



MEDECINE NUCLEAIRE THERAPEUTIQUE (RADIOTHERAPIE INTERNE VECTORISEE RIV) RADIOPROTECTION DES PATIENTS, DE LEUR ENTOURAGE ET DU PERSONNEL

Benoit DENIZOT, Service de Médecine Nucléaire, Centre Hospitalier Alpes Léman

Thomas CARLIER, Service de Médecine Nucléaire, CHU de Nantes

Florent CACHIN Service de Médecine Nucléaire, CLCC de Clermont-Ferrand

Nathalie PREVOT Service de Médecine Nucléaire, CHU de Saint-Etienne

Groupe radioprotection SFMN

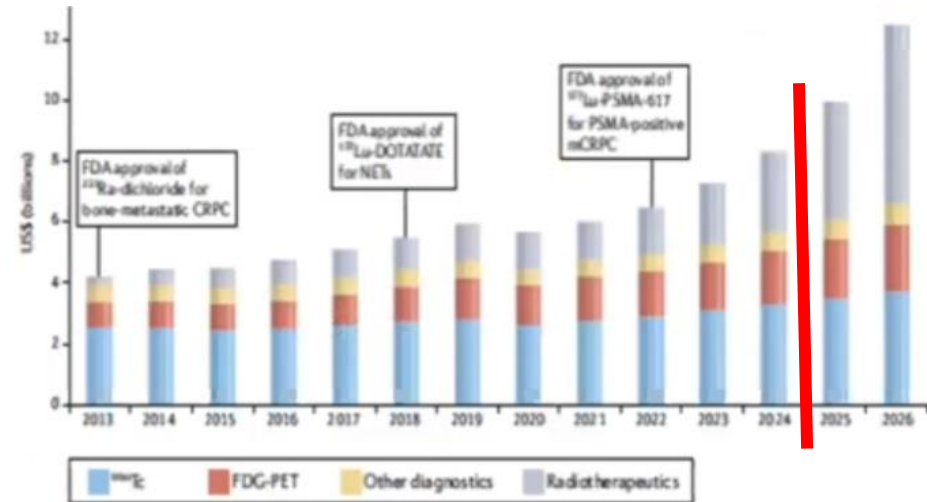
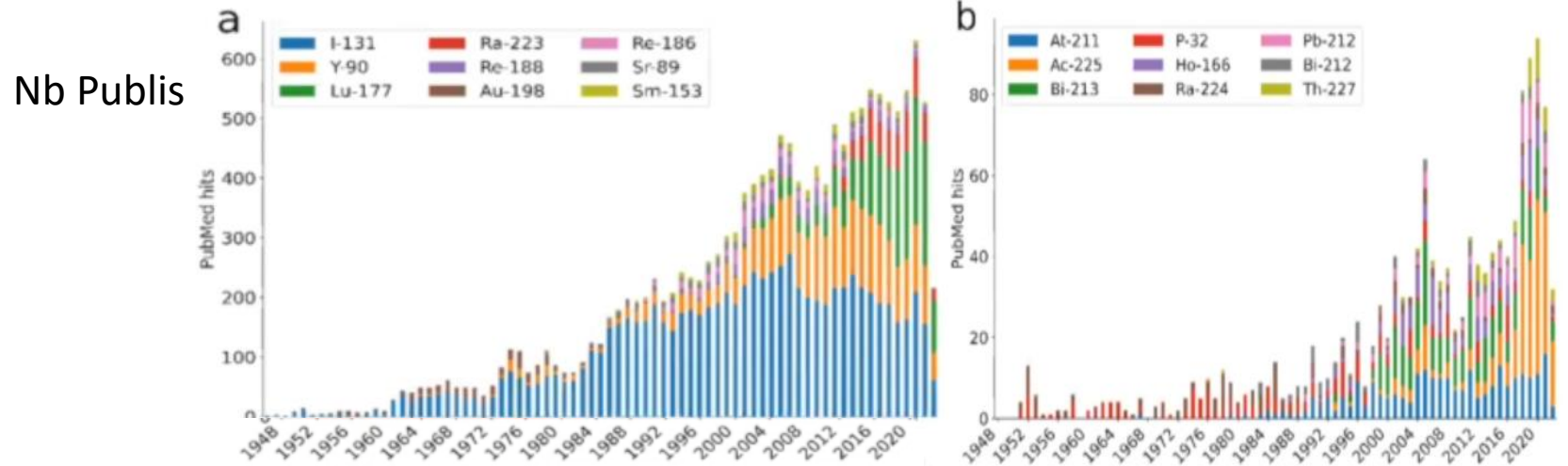
bdenizot@ch-alpes-leman.fr



Augmentation rapide de l'activité RIV :

Domaines

- Thyroïde (1946)
- Synoviorthèse (≈ 1970)
- Os (≈ 1980)
- Tumeurs neuro-endocrines (≈ 1990)
- Foie (sphères) (≈ 1990)
- Prostate (PSMA) (≈ 2015)
- Tissus de soutien (FAPI) (≈ 2025)
- ...



Stokke et al, 2022. Radionuclides for Targeted Therapy: Physical Properties, review

CA Md \$

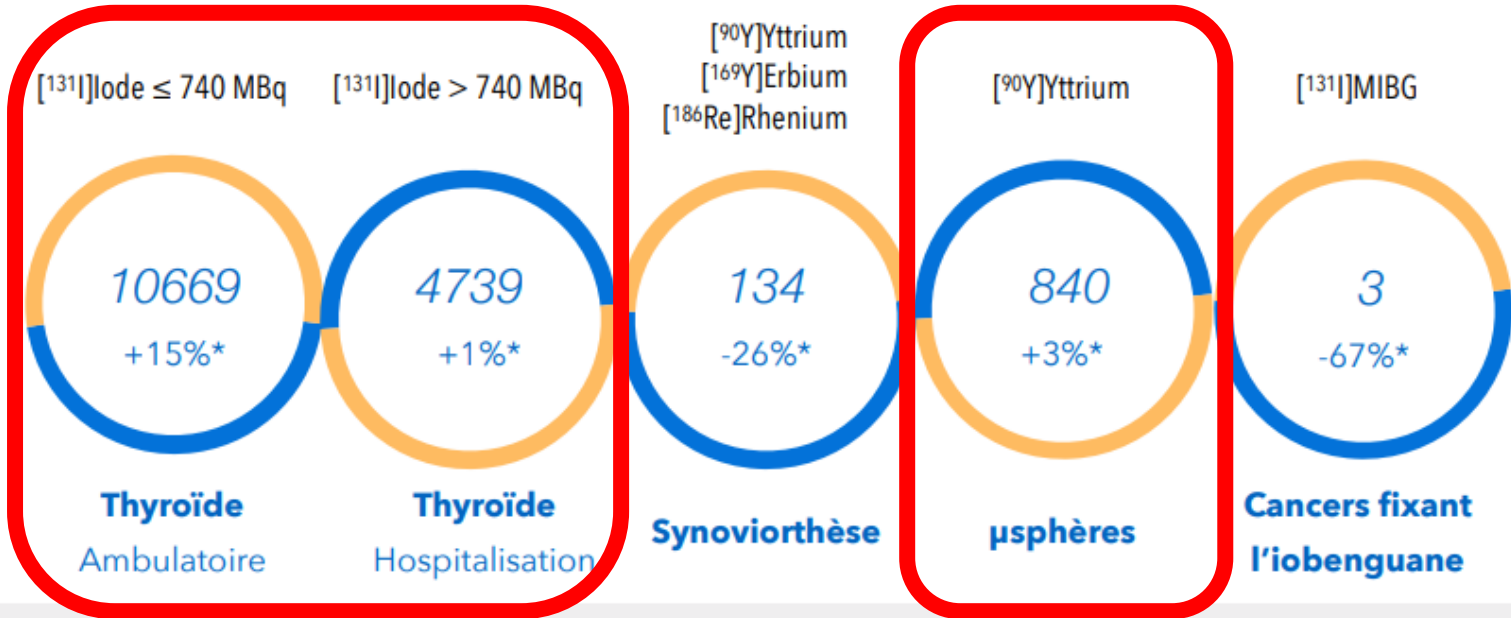
dei L, Lewis J et al. Nature Rev Clin Oncol 2022



2023

Les « vieilles » thérapies sont historiquement thyroïdiennes à l'iode 131

FLASH 2023



Incidence K thyroïde (2018): 7700 en F

* 2023 vs 2022

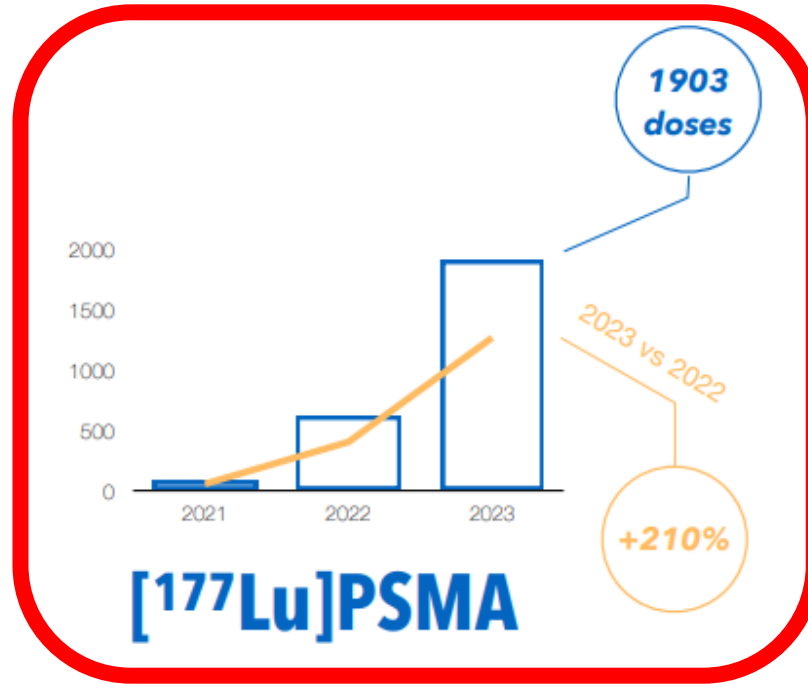
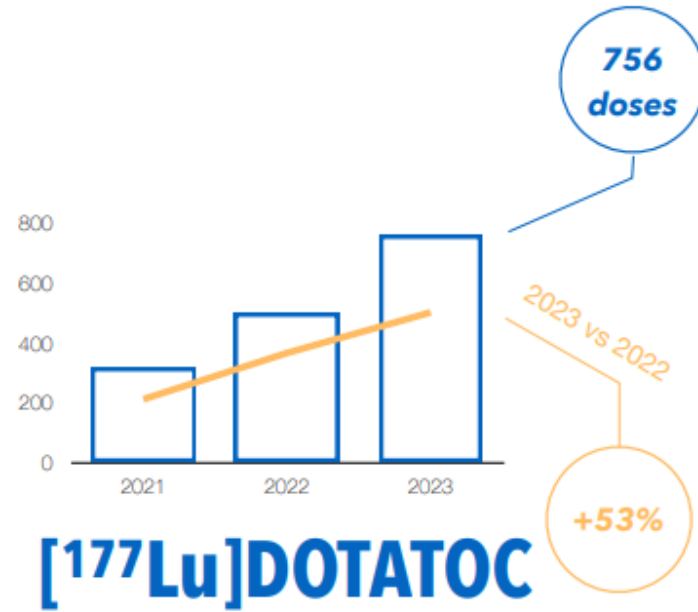
β^- [¹⁷⁷Lu]LUTÉTIUM
RÉSULTATS NATIONAUX



2659
DOSES de Lu177

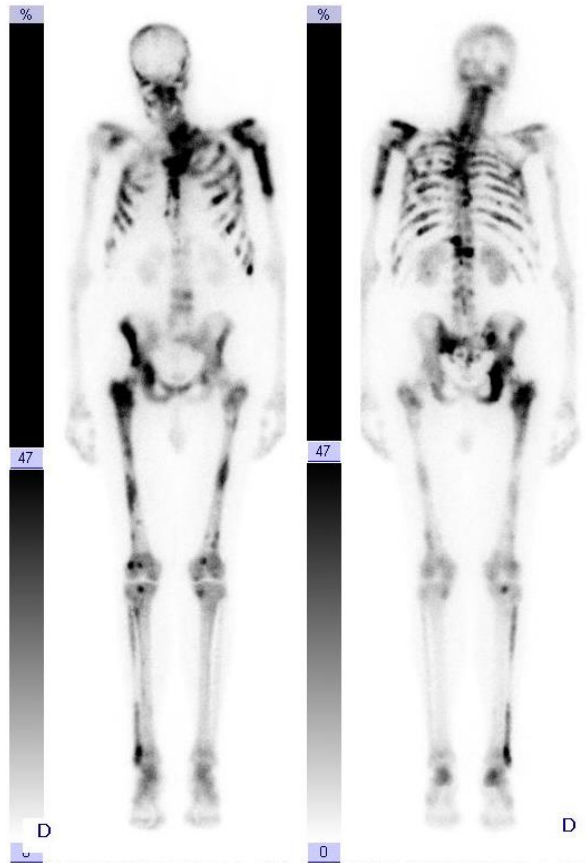
2023

FLASH 2023



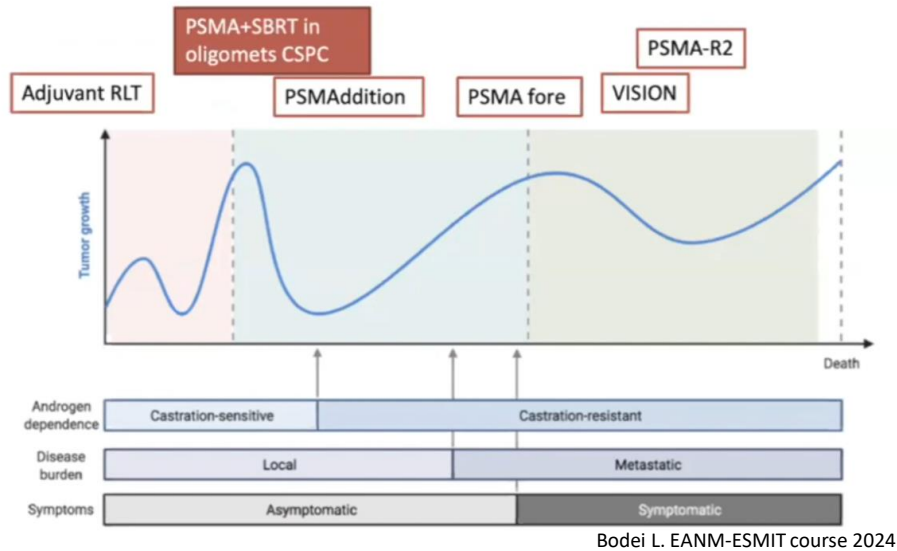
Incidence K prostate (2018): 60000 en F

Tendances actuelles



Hormonothérapie puis ^{177}Lu -PSMA
puis chimiothérapie puis ^{225}Ac -PSMA

Prostate cancer disease trajectory: clinical needs and role of theranostics

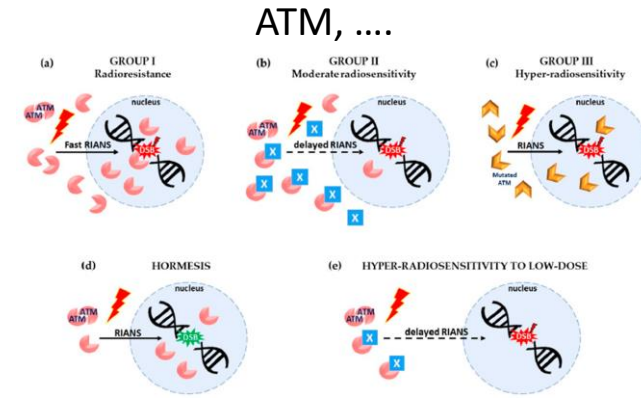
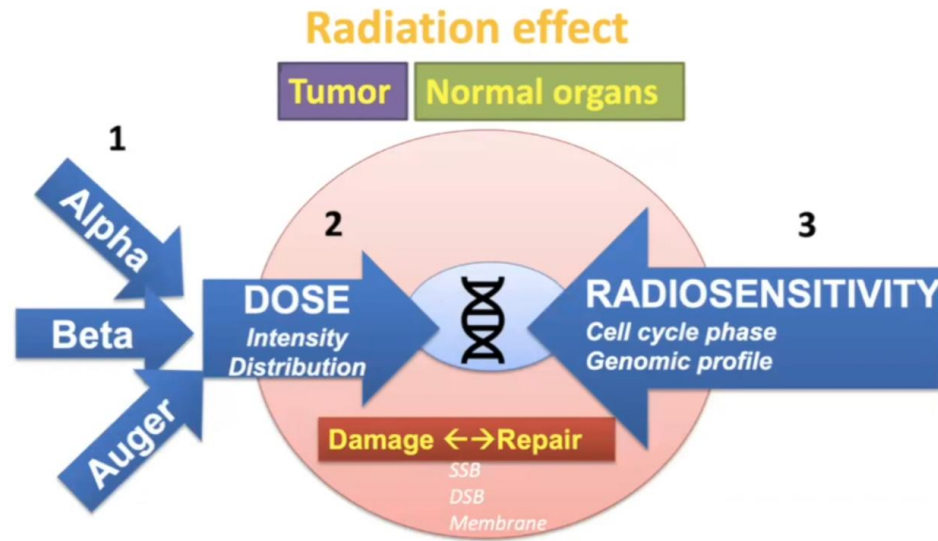
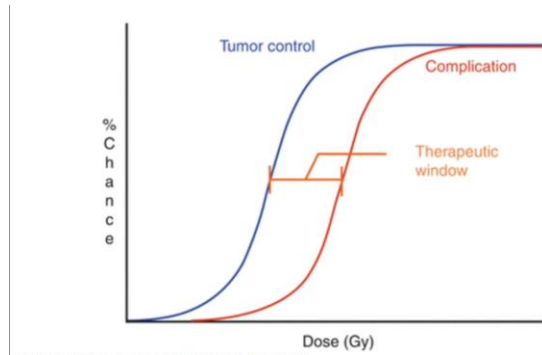


^{131}I pour cancer thyroïde
(essentiellement en adjuvant)

Questionnement sur la radioprotection

- Patients
- Personnel soignant
- Entourage
- Déchets liquides
- Déchets solides

RIV: quelques bases



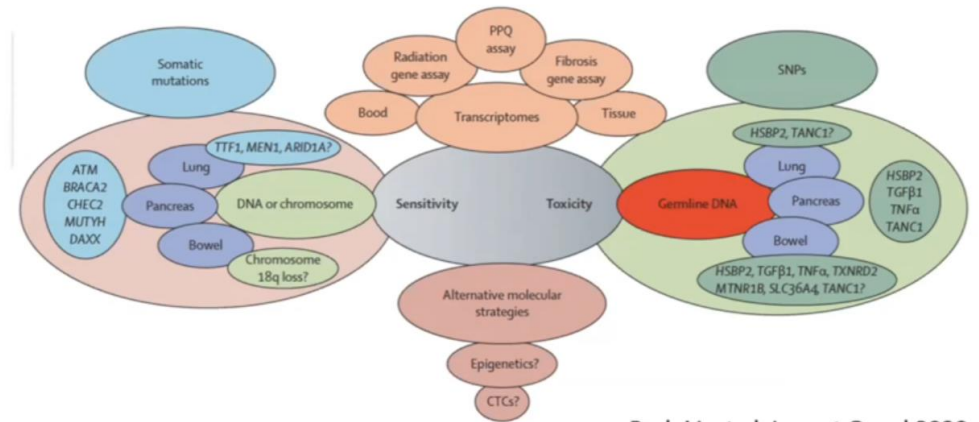
Cancers 2023, 15, 1482

Modalité	Dose typique	Durée typique	Répétition / fractionnement	Débit de dose max typique
Radiothérapie externe	30 à 80 Gy	Qq minutes	Oui (5 à 30)	1 Gy/min (8 Gy/min)
Radiologie interventionnelle	10 mGy à qq Gy	qq minutes	Oui	10 Gy/h
Radiothérapie interne vectorisée	100 à 300 Gy	Qq jours	Oui	1 Gy/h
Radiologie conventionnelle	1 à 3 mSv	< 1 seconde	Non	1 Gy/h
TDM	2 à 5 mSv	10 secondes	Non	0,1 à 1 Gy/h
TEP-TEMP	2 à 5 mSv	Qq heures	Non	1 mSv/h
Exposition naturelle	2 à 10 mSv	Années	Oui	1 μ Sv/h

X3

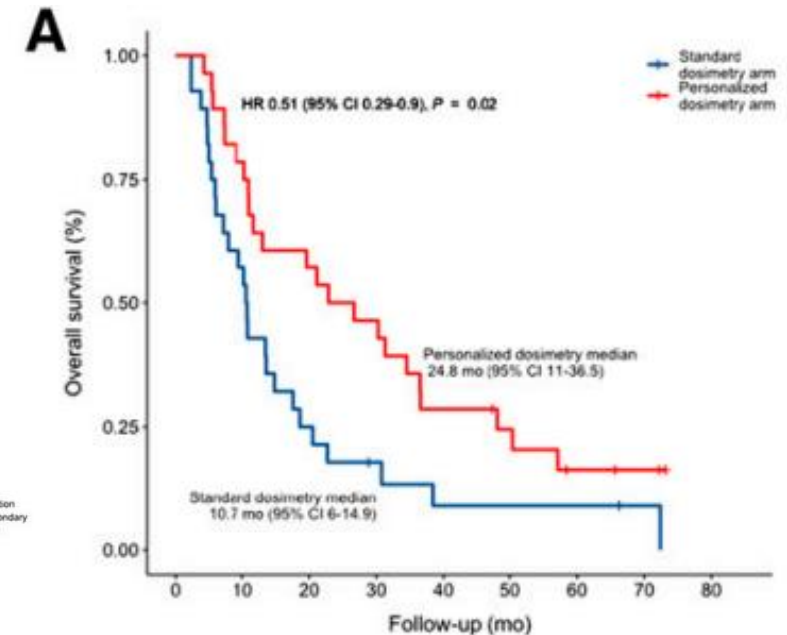
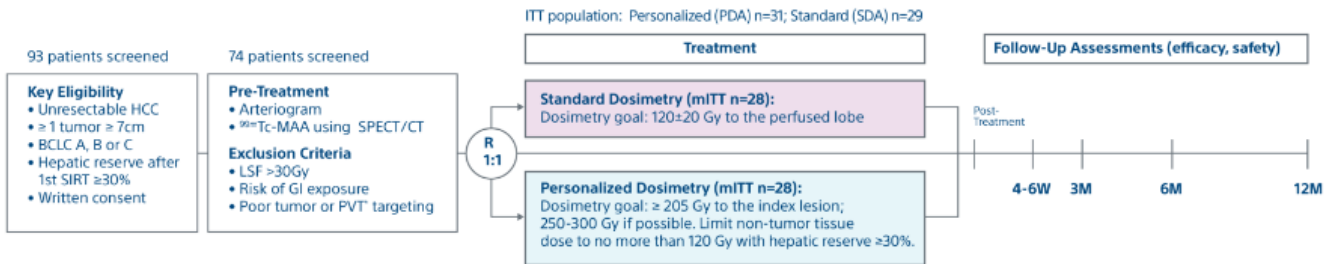
1/100

Theranostic Radiopharmaceuticals: Quo vadis..?



Bodei L et al. Lancet Oncol 2020

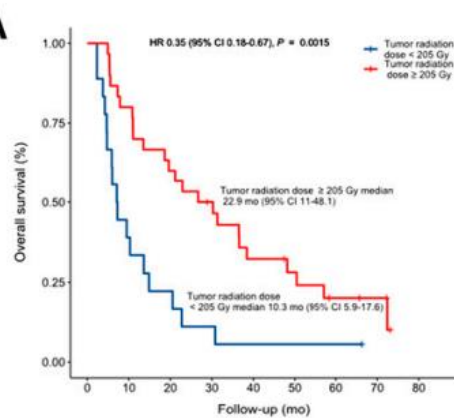
Prédicteurs de la réponse: dosimétrie pré-thérapeutique Carcinome hépatocellulaire: étude DOSISPHERE-01



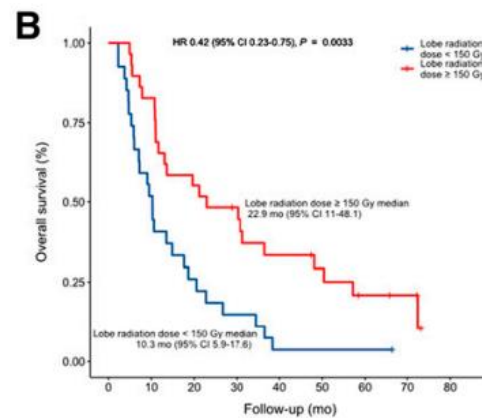
Long-Term Overall Survival After Selective Internal Radiation Therapy for Locally Advanced Hepatocellular Carcinomas: Updated Analysis of DOSISPHERE-01 Trial

J Nucl Med 2024; 65:264-269
DOI: 10.2967/jnumed.123.266211

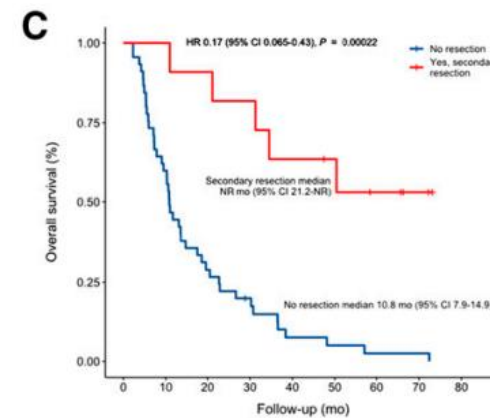
Etienne Garin^{1,2}, Lambros Tselikas³, Boris Guiu⁴, Julia Chalaye⁵, Yan Rolland^{1,6}, Thierry de Baere³, Eric Assenat⁴, Vania Tacher⁵, Xavier Palard¹, Desirée Déandris³, Denis Mariano-Goulart⁴, Giuliana Amaddeo⁵, Karim Boudjema⁷, Antoine Hollebecque³, Mohamad Azhar Meerun⁴, Helen Regnault⁵, Eric Vibert⁸, Boris Campillo-Gimenez^{1,6}, and Julien Edeline^{1,9}



Seuil Tumeur 205 Gy



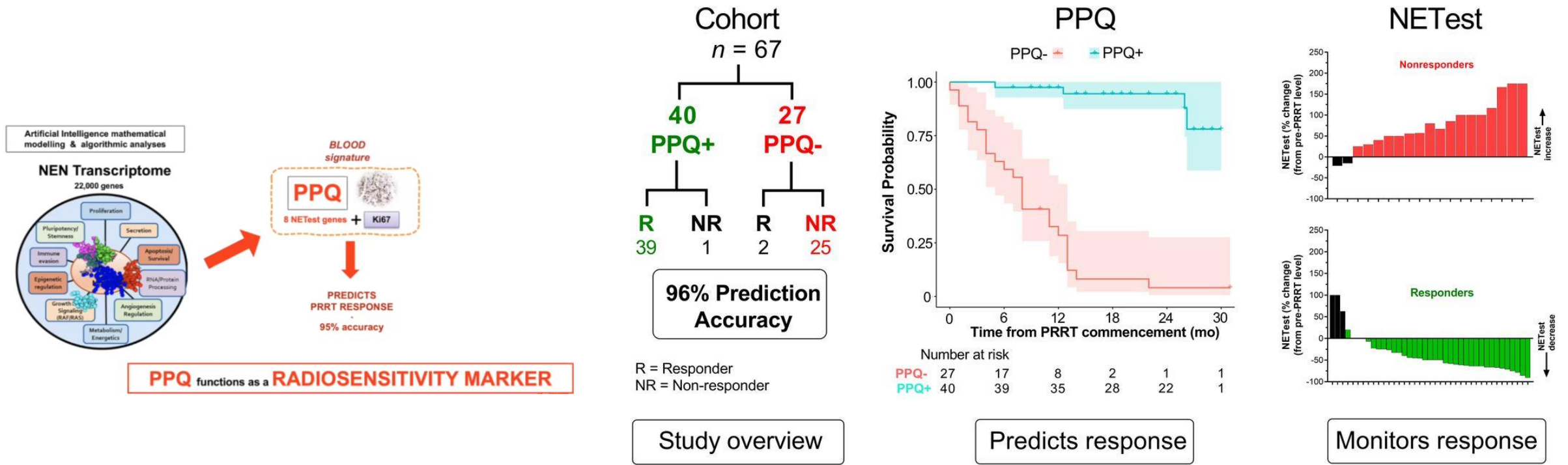
Seuil Lobe 150 Gy



Résection secondaire

Prédicteurs de la réponse: marqueurs biologiques

Tumeurs neuroendocrine et ^{177}Lu DOTATATE



Interim Analysis of a Prospective Validation of 2 Blood-Based Genomic Assessments (PPQ and NETest) to Determine the Clinical Efficacy of ^{177}Lu -DOTATATE in Neuroendocrine Tumors

J Nucl Med 2023; 64:567-573
DOI: 10.2967/jnumed.122.264363

Lisa Bodei^{1,2}, Nitya Raj³, Richard K. Do^{1,2}, Audrey Mauguen⁴, Simone Krebs^{1,2}, Diane Reidy-Lagunes³, and Heiko Schöder^{1,2}

Prédicteurs de la réponse: marqueurs imagerie/ biologie

CPRC et ¹⁷⁷Lu PSMA

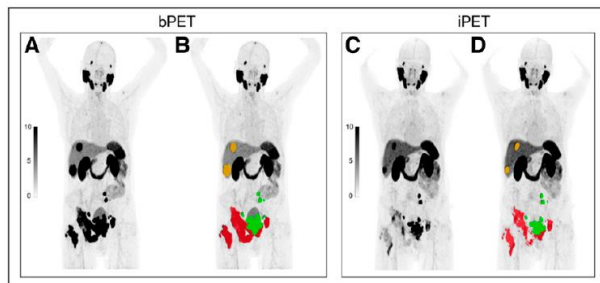
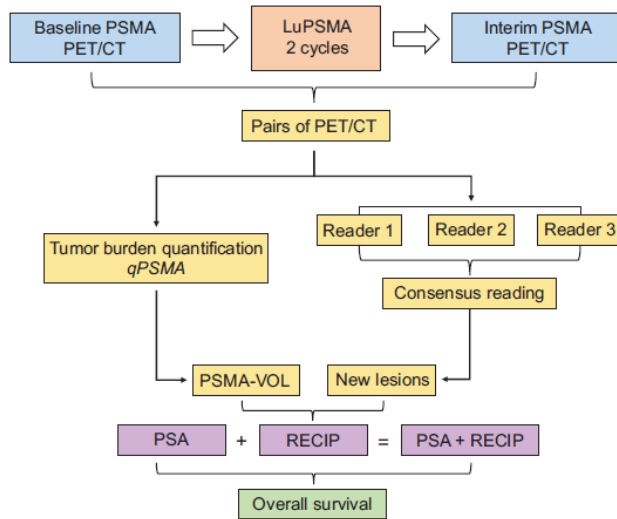
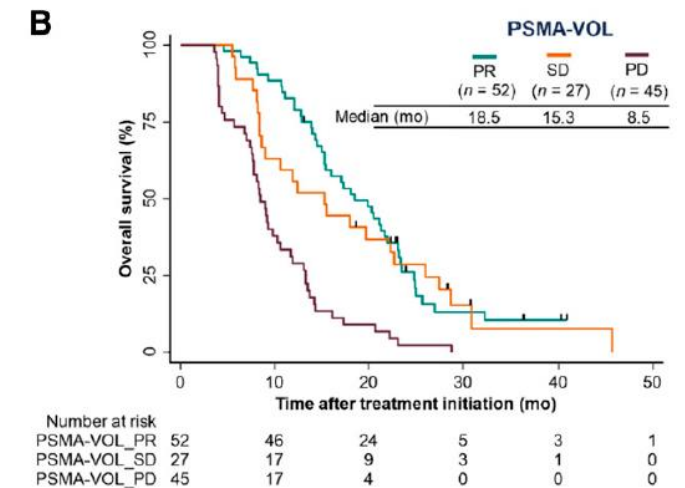
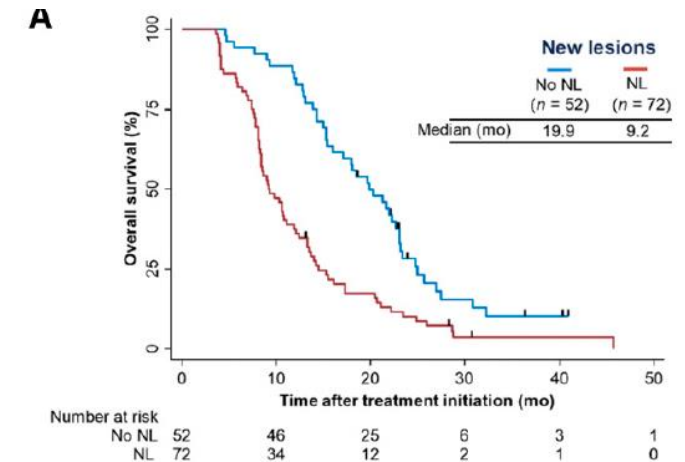


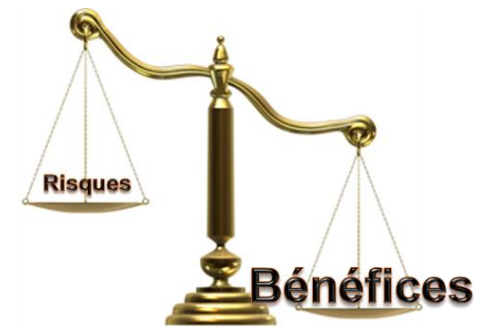
FIGURE 2. Changes in tumor burden on semiautomatic quantitative assessment of ⁶⁸Ga-PSMA-11 PET/CT imaging using qPSMA software. Tumor lesions on bPET and iPET ⁶⁸Ga-PSMA-11 PET/CT scans were segmented. Manual adjustments were performed when necessary. Whole-body PSMA-VOL was extracted. DICOM images (A and C) are uploaded by user, and semiautomatic tumor segmentation (B and D) of bone (red), lymph node (green), and visceral (orange) metastases is obtained.

Definitions of Criteria	
Criterion	Definition
NL (new lesions)	Appearance of at least 1 new PSMA-positive lesion on iPET, which was defined as any new focal uptake of PSMA ligand higher than surrounding background, and each tumor SUV _{max} > mean SUV _{mean}
RECIP	
RECIP-CR	Absence of any PSMA uptake on iPET
RECIP-PR	PSMA-VOL_PR without appearance of new lesions
RECIP-PD	PSMA-VOL_PD with appearance of new lesions
RECIP-SD	Insufficient decline in PSMA-VOL to qualify for PSMA-VOL_PR or PSMA-VOL_PR with appearance of new lesions or insufficient increase in PSMA-VOL to qualify for PSMA-VOL_PD or PSMA-VOL_PD without appearance of new lesions
Response classifications	
PSA	Response: ≥50% decrease; progression: ≥25% increase
RECIP	Response: RECIP-PR; progression: RECIP-PD
PSA + RECIP	Response: PSA ≥ 50% decrease or RECIP-PR/ RECIP-CR; progression: PSA ≥ 25% increase or RECIP-PD

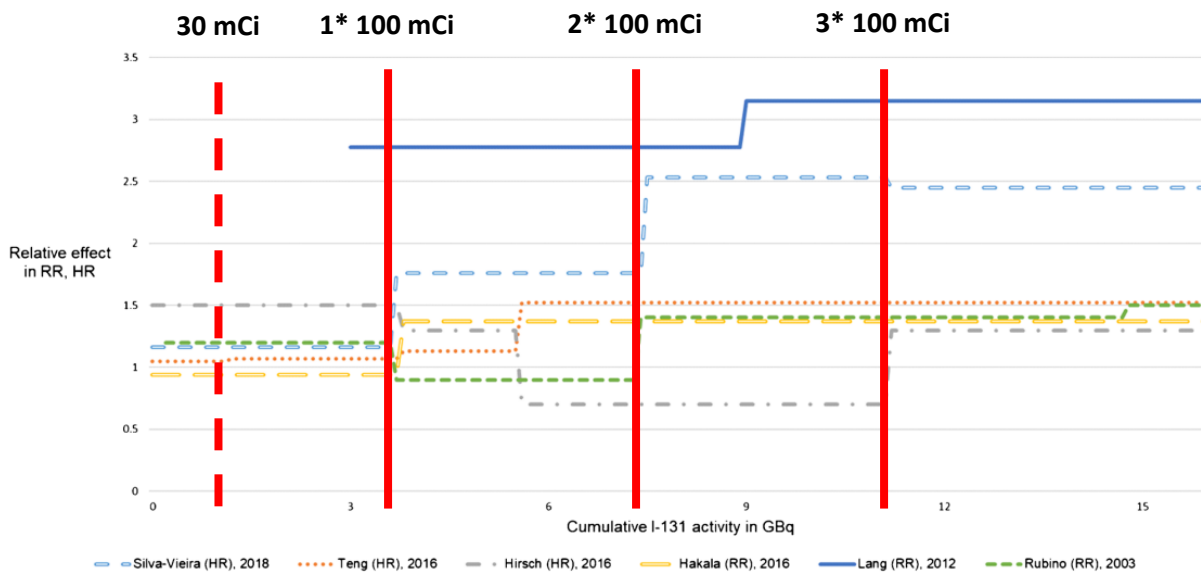
J Nucl Med 2022; 63:1651–1658
DOI: 10.2967/jnumed.121.263072



RIV: cancérogénèse induite (^{131}I)

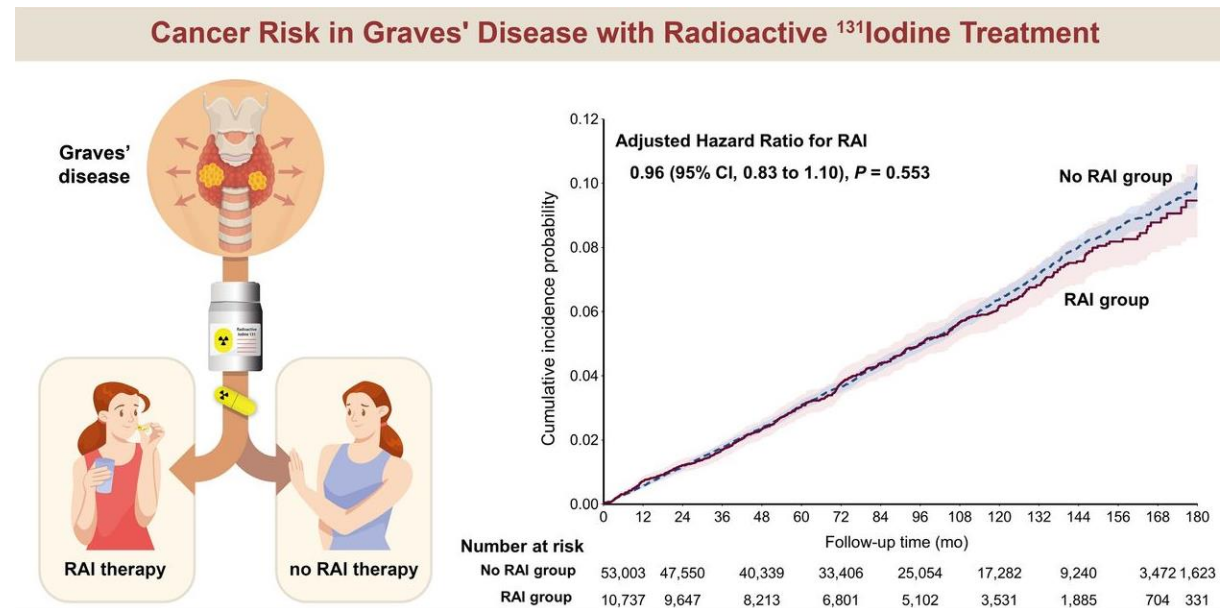


Cancer de la thyroïde (100-300 Gy)



Prouvée si > 700 mCi

Maladie de Basedow (≈ 150 Gy, DEff 10-20 mSv)



Second primary malignancies induced by radioactive iodine treatment of differentiated thyroid carcinoma — a critical review and evaluation of the existing evidence

Maximilian J. Reinecke¹ · Gerrit Ahlers¹ · Andreas Burchert² · Friederike Eilsberger¹ · Glenn D. Flux² · Robert J. Marlowe⁴ · Hans-Helge Mueller³ · Christoph Reiners⁵ · Fenja Rohde¹ · Hanneke M. van Santen^{7,8} · Markus Luster¹

European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging (2022) 49:3247–3256
<https://doi.org/10.1007/s00259-022-05762-4>

Cancer Risk in Graves Disease with Radioactive ^{131}I Treatment: A Nationwide Cohort Study

J Nucl Med 2024; 65:693–699
DOI: 10.2967/jnumed.123.266531

Kyeong Jin Kim*, Jimi Choi*, Kyoung Jin Kim, Eyun Song, Ji Hee Yu, Nam Hoon Kim, Hye Jin Yoo, Ji A Seo, Nan Hee Kim, Kyung Mook Choi, Sei Hyun Baik, and Sin Gon Kim

RIV et radioprotection patient

Etat actuel

- Evolution rapide des connaissances et des pratiques
- En pratique, effets secondaires similaires à la chimiothérapie
- Economie globale de moyens soignants

- La « Vague » de patients arrive en MN ! (taille réelle de la vague ?)
- Dualité Radiophysique-Biologie

Questionnements

- Autorisation de mise sur le marché: dosimétrie ? Activité administré forfaitaire ?
EANM, EMA,
- Dosimétrie en routine ?
- Moyens ?
 - Radiophysique
 - Radiopharmacie
 - Médical (pb compétence oncologique)
 - Paramédical

RIV et radioprotection du personnel soignant

Locaux et matériels

- Risque d'exiguïté des locaux actuels
- Difficulté d'évaluation des besoins réels
- Niveaux d'exposition acceptables (entre patients) ?
- Adaptabilité des fabricants de matériel de radioprotection

Pratiques

- Personnel peu nombreux, hautement qualifié
- Adaptabilité +++
- Nécessité de conserver ce haut niveau de qualification:
 - Formations initiales: DES MN, MERM, PCR, ...
 - Formations continues

RIV et radioprotection de l'entourage: contaminations

Recommandations SFMN

- Basées sur celles de la CIPR et de l'AIEA
- Mise à jour en 2015
- A adapter en cas d'incontinence (pratiques variables)



Fiche d'information à l'usage des patients bénéficiant d'une administration thérapeutique d'iode radioactif

Madame, Monsieur,

Vous allez bénéficier d'un traitement par iode radioactif pour votre maladie thyroïdienne. Ce traitement se fait en une seule prise (souvent par voie orale sous la forme d'une gélule unique, parfois par injection intraveineuse). Il est simple, indolore et nécessaire pour soigner au mieux votre maladie. Ses avantages sont considérables par rapport aux précautions décrites ci-dessous.

Ce traitement est formellement contre indiqué en cas de grossesse. En cas d'allaitement, celui-ci devra être définitivement arrêté.

Le traitement peut parfois entraîner une petite réaction inflammatoire ou gêne au niveau du cou. N'hésitez pas à prévenir le médecin si cette réaction devient gênante.

Pendant quelques jours, votre organisme gardera une partie de l'iode radioactif nécessaire à ce traitement. L'iode non fixé va s'éliminer naturellement de façon progressive dans les selles, la salive et surtout les urines.

Ceci explique qu'il vous est recommandé **de boire abondamment pendant les quelques jours** qui suivront le traitement (que vous soyez hospitalisé ou non) afin de faciliter l'élimination urinaire de l'iode radioactif. De plus, afin de diminuer l'irradiation des glandes salivaires, il est recommandé de sucer des bonbons acidulés ou de rajouter du jus de citron dans votre eau de boisson.

En raison de la présence de l'iode radioactif, vous risquez de soumettre votre entourage à une irradiation faible qui ne présente pas de danger, mais qui, étant inutile pour eux, justifie la mise en œuvre de mesures destinées à la diminuer.

Les principes très généraux pour diminuer cette irradiation sont **de limiter autant que raisonnablement possible la durée des contacts avec les autres personnes et de maintenir une distance d'1 à 2 mètres entre vous et vos proches.**

De ce fait nous vous conseillons quelques précautions à observer :

Vis à vis de votre entourage :

- de limiter le contact avec les enfants et les femmes enceintes ;
- de limiter le contact prolongé et intime avec votre conjoint (baisers, rapports sexuels) et de dormir seul si possible ;
- de limiter les déplacements en transport en commun lorsque la durée de trajet est de l'ordre de plusieurs heures.

Pour vous même :

- boire abondamment si possible de l'eau citronnée ;
- prendre une douche chaque jour et changer de slip ;
- uriner fréquemment, en position assise, et tirer deux fois la chasse d'eau ;
- utiliser les mouchoirs en papier jetable ;
- bien vous laver les mains après être passé aux toilettes ou avant de préparer un repas.

La durée pendant lesquelles ces mesures seront à respecter vous sera communiquée par le médecin nucléaire lors de l'administration thérapeutique et lors de votre sortie de l'hôpital, si vous êtes hospitalisé.

<https://www.cnp-mn.fr/wp-content/uploads/2024/05/consignes-iode-131-OK.pdf>

RIV et radioprotection de l'entourage: irradiations (1)

Feuille de calcul de durée d'éviction

- Groupe de travail Radioprotection
- 1^{ère} diffusion en 2023, évolutive
- Paramètres
 - Pathologie bénigne thyroïde / pathologies malignes
 - Demi-vie biologique estimée du radiopharmaceutique
 - Scénarii (contraintes de doses)

CHAL CENTRE HOSPITALIER HUPH-BOURBONNAIS

Calcul de durées de restriction des contacts après radiothérapie interne vectorisée RIV

établi le mercredi 13 mars 2024

SFMN

sfpm

Num Prénom N°-a-1e	Date du traitement Opérateur Appareillage	BD Berthold
Éléments obligatoires à préciser (en jaune)		
Radiopharmaceutique (menu déroulant)	Iode-131-Bénin	
Débit de dose à 1m (µSv/h) en sortie de chambre		
Taille du patient(e) (cm)		
Éléments optionnels (en bleu)		
Période effective (t) imposée par l'utilisateur (laisser vide sinon)		
Scénario utilisateur (éventuel)	Temps (h)	Distance (m)
Durée à la distance X		
Durée à 1 m (valeur non nulle obligatoire)		1
Limite dosimétrique (mSv)		
Dysthyroïdie - Activité administrée (MBq)	0	
Dysthyroïdie - Taux de fixation (%)	0	
Période effective retenue en jours : 5,10 Période effective retenue en heures : 122,4		
Scénario	Durée restriction (jours)	Conditions
Contact avec le (la) conjoint(e) > 60 ans	#DIV/0!	8 h à 0,3 m et 3 h à 1 m, limite 15 mSv
Contact avec le (la) conjoint(e) < 60 ans	#DIV/0!	8 h à 0,3 m et 3 h à 1 m, limite 3 mSv
Contact avec la conjointe enceinte	#DIV/0!	8 h à 0,3 m et 3 h à 1 m, limite 1 mSv
Transport en commun	#DIV/0!	3 h à 0,5 m, limite 1 mSv
Contact avec un enfant (<3 ans) au retour à la maison	#DIV/0!	9 h à 1 m, limite 1 mSv
Contact avec un enfant (entre 3 et 11 ans) au retour à la maison	#DIV/0!	2 h à 0,5 m et 2 h à 1 m, limite 1 mSv
Contact avec des collègues de travail	#DIV/0!	6 h à 1 m, limite 1 mSv
Scénario utilisateur	-	h à m et h à 1 m, limite mSv

RIV et radioprotection de l'entourage: irradiations (2)

Scénarii

Scénario	Durée restriction (jours)	Conditions
Contact avec le (la) conjoint(e) > 60 ans		8 h à 0,3 m et 3 h à 1 m, limite 15 mSv
Contact avec le (la) conjoint(e) < 60 ans		8 h à 0,3 m et 3 h à 1 m, limite 3 mSv
Contact avec la conjointe enceinte		8 h à 0,3 m et 3 h à 1 m, limite 1 mSv
Transport en commun		3 h à 0,5 m, limite 1 mSv
Contact avec un enfant (<3 ans) au retour à la maison		9 h à 1 m, limite 1 mSv
Contact avec un enfant (entre 3 et 11 ans) au retour à la maison		2 h à 0,5 m et 2 h à 1 m, limite 1 mSv
Contact avec des collègues de travail		6 h à 1 m, limite 1 mSv
Scénario utilisateur	-	h à m et h à 1 m, limite mSv

Contrainte de doses pour entourage
(recommandations CIPR)

Demi-vies retenues

- Mesure individuelle compliquée
- Estimation collective très variable
- Ni trop basses (exposition induite de l'entourage)
- Ni trop hautes (recommandations non suivies)

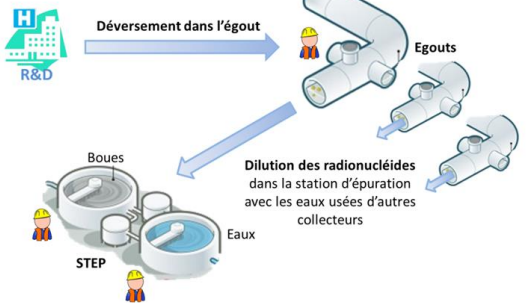
- Méthodologie à compléter pour les pathologies bénignes de la thyroïde
- Consensus en cours avec ASN et IRSN

CIDRRE cidrre.irsn.fr

Calcul d'Impact des Déversements Radioactifs dans les Réseaux
(convention avec partenaires)

RIV et déchets liquides

Etablissements procédant au déversement de radionucléides



© Copyright 2017-2024 - IRSN

Contact | Liens | Mentions légales



RIV et déchets liquides 2: CIDRRE



CIDRRE

Accueil Comprendre l'impact Calcul de l'impact

Calcul d'Impact des Déversements Radioactifs dans les REseaux



CIDRRE

Accueil Comprendre l'impact Calcul de l'impact

Calcul d'Impact des Déversements Radioactifs dans les REseaux



Radionucléides

<input type="checkbox"/> C-11	<input checked="" type="checkbox"/> F-18	<input type="checkbox"/> Cr-51	<input type="checkbox"/> Cu-64	<input type="checkbox"/> Cu-67	<input type="checkbox"/> Zn-65
<input type="checkbox"/> Ga-67	<input type="checkbox"/> Ga-68	<input type="checkbox"/> Rb-82	<input type="checkbox"/> Rb-86	<input type="checkbox"/> Sr-89	<input type="checkbox"/> Y-90
<input type="checkbox"/> Zr-89	<input checked="" type="checkbox"/> Tc-99m	<input type="checkbox"/> In-111	<input type="checkbox"/> I-123	<input type="checkbox"/> I-124	<input type="checkbox"/> I-125
<input type="checkbox"/> I-129	<input checked="" type="checkbox"/> I-131 ambu.	<input type="checkbox"/> I-131 hosp.	<input type="checkbox"/> Sm-153	<input type="checkbox"/> Tb-149	<input type="checkbox"/> Ho-166
<input type="checkbox"/> Er-169	<input type="checkbox"/> Lu-177m	<input type="checkbox"/> Lu-177 sans cuve	<input type="checkbox"/> Lu-177 cuve 6h	<input type="checkbox"/> Lu-177 cuve 24h	<input type="checkbox"/> Re-186
<input type="checkbox"/> Re-188	<input type="checkbox"/> Tl-201	<input type="checkbox"/> Pb-212+	<input type="checkbox"/> Bi-212+	<input type="checkbox"/> Bi-213+	<input type="checkbox"/> At-211
<input type="checkbox"/> Ra-223+	<input type="checkbox"/> Ac-225+				

+ de RN >>

Activité annuelle administrée par les services (en MBq/an)

F-18	Tc-99m	I-131 ambu.
500000	10000000	40000

Débit d'eau annuel usée rejeté** (en m³/an)

Débit d'eau entrant moyen dans la STEP (en m³/j)

-> disponible via le portail d'information sur l'assainissement communal

Calculer

** Il s'agit du débit d'eau usée rejeté par l'établissement.

- NB :
- Pour les radionucléides suivis du signe « + », la dose tient compte des descendants à l'équilibre séculaire.
 - Vous devez entrer des valeurs entières pour les activités des radionucléides ainsi que pour les débits d'eau.

NB: limitation pour les centres isolés

Dose efficace annuelle (en μSv/an)

reçue par les travailleurs des réseaux de collecte et des stations d'épuration (STEP) pour un rejet de radionucléides dans 50000 m³/an d'eaux usées, en considérant un débit d'eau entrant moyen dans la STEP de 100000 m³/j

Tous les chiffres sont arrondis au μSv/an supérieur !

RN	EGOUTIER		STEP	STEP	EVACUATION	EPANDAGE
	EMERGE	IMMERGE	File eaux	File boues	boues	boues
	μSv/an	μSv/an	μSv/an	μSv/an	μSv/an	μSv/an
F-18 (rejet de 500000 MBq/an - Med.nuc.)	37	45	1	1	0	0
Tc-99m (rejet de 10000000 MBq/an - Med.nuc.)	170	240	1	2	1	1
I-131 ambu. (rejet de 40000 MBq/an - Med.nuc.)	4	5	1	17	11	11
Σ ERn	211	290	1	18	11	11

Nouveau calcul

Export Excel

Tous les résultats sont satisfaisants (< 1000 μSv/an) !

Σ ERn représente la somme des doses efficaces perçue par une catégorie de travailleur pour les radionucléides sélectionnés.

© Copyright 2017-2024 - IRSN.

Contact | Liens | Mentions légales

Merci à l'IRSN !

RIV et déchets solides

Position des problèmes

- ↑ traitements chez patients âgés =>
↑ protections souillées dans le circuit général
(malgré les consignes, hétérogénéité entre centres de RIV) =>
↑ détections aux portails des centres de traitement
- Contaminations : très rares
- Irradiations: en augmentation, rarement > 1 mSv
- Personnel nombreux, souvent mal formé

Répercussions sociétales

- Prise en charge souvent chaotique
(médecins urgentistes souvent mal formés)
- Désorganisation
 - du centre de traitement
 - du circuit médical
- Saisine peu productive des services administratifs
- Coût financier collectif conséquent
- Information anxiogène dans les journaux
- Pression du public pour un environnement « sûr »

Conclusion

Opportunités

- Nouvel outil thérapeutique efficace
- Pathologies lourdes fréquentes
- Dualité Radiophysique-Biologie
- Economies de santé à long terme

Challenges

- Adaptation des professionnels (médecins nucléaires +++)
- Locaux adaptés
- Feuille durée d'éviction de l'entourage
- Gestion des déchets solides
- Dépenses à court terme
- Probable petite augmentation de la dose collective (hors patients)
- Communication sur les répercussions sociétales +++



Merci pour votre attention.

bdenizot@ch-alpes-leman.fr