ D'ACTIVITÉ ADMINISTRÉE (µGy/MBq) | | | | |
| **Organes** | **Adulte** | **15 ans** | **10 ans** | **5 ans** | **1 an** |
| Paroi vésicale | 130 | 160 | 250 | 340 | 470 |
| Myocarde | 67 | 87 | 130 | 210 | 380 |
| Cerveau | 38 | 39 | 41 | 46 | 63 |
| Ovaires | 14 | 18 | 27 | 43 | 76 |
| Testicules | 11 | 14 | 24 | 37 | 66 |
| Utérus | 18 | 22 | 36 | 54 | 90 |
| **Dose efficace (µSv/MBq)** | **19** | **24** | **38** | **56** | **95** |

Les doses absorbées sont tirées de la publication 106 de la CIPR [6].

- Dose absorbée due aux RX du TDM: utilisation de l'Indice de Dose Scanographique Volumique(1):

$$D_{TDM} = 1{,}2 \times 3{,}92 = 4{,}7 \text{ mGy}$$

(1) Etard, Rehel, Aubert, "Comment évaluer la dose utérine en scanographie", JFR 2009.

Patient ID: Discovery 690
Exam Description: TEP PEL

Rapport de dose

| Series | Type | Scan Range (mm) | CTDIvol (mGy) | DLP (mGy-cm) | Phantom cm |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Scout | - | - | - | - |
| 2 | Helical | S84.750-I654.270 | 3.92 | 314.74 | Body 32 |
| 8 | Scout | - | - | - | - |
| 9 | Helical | S4.250-I208.250 | 1.91 | 52.97 | Body 32 |
| | | | Total Exam DLP: | 367.71 | |

1/1

# Evaluation de la dose efficace reçue par la patiente

- Dose efficace due à l'administration de $^{18}$FDG:

  $E_{FDG} = 195 \times 19.10^{-3} = 3,7$ mSv

- Partie TDM: utilisation du produit dose-longueur et des coefficients publiés par Deak et al. en 2010 pour une femme adulte:

  $E_{TDM} = 314,74 \times 17.10^{-3} + 52,97 \times 19.10^{-3} = 6,4$ mSv

# 4 –
# Le message

# En résumé

- Lorsqu'un traitement par radionucléides est administré, puisqu'il est possible de constater sa distribution par des images autant les faire !
  - Déjà la délivrance du traitement peut ainsi être garantie aux sceptiques…
  - Et en plus il est possible d'envisager de la quantifier!
  - Encore mieux s'il est possible d'anticiper la distribution et planifier une prescription de dose personnalisée.
- Tendre vers une quantification la plus fiable possible pour améliorer la précision de la dosimétrie.
- Et bien sûr le manipulation en électroradiologie a toujours, et d'autant plus, son rôle à jouer, notamment dans la réalisation de l'examen. Pour exemple, le mouvement est toujours un ennemi de l'image et donc du reste (quantification et dosimétrie) en conséquence!

AFTMN
Association Française des Techniciens en Médecine Nucléaire

CHU BDX CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE BORDEAUX

# Merci de votre attention

C·H·U
Hôpitaux de Bordeaux