

DOSIMÉTRIE ET EXPOSITION DES TRAVAILLEURS

SUITE À L'ABLATION D'UNE MÉTASTASE OSSEUSE D'UN CANCER THYROÏDIEN TRAITÉ PAR HAUTE ACTIVITÉ D'IODE 131



20 novembre 2024



Christophe STAINMESSE
Conseiller en Radioprotection

Aurélié FORBES
Physicienne médicale

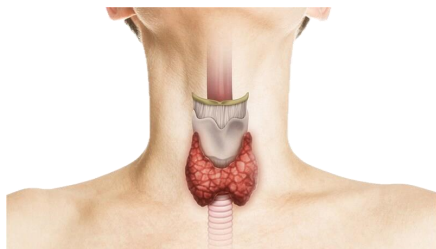
Groupe Hospitalier Cochin



AP-HP. Centre
Université
Paris Cité

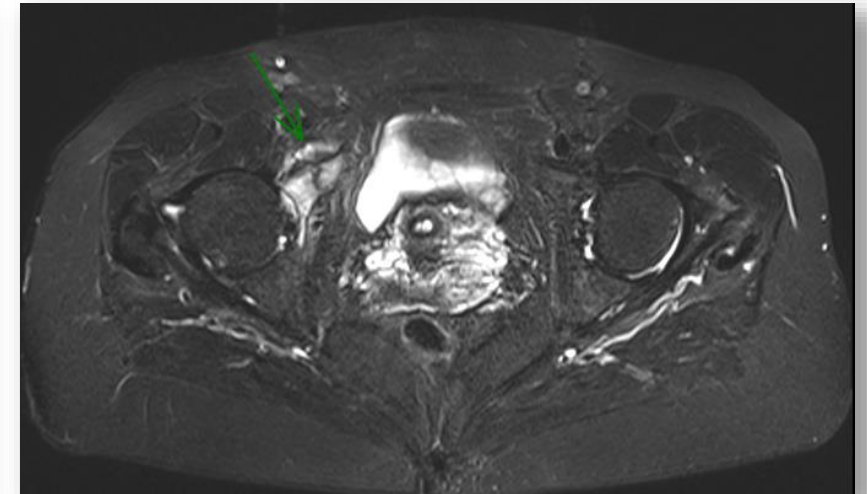
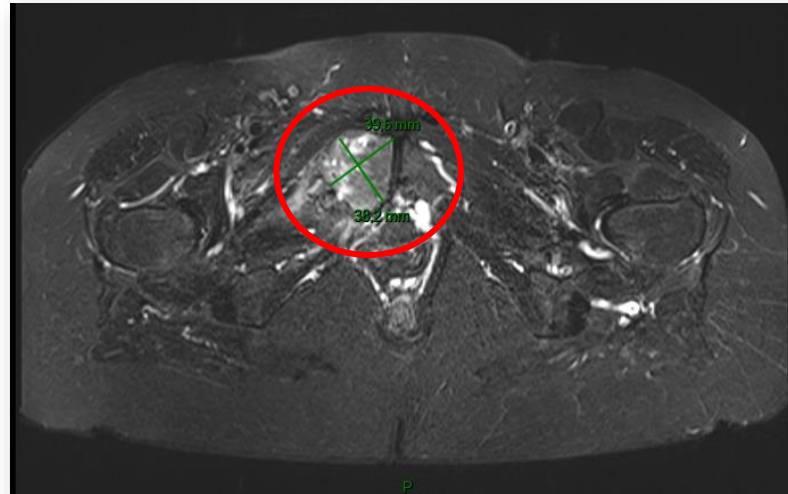
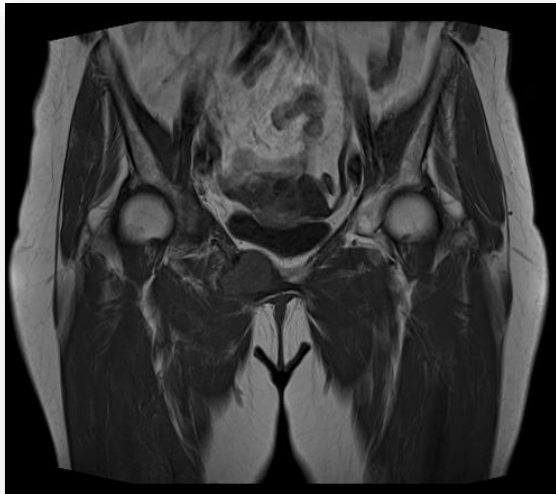
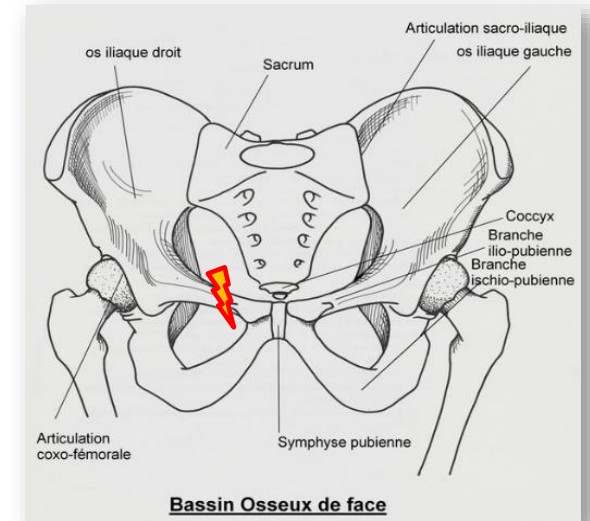
CONTEXTE

- De la situation clinique à l'évaluation individuelle d'exposition
- Calcul de l'activité résiduelle
- Evaluation individuelle prévisionnelle de la dose d'exposition
- Mesures physiques de la dose d'exposition
- Résultats de l'exposition du personnel



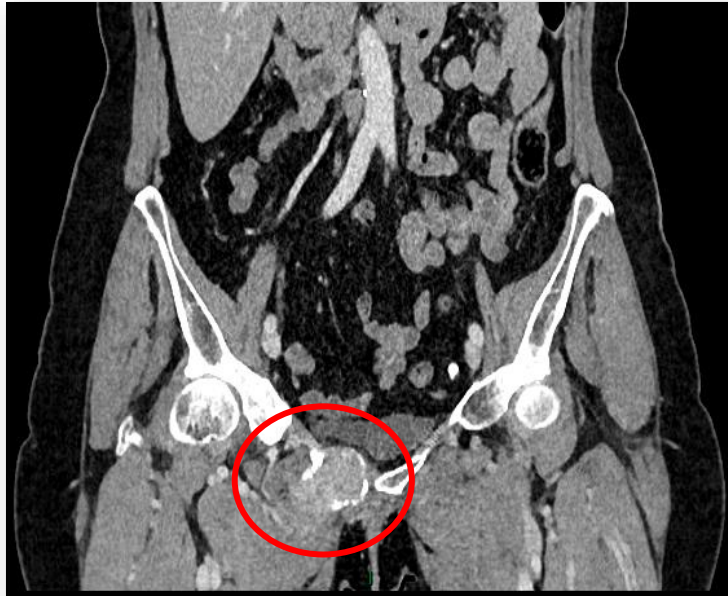
SITUATION CLINIQUE

- Patiente de 72 ans sans antécédent notable
- Août 2021 : douleur inguinale droite
- Novembre 2021 : fracture spontanée de la branche ilio-pubienne droite. Lésions osseuses confirmées à l'IRM.



DIAGNOSTIC : CARCINOME DE LA THYROÏDE

- Janvier 2022 : biopsie sous scanner
- Résultats d'anatomopathologie : **métastase osseuse d'un carcinome thyroïdien**

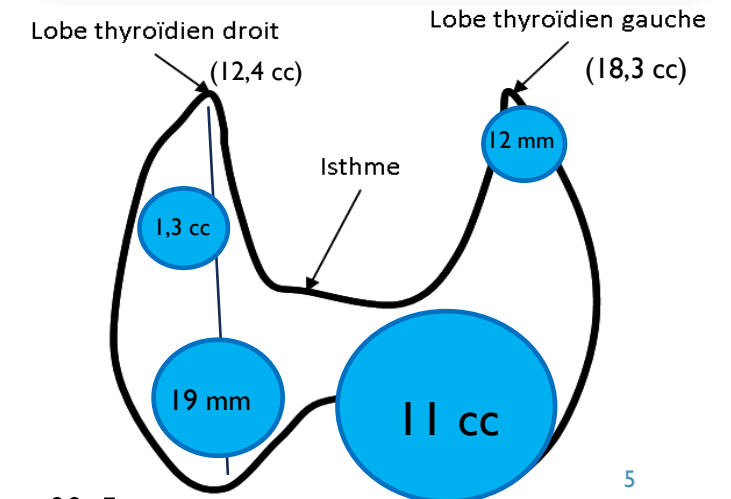
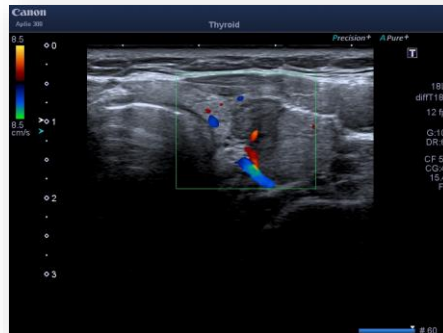
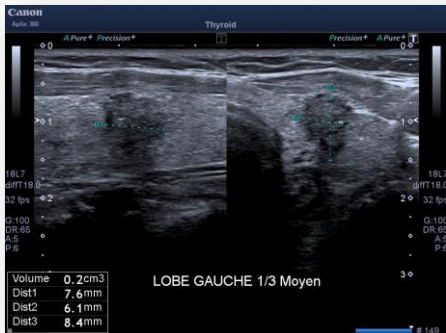


Carcinome de la thyroïde

CLASSIFICATION DU CANCER DE LA THYROÏDE

■ Echographie thyroïdienne

- Février 2022
- Goitre bilatéral à prédominance gauche
- Prélèvements cytologiques sur l'amas nodulaire principal
 - Résultat du prélèvement : **néoplasme folliculaire.**



Carcinome vésiculaire de la thyroïde

BILAN D'EXTENSION

- **Février 2022 : TEP scan**
 - **Nodule thyroïdien** gauche hyper métabolique
 - **Lésion osseuse de la branche ischio-pubienne droite**
 - Absence d'autre lésion suspecte

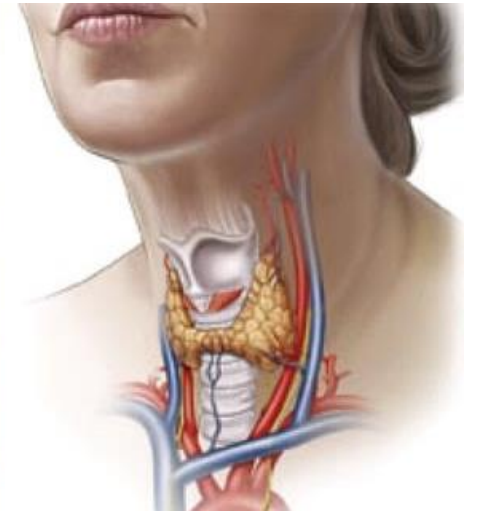
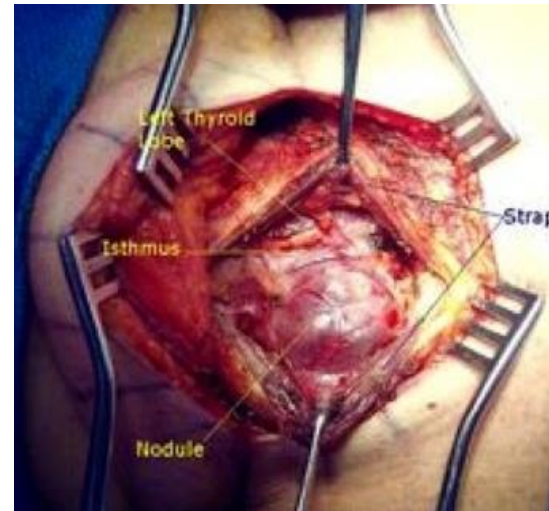
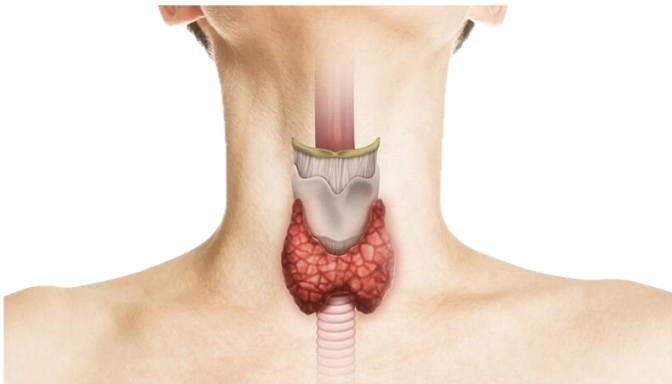


Traitements ?



THYROÏDECTOMIE TOTALE

- **Mars 2022**
 - **Carcinome vésiculaire invasif**
 - **Bien différencié**
 - Pas d'extension extra-thyroïdienne.
 - Nécessité d'une substitution par Levothyrox® à vie



RADIOTHÉRAPIE INTERNE VECTORISÉE

☢ Caractéristiques de l'iode ^{131}I :

	^{131}I
Période radioactive	8,04 jours
Activité massique	$4,59 \cdot 10^{15} \text{ Bq.g}^{-1}$
Emission(s) principale(s) (rendement d'émission pour 100 désintégrations)	Désintégration β^- $E_{\text{max}} = 606 \text{ keV (89 \%)}$ $E_{\text{max}} = 333 \text{ keV (7 \%)}$
	Emission γ $E = 364 \text{ keV (81 \%)}$ $E = 637 \text{ keV (7 \%)}$ $E = 284 \text{ keV (6 \%)}$

[ICRP, 1983 - Browne et Firestone, 1986]

Exposition du personnel

$^{131}_{53}\text{I}$

Traitement



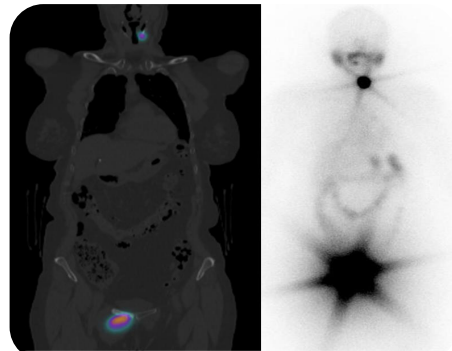
Imagerie TEMP
Collimateurs haute énergie



RADIOTHERAPIE INTERNE VECTORISEE



☢ Prise de gélule d'iode ^{131}I et imagerie



J0
23 mai 2022
 ^{131}I Gélule 5,7 GBq

J2
25 mai 2022
Tomo + CE



EVOLUTION ...

- **Radiothérapie interne vectorisée fonctionne mais ...**
 - **Décision exceptionnelle de retirer la lésion osseuse**
 - au regard de la taille de la lésion
 - planifiée le 14 juin 2022 (3 semaines après la prise d'I-131)



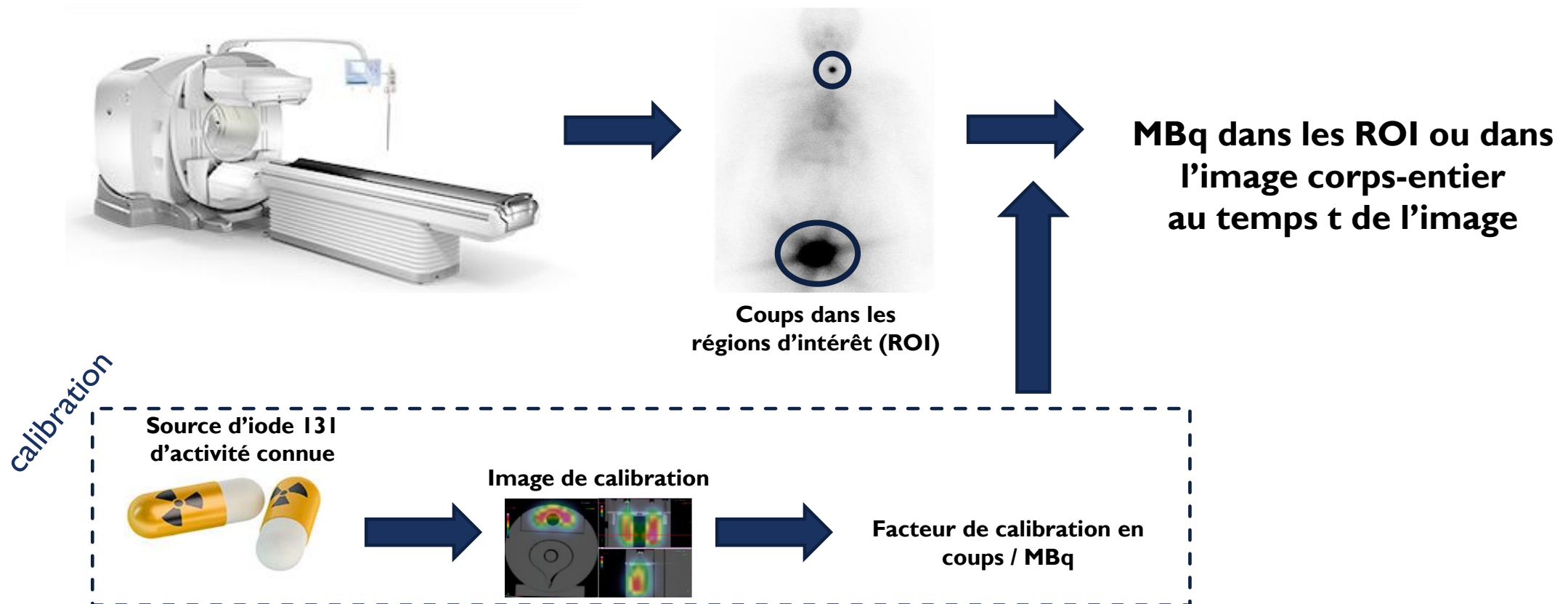
1. Calcul de l'activité résiduelle en Iode 131 dans la métastase
2. Calcul des débits de dose d'exposition aux RI
3. Evaluation individuelle d'exposition du personnel



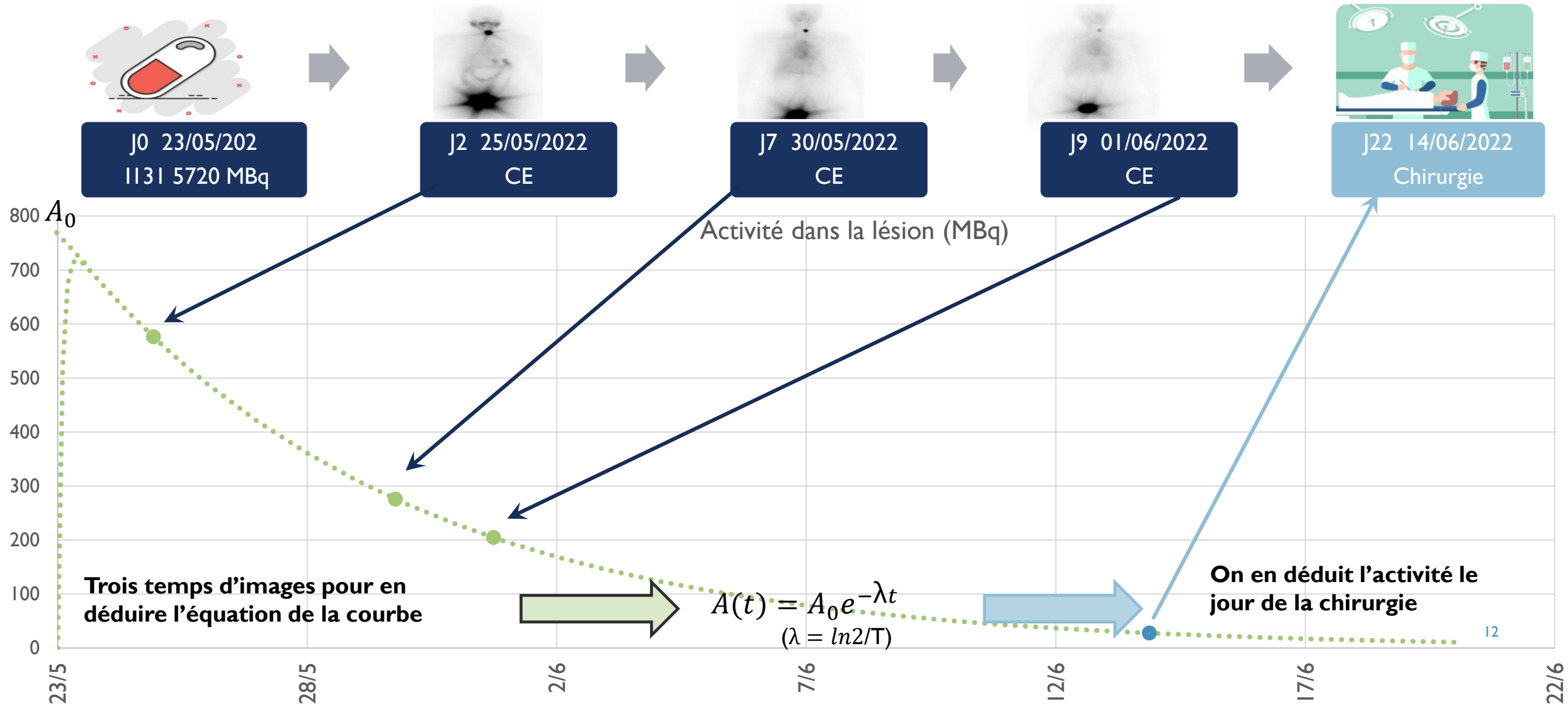
CALCUL DE L'ACTIVITÉ RÉSIDUELLE EN IODE 131 DANS LA MÉTASTASE

☢ Activité (MBq) résiduelle à la date de la chirurgie ?

- ☢ L'imagerie post administration d'iode donne une information sur les coups dans l'image au temps t de réalisation de l'image

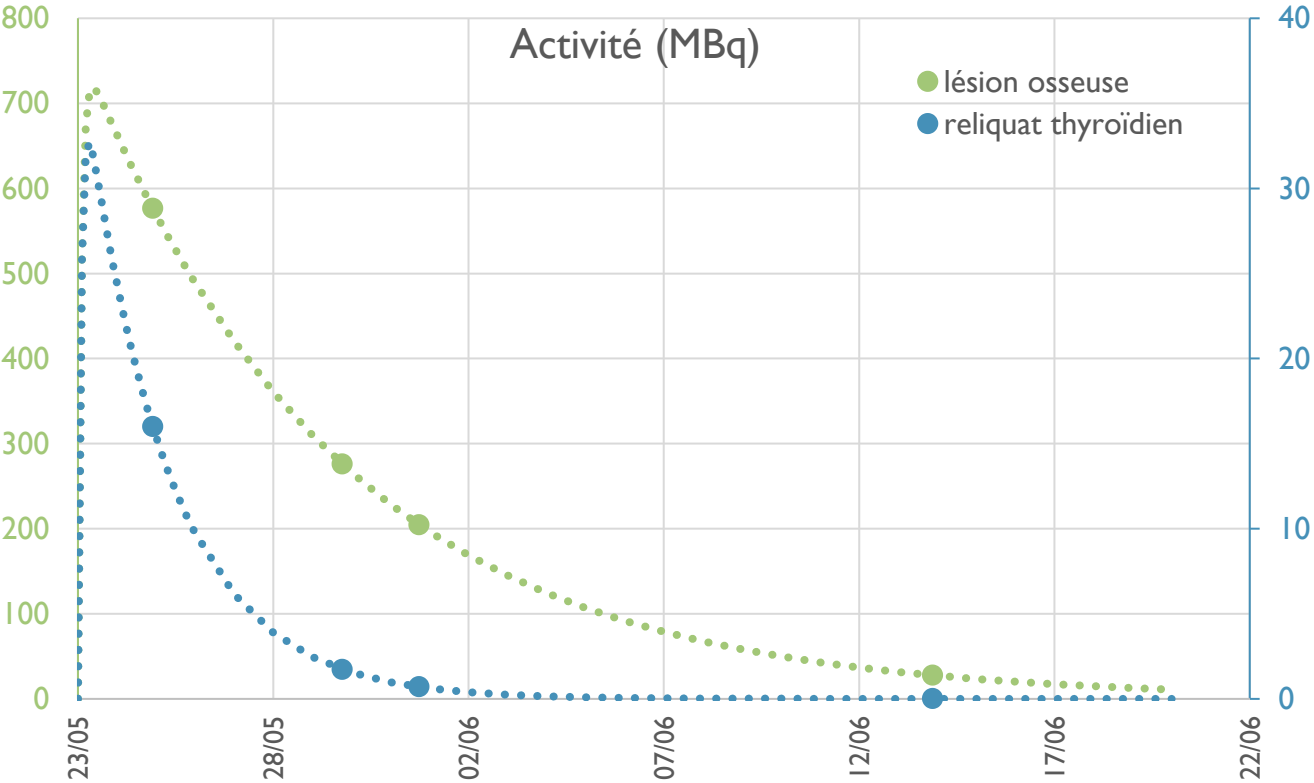


CALCUL DE LA PÉRIODE EFFECTIVE



CALCUL DE L'ACTIVITÉ RÉSIDUELLE EN IODE 131 DANS LA MÉTASTASE

Région	Volume (mL)	Activité (MBq) à J22	Période eff. (jours)
Lésion osseuse	150 mL	30 MBq	4,6 jours
Reliquat thyroïdien	6 mL	0,002 MBq	1,5 jours
Corps entier	X	70 MBq	5,5 jours



Pour le calcul

DOSI soft



DE L'ACTIVITÉ PRÉVISIONNELLE AU DÉBIT DE DOSE PRÉVISIONNEL



Dosimétrie prévisionnelle de la patiente



0,002
MBq*

30
MBq

Corps
entier :
70 MBq



Calcul prévisionnel des débits de dose d'exposition aux RI du personnel ?



*Activité (MBq) à J22

CALCUL DES DÉBITS DE DOSE

Utilisation de Dosimex[®]

- ☢ Activité ^{131}I administrée le 23 mai : 5,7 GBq
- ☢ Corps Entier : Activité résiduelle à J22 : 70 MBq
- ☢ Activité de la pièce anatomique : **30 MBq**
 - Rayon 5 cm de tissus biologiques
- ☢ Activité pour un échantillon : ^{131}I fixé
 - A en ^{131}I : **6 MBq**
 - Rayon 0,5 cm de tissus biologiques

La distance source /point dose est prise à partir de la surface de la sphère

Distance cm

Rayon intérieur cm

Rayon extérieur cm

Matériau source Masse vol.

H*(10)

☐ Ecran de protection

Sphère pleine (R int.=0) : matrice source avec activité volumique constante.
Sphère creuse (R int.>0) : activité volumique constante dans la couronne . la partie interne est considérée comme vide.

Commentaires

CALCUL DES DÉBITS DE DOSE

☢ Calcul Dosimex®

- Débits de dose d'exposition de la masse tumorale à différentes distances

Distance	Débit de dose : pièce opératoire 30 MBq
1 cm	609 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
10 cm	83 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
30 cm	15 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
50 cm	6 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
100 cm	2 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
200 cm	0,5 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$

La distance source /point dose est prise à partir de la surface de la sphère

Distance
30 cm

Rayon intérieur
0 cm

Rayon extérieur
5 cm

Matériau source
Tissus bio.

Masse vol.

H*(10) 15 $\mu\text{Sv/h}$

Lancer calcul

☐ Ecran de protection

Sphère pleine (R int.=0) : matrice source avec activité volumique constante.
Sphère creuse (R int.>0) : activité volumique constante dans la couronne . la partie interne est considérée comme vide.

Commentaires
Calcul réalisé avec l'application DOSIMEX

ÉVALUATION INDIVIDUELLE PRÉVISIONNELLE DE L'EXPOSITION

Personnel du bloc opératoire d'orthopédie :

☢ Pour préparer l'intervention :

- Chirurgien interrogé sur le temps prévisionnel de l'intervention.
- Information donnée concernant le risque de contamination
- Pas de risque de contamination interne par inhalation

☢ Chirurgie :

- Ablation de la masse tumorale située sur la branche ischio-pubienne
- Intervention : **1 heure**
- Tumeur en place : **30 minutes d'intervention**



ÉVALUATION INDIVIDUELLE PRÉVISIONNELLE DE L'EXPOSITION

Organisation de l'intervention :

- ☢ le personnel du bloc est le suivant :
 - 1 chirurgien et un interne ou médecin junior
 - 2 infirmiers de bloc opératoire
 - 1 infirmier d'anesthésie et un médecin anesthésiste



Distance personnel – source d'exposition

Chirurgien – patient	30 cm
Mains du chirurgien – patient	1 cm
IBODE – patient	100 cm
IADE et médecin anesthésiste – patient	200 cm

ÉVALUATION INDIVIDUELLE PRÉVISIONNELLE DE L'EXPOSITION



	Dose d'exposition corps entier (CE)	Dose d'exposition cristallin (CE+30%)	Dose d'exposition des mains
Chirurgien / interne	15 μ Sv	20 μ Sv	305 μ Sv
Infirmier de bloc opératoire	2 μ Sv	SO	SO
Infirmier d'anesthésie / médecin anesthésiste	0,5 μ Sv	SO	SO

ÉVALUATION INDIVIDUELLE PRÉVISIONNELLE DE L'EXPOSITION

Personnel du service d'anatomopathologie : **Anatomopathologiste**

- ☢ Préparation de l'intervention : analyse de la pièce opératoire
 - Anatomopathologiste **interrogé** sur le temps prévisionnel d'intervention
 - **Information** donnée concernant le risque de contamination
 - Pas de risque de contamination interne par inhalation
- ☢ Découpage en tranche puis traitement des tissus biologiques pour analyse
- ☢ **Durée de l'intervention : 30 minutes**
 - Taille de la pièce opératoire : 10 cm de diamètre
 - Mains au contact de la pièce opératoire : 20 minutes
 - Activité ^{131}I : **30 MBq**



ÉVALUATION INDIVIDUELLE PRÉVISIONNELLE DE L'EXPOSITION



☢ Calcul Dosimex®

Distance	Débit de dose : pièce opératoire 30 MBq
1 cm	609 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
10 cm	83 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
30 cm	15 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
50 cm	6 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
100 cm	0,6 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
200 cm	SO

La distance source /point dose est prise à partir de la surface de la sphère

Distance cm

Rayon intérieur cm

Rayon extérieur cm

Matériau source Masse vol.

$H^*(10)$

☐ Ecran de protection

Sphère pleine (R int.=0) : matrice source avec activité volumique constante.
Sphère creuse (R int.>0) : activité volumique constante dans la couronne, la partie interne est considérée comme vide.

Commentaires

ÉVALUATION INDIVIDUELLE PRÉVISIONNELLE DE L'EXPOSITION



Distance personnel – source d'exposition	
Anatomopathologiste	30 cm
Mains de l'anatomopathologiste – pièce opératoire	1 cm

	Dose d'exposition corps entier (CE)	Dose d'exposition cristallin (CE+30%)	Dose d'exposition des mains
Anatomopathologiste	7,5 μ Sv	10 μ Sv	305 μ Sv

ÉVALUATION INDIVIDUELLE PRÉVISIONNELLE DE L'EXPOSITION

Personnel du service d'anatomopathologie : **Technicien de laboratoire**

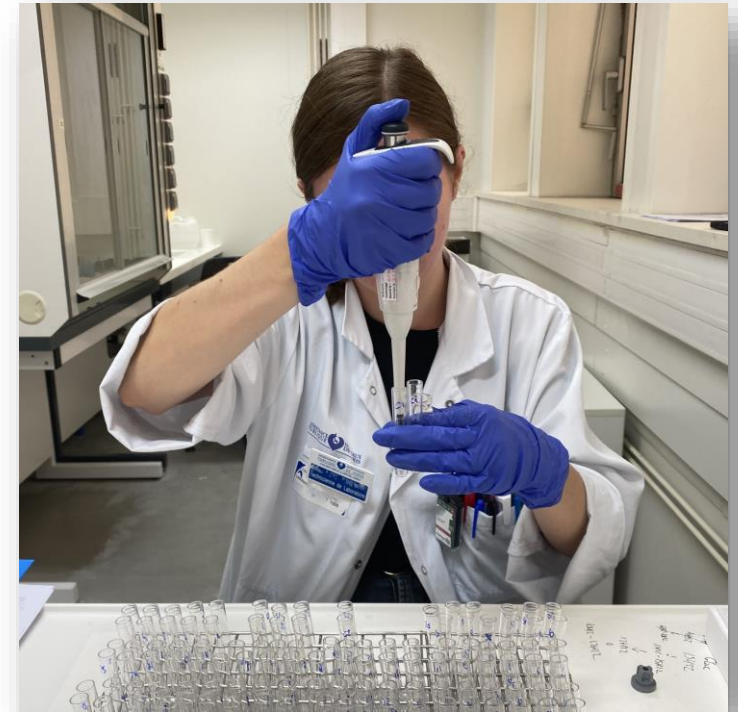


☢ Analyse microbiologique des tissus sur les échantillons

- **Durée de l'intervention : 1 heure**

☢ Découpage en lamelles puis traitement des tissus biologiques pour analyse

- Taille de l'échantillon : 1 cm de diamètre
- Mains au contact des échantillons : 30 minutes
- Activité ^{131}I : **6 MBq**



ÉVALUATION INDIVIDUELLE PRÉVISIONNELLE DE L'EXPOSITION



Technicien de laboratoire

☢ Calcul Dosimex®

Distance	Débit de dose : Echantillon de la pièce opératoire
1 cm	1660 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
10 cm	36 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
30 cm	4,22 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
50 cm	1,54 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
100 cm	0.4 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
200 cm	SO

La distance source / point dose est prise à partir de la surface de la sphère

Distance: 30 cm

Rayon intérieur: 0 cm

Rayon extérieur: 0,5 cm

Matériau source: Tissus bio.

Masse vol.

H*(10): 4,22 $\mu\text{Sv/h}$

☐ Ecran de protection

Sphère pleine (R int.=0) : matrice source avec activité volumique constante.
Sphère creuse (R int.>0) : activité volumique constante dans la couronne, la partie interne est considérée comme vide.

Commentaires: Calcul réalisé avec l'application DOSIMEX

ÉVALUATION INDIVIDUELLE PRÉVISIONNELLE DE L'EXPOSITION



Technicien de laboratoire

Distance personnel – source d'exposition

Technicien de laboratoire – échantillons	30 cm
Mains du technicien de laboratoire – échantillons	1 cm

	Dose d'exposition corps entier (CE)	Dose d'exposition cristallin (CE+30%)	Dose d'exposition des mains
Tech Labo	4 μ Sv	6 μ Sv	830 μ Sv

AU BLOC : INTERVENTION CHIRURGICALE

- 14 juin 2022
 - **Ostéotomie (retrait de la tumeur) et pose d'une prothèse.**





RÉSULTATS DES MESURES DE
DÉBITS DE DOSE ?



RÉSULTATS DES MESURES : DÉBITS DE DOSE AVANT INTERVENTION

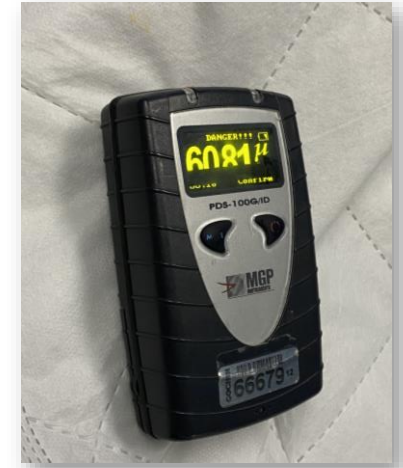
Débits de dose au bloc avant le début de la chirurgie

☢ Mesure au contact de la patiente :

- PDS 100G Mirion (détecteur gamma)
- Pas de port du tablier plombé durant l'intervention car pas d'utilisation de d'amplificateur de luminance
- Port du tablier inefficace pour l'iode 131

☢ Résultats :

Distance	Débits de dose
À la peau (bassin)	60,8 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
10 cm	15 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
30 cm	8 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
100 cm	1,5 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$



RÉSULTATS DES MESURES : DÉBITS DE DOSE FIN D'INTERVENTION

Débits de dose en fin de l'opération

- ☢ Mesure au contact de la patiente :
PDS 100G Mirion (détecteur γ)

☢ Résultats :



Distance	Débits de dose en fin d'opération
Au niveau du bassin	6 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
30 cm	3 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
100 cm	0,5 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$

Débits de dose en début d'opération
60,8 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
8 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
1,5 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$

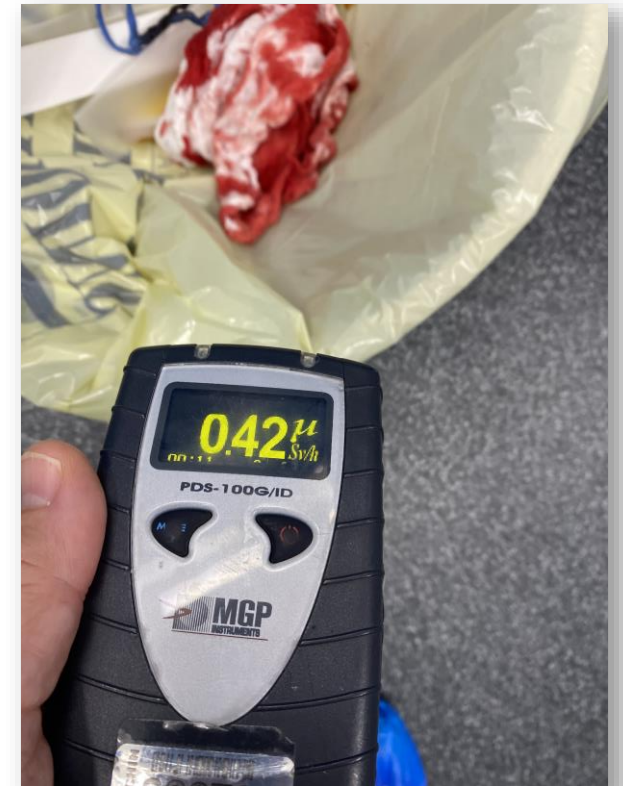
RÉSULTATS DES MESURES : DÉCHETS AU BLOC

Débits de dose au bloc :

- ☢ Mesure des déchets :
 - Fûts DASRI
 - Transportés dans le local de décroissance MN
 - Décroissance 3 mois
 - PDS 100G Mirion (détecteur gamma)

☢ Résultats :

Distance	Débits de dose
10 cm	2 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
30 cm	0,42 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
50 cm	0,2 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$



RÉSULTATS DES MESURES : MASSE TUMORALE

Débits de dose au niveau de la masse tumorale

- ☢ Mesure de la masse tumorale : PDS 100G Mirion
- ☢ Résultats :

Distance	Débits de dose
Contact (1 cm)	285 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
10 cm	57 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
30 cm	8 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
100 cm	1,2 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$

Mesures comparatives avec d'autres détecteurs

- Bertholod LB 124 S avec GM
- Ludlum Model 26-1



RÉSULTATS DES MESURES : DOSIMÉTRIE DU PERSONNEL (I)

☢ Chirurgien 1 :

- Dosimétrie opérationnelle : **8 μSv**
- Dosimétrie passive trimestrielle CE : sous le seuil de détection
- Dosimétrie passive extrémités : **sous le seuil de détection**

☢ Chirurgien 2 :

- Dosimétrie opérationnelle : **4 μSv**
- Dosimétrie passive trimestrielle CE : sous le seuil de détection
- Dosimétrie passive extrémités : **sous le seuil de détection**



NB : le personnel du bloc est classé en catégorie B – utilisation de l'amplificateur de luminance – exposé aux rayons X

RÉSULTATS DES MESURES : DOSIMÉTRIE DU PERSONNEL (2)

☢ IBODE 1 :

- Dosimétrie opérationnelle : **2 μSv**
- Dosimétrie passive trimestrielle CE : **sous le seuil de détection**



☢ IBODE 2 :

- Dosimétrie opérationnelle : **0 μSv**
- Dosimétrie passive trimestrielle CE : **sous le seuil de détection**



RÉSULTATS DES MESURES : DOSIMÉTRIE DU PERSONNEL (3)

☢ IADE :

- Dosimétrie opérationnelle : **0 μSv**
- Dosimétrie passive trimestrielle CE : sous le seuil de détection

☢ Anesthésiste :

- Dosimétrie opérationnelle : **0 μSv**
- Dosimétrie passive trimestrielle CE : sous le seuil de détection



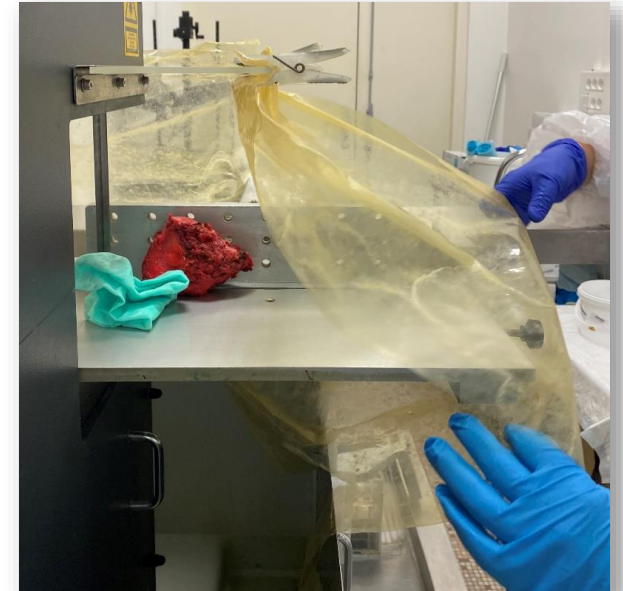
MESURES PHYSIQUES AU LABORATOIRE D'ANATOMOPATHOLOGIE

Débits de dose - service d'anatomopathologie à l'arrivée des pièces opératoires

- ☢ Mesures de la pièce opératoire :
 - PDS 100G Mirion (détecteur gamma)

- ☢ Résultats :

Distance	Débits de dose
Contact (1 cm)	285 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
10 cm	57 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
30 cm	8 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
100 cm	1,2 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$



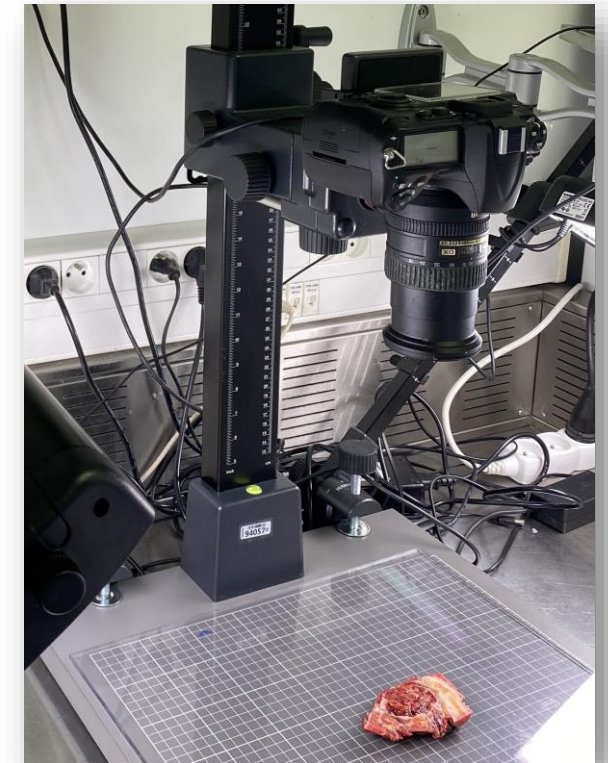
MESURES PHYSIQUES AU LABORATOIRE D'ANATOMOPATHOLOGIE

Débits de dose après découpe et traitement des tissus biologiques

☢ Mesures des échantillons : PDS 100G Mirion (détecteur gamma)

☢ Résultats :

Distance	Débits de dose
Contact (1 cm)	7 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
10 cm	0,5 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
30 cm	0,1 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
100 cm	bdf



MESURES PHYSIQUES AU LABORATOIRE D'ANATOMOPATHOLOGIE

Débits de dose Service d'anatomopathologie :

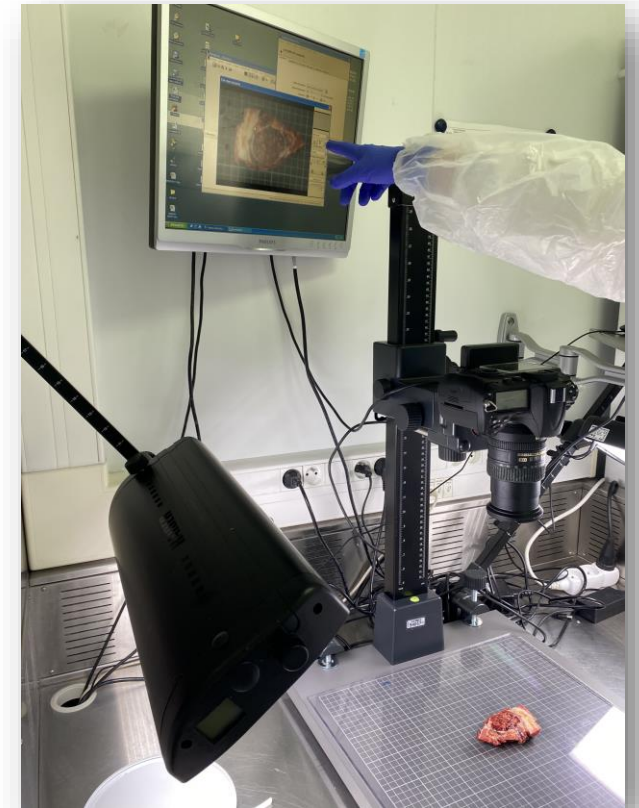
- ☢ Mesure des déchets :
 - Fûts DASRI
 - Transportés dans le local de décroissance MN
 - Décroissance 3 mois
 - PDS 100G Mirion (détecteur gamma)
- ☢ Résultats :
 - **Au contact du conteneur : 12 $\mu\text{Sv/h}$**
 - **30 cm : 0,9 $\mu\text{Sv/h}$**
 - **100 cm : bdf $\mu\text{Sv/h}$**
- ☢ Echantillons analysés :
 - récupérés par le CRP,
 - mis en décroissance durant 3 mois
 - rendu au service d'anapath pour archivage durant 10 ans



MESURES PHYSIQUES AU LABORATOIRE D'ANATOMOPATHOLOGIE

Dosimétrie du personnel d'anatomopathologie :

- ☢ Médecin anatomopathologiste :
 - Dosimétrie opérationnelle : **2 μSv**
- ☢ Technicien de laboratoire :
 - Dosimétrie opérationnelle : **1 μSv**
- ☢ Contrôle de la contamination du personnel, des locaux et du matériel après l'intervention



QU'EST-DEVENUE LA PATIENTE ?

- **Suivi à 3 mois post RIV et chirurgie**

- **TEP ^{18}F FDG** et scanner de contrôle : RAS
- **Echographie thyroïdienne** : pas de récurrence de loge

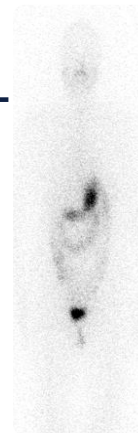


TEP FDG



- **Suivi à 6 mois**

- **Scintigraphie ^{131}I Corps entier :**
 - pas de fixation pulmonaire
 - Pas de fixation osseuse

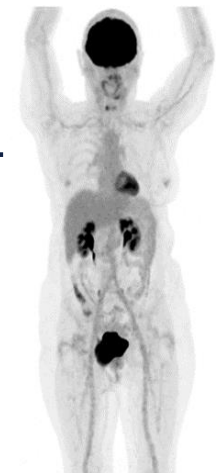


Scintigraphie ^{131}I



- **Suivi à 12 et 18 mois**

- **TEP ^{18}F FDG** : Pas de récurrence
- **Bilan thyroïdien** : Ok



TEP FDG

CONCLUSION

Prévisionnel / exposition réelle :

	Dose prévisionnelle d'exposition CE	Résultats dosimétrie opérationnelle
Chirurgien / interne	15 μ Sv	8 μ Sv
Infirmier de bloc opératoire	2 μ Sv	2 μ Sv
Infirmier d'anesthésie / médecin anesthésiste	0.5 μ Sv	0 μ Sv
Anatomopathologiste	7,5 μ Sv	2 μ Sv
Technicien de laboratoire	4 μ Sv	1 μ Sv

Gestion du risque d'exposition maîtrisée



CONCLUSION



Pour une gestion optimale d'une situation « exceptionnelle » en radioprotection



- ☢ **Bonne communication** – bloc opératoire – médecine nucléaire – radioprotection
- ☢ **Collaboration complète avec les intervenants**
- ☢ **Information du personnel sur le risque d'exposition aux RI**
- ☢ **Gestion de la contamination**



RÉFÉRENCES

- ☢ **ASN** : <https://www.asn.fr/>
- ☢ **IRSN** : <https://www.irsnn.fr/>
- ☢ **INRS** : Fiches repères INRS
- ☢ **Delacroix D.** Guide pratique Radionucléides & Radioprotection. CEA-EDP Sciences 2024
- ☢ **Logiciel Planet 3.2** DosiSoft®
- ☢ **Logiciel Dosimex**®