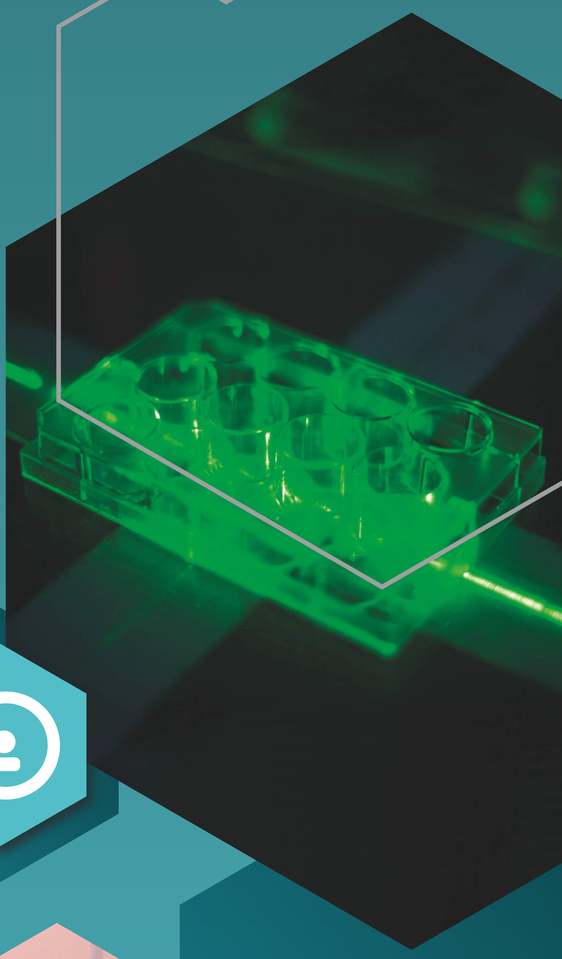
DES RAYONS POUR SOIGNER



5.1 Conception : Direction de la communication de l'ASNR – Janvier 2025
Conception et réalisation graphiques : www.kazoar.fr – Pictos : Freepik, Kazoar – Photos : Francesco Acerbis/Médiathèque ASNR, Laurent Zylberman/Graphix-Images/Médiathèque ASNR
Reproduction interdite sans l'accord de l'ASNR. Pour toute information : expo@asnr.fr

ASNR Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection

DES RAYONS POUR SOIGNER

LA RADIOACTIVITÉ À L'HÔPITAL

Des rayonnements ionisants et des substances radioactives sont utilisés pour **identifier une maladie ou la soigner**. Des précautions doivent être prises afin que les bénéfices soient supérieurs aux risques.

Les hôpitaux accueillent des unités de diagnostic, de production, de traitement et de gestion des déchets radioactifs utilisés pour traiter les patients.

DIAGNOSTIQUER

Les rayons X et gamma permettent de visualiser l'intérieur du corps humain sans avoir besoin d'opérer.

On appelle cela **l'imagerie médicale.**

IMAGERIE PAR TRANSMISSION…

On place le patient entre une source de rayonnements et un détecteur. C'est le cas des radiographies classiques et des scanners, faits avec des rayons X.

Les rayons sont plus ou moins atténués selon les parties du corps traversées. Les tumeurs, fractures ou infections interagissent différemment avec les rayons et donnent une imagerie différenciée que les médecins savent reconnaître.

… OU PAR ÉMISSION

On injecte au patient une substance radioactive.

La substance voyage jusqu'à une zone spécifique et émet des rayons gamma depuis l'intérieur du corps.

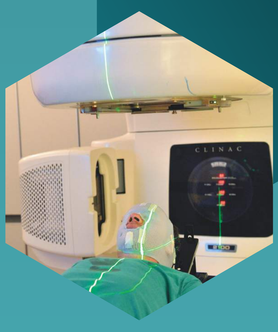
À l'extérieur, les rayons sont captés par une caméra. C'est le cas de la scintigraphie.

TRAITER

On peut utiliser les rayonnements directement pour soigner.

L'irradiation a alors pour but de détruire une tumeur cancéreuse par exemple, tout en épargnant les tissus sains.

On appelle ce procédé **la radiothérapie.**



EN DÉBAT DES RAYONS, PAS PLUS QUE DE RAISON

La radiologie c'est un peu comme les antibiotiques : ça ne doit pas être automatique.

Les professionnels de santé doivent veiller à ne pas recourir systématiquement aux rayonnements ionisants lorsqu'il existe des solutions alternatives, par exemple l'imagerie par résonance magnétique (IRM) ou l'échographie, qui ne présentent pas de risques.

La France dispose de moins de 14 IRM par million d'habitants, alors que la moyenne en Europe de l'Ouest est proche de 20.

Chaque année, des dizaines de millions de radiographies et de scanners sont réalisées en France et plus de 200 000 personnes sont traitées par radiothérapie.

L'utilisation des rayonnements ionisants dans le domaine médical a une réelle efficacité. Sur la période 1989-2010, on observe une amélioration de la survie nette standardisée à 5 ans pour la plupart des cancers.

5.2 Conception : Direction de la communication de l'ASNR – Janvier 2025
Conception et réalisation graphiques : www.kazoar.fr – Pictos : Freepik, Kazoar – Photos : Philippe Castano/Médiathèque ASNR, Noak/Le bar floréal/Médiathèque ASNR, Laurent Zylberman/Graphix-Images/Médiathèque ASNR
Reproduction interdite sans l'accord de l'ASNR. Pour toute information : expo@asnr.fr

ASNR Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection

DES RAYONS POUR SOIGNER

DIAGNOSTIQUER

Pour révéler l'intérieur d'un corps, on peut y introduire de la radioactivité ou bien l'exposer temporairement à des rayons. Il faut cependant bien maîtriser les doses.

IMAGERIE PAR ÉMISSION

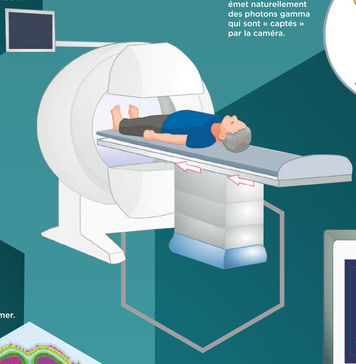
On injecte au patient un produit radioactif, appelé traceur 1.
On choisit ce traceur pour qu'il aille se fixer sur l'organe à étudier.

Comme une lampe dans l'obscurité, les rayons émis par le traceur permettent d'obtenir une image de l'organe à l'intérieur du corps.

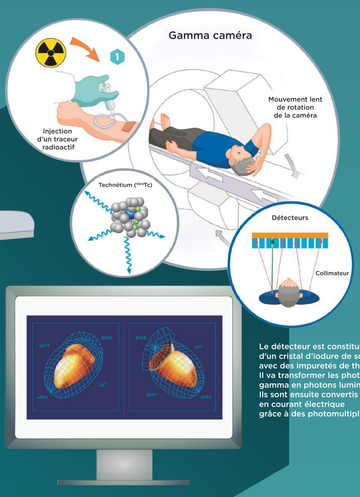
Pour cela, on utilise des produits qui perdent leur radioactivité rapidement : il faut injecter le minimum de radioactivité nécessaire pour que le patient soit le moins exposé possible.

EXEMPLES DE TECHNIQUES

La scintigraphie conventionnelle ou Tomographie d'émission monophotonique (TEMP)
Exemple de diagnostic : thyroïde.
Traceur : iode 123 ou technétium 99m.
Rayons émis : gamma.
Dose moyenne : 4 mSv.

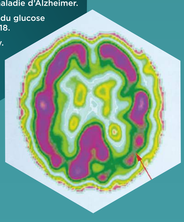


Le traceur radioactif émet naturellement des photons gamma qui sont « captés » par la caméra.



Le détecteur est constitué d'un cristal d'iodure de sodium (NaI) avec des impuretés de thallium (Tl). Il va transformer les photons gamma en photons lumineux. Ils sont ensuite convertis en courant électrique grâce à des photomultiplicateurs.

La tomographie par émission de positon (TEP)
Exemple de diagnostic :
diagnostic cérébral, maladie d'Alzheimer.
Traceur : un analogue du glucose marqué avec du fluor 18.
Dose moyenne : 7 mSv.

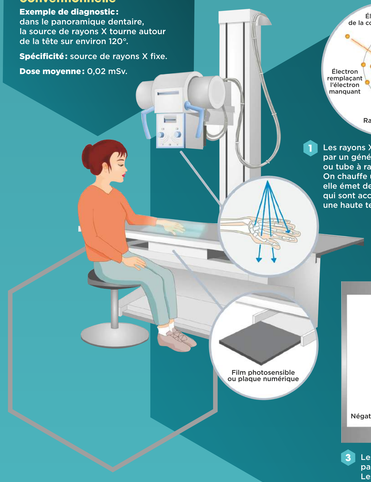


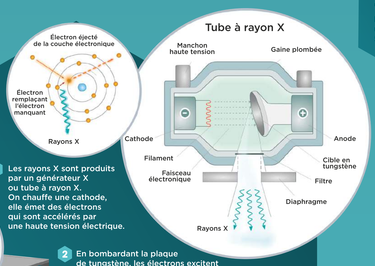
IMAGERIE PAR TRANSMISSION

On irradie directement le patient avec des rayons X. En plaçant un détecteur derrière le patient, on peut dresser une carte de l'intérieur de son corps. Plus un tissu est dense, plus il atténue les rayons. Ainsi, les os et les tumeurs apparaissent clairement.

EXEMPLES DE TECHNIQUES

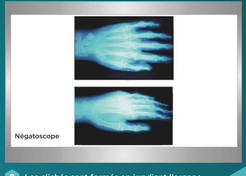
La radiographie conventionnelle
Exemple de diagnostic :
dans le panoramique dentaire, la source de rayons X tourne autour de la tête sur environ 120°.
Spécificité : source de rayons X fixe.
Dose moyenne : 0,02 mSv.





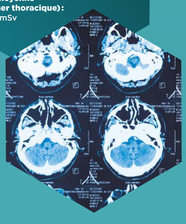
1 Les rayons X sont produits par un générateur X ou tube à rayon X.
On chauffe une cathode, elle émet des électrons qui sont accélérés par une haute tension électrique.

2 En bombardant la plaque de tungstène, les électrons excitent transitoirement les atomes de la plaque. Le retour à un état stable de ces atomes entraîne l'émission de rayons X.

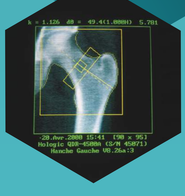


3 Les clichés sont formés en irradiant l'organe par des rayons X.
Les photons qui traversent l'organe sont arrêtés par un détecteur placé de l'autre côté.
La quantité de photons absorbés dépend de la composition chimique des tissus traversés.
Plus les tissus sont denses, plus ils arrêtent les photons.

Le scanner
Exemple de diagnostic :
scanner thoracique
Spécificité : source de rayons X mobile. Permet une radio par tranche et une reconstruction 3D.
Dose moyenne (scanner thoracique) :
5 à 10 mSv



Ostéodensitométrie
Exemple de diagnostic : hanche
Spécificité : deux sources de rayons X. Permet une mesure du contenu minéral osseux et de la densité osseuse.
Dose moyenne : 0,001 mSv



5.3 Conception : Direction de la communication de l'ASNR – Janvier 2025
Conception et réalisation graphiques : www.kazoar.fr – Pictos : Freepik, Kazoar – Illustrations : Corinne Beurtey/CEA – Photos : Cavallini James/BSIP, Yves Rousseau/BSIP, Laurent H. Americain/BSIP
Reproduction interdite sans l'accord de l'ASNR. Pour toute information : expo@asnr.fr

ASNR Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection

DES RAYONS POUR SOIGNER

TRAITER

Le **pouvoir destructeur** des rayonnements est utilisé pour traiter des tumeurs. Fonctionnant comme une sorte de laser, ils sont capables d'atteindre et de détruire des tumeurs à l'intérieur du corps. Plusieurs modes de traitement existent.

LA RADIOTHÉRAPIE EXTERNE

est un traitement utilisé chez plus de la moitié des patients atteints d'un cancer.

Il consiste à focaliser les rayonnements issus d'un accélérateur de particules ou d'un générateur de rayons X sur des cellules cancéreuses, afin de les détruire ou d'en bloquer la multiplication.

EN CURIETHÉRAPIE,

une source radioactive est placée temporairement ou de façon permanente à l'intérieur du patient. La source délivre alors localement des rayons sur la tumeur à soigner.

La curiethérapie est couramment utilisée pour traiter le cancer du col de l'utérus, de la prostate et de la peau. La source ne reste en place de façon permanente que dans le cas du cancer de la prostate.

LA RADIOCHIRURGIE ET LA RADIOTHÉRAPIE STÉRÉOTAXIQUE

sont des techniques de radiothérapie externe qui utilisent des rayonnements à forte dose et ultra-précis, à la façon d'un scalpel immatériel, pour détruire une tumeur. La précision est plus grande qu'en radiothérapie classique.

Parmi ces appareils, on trouve notamment le Gamma Knife®, le CyberKnife® et les collimateurs multilames. En 2019, on dénombrait en France 19 CyberKnife® et 5 Gamma Knife®.

EN RADIOTHÉRAPIE MÉTABOLIQUE,

on administre au patient un produit radioactif qui va se fixer sur l'organe cible. La technique est similaire à la scintigraphie.

On utilise des substances permettant d'irradier au plus près les cellules malades, en évitant au maximum que les rayonnements n'atteignent les cellules saines.

EN DÉBAT
BIENFAITS ET DANGERS DE LA RADIOTHÉRAPIE

La radiothérapie est réellement efficace. Plus de 200 000 personnes sont traitées chaque année.

Des protocoles très précis permettent de concentrer l'irradiation sur le tissu malade pour éviter de toucher d'autres organes et l'apparition de cancers secondaires. On fractionne la dose en plusieurs séances et l'irradiation se fait selon différents angles.

Des progrès considérables ont été accomplis dans ce domaine ces dernières années.

La radiothérapie utilise de fortes doses de rayonnements.

Il existe un risque de provoquer des lésions, voire un cancer secondaire, si l'on irradie les tissus sains et les organes avoisinant la tumeur, qui peuvent être des organes à risque.

5.4 Conception : Direction de la communication de l'ASNR – Janvier 2025
Conception et réalisation graphiques : www.kazoar.fr – Pictos : Freepik, Kazoar – Photos : Laurent Zylberman/Graphix-Images/Médiathèque ASNR, agefotostock/Alamy Stock Photo, monkeybusinessimages/IStock, Laurent Vaulont/Médiathèque ASNR
Reproduction interdite sans l'accord de l'ASNR. Pour toute information : expo@asnr.fr

ASNR Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection

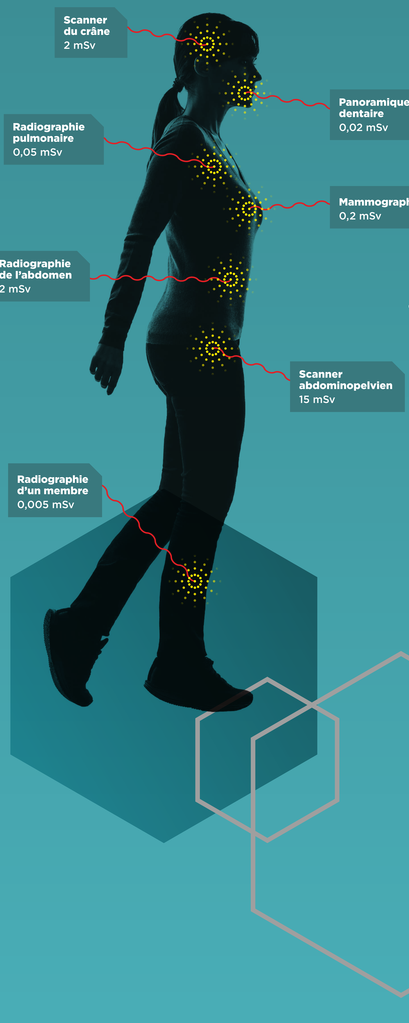
DES RAYONS POUR SOIGNER

IMAGERIE MÉDICALE : LIMITER LES DOSES

Attention à la multiplication des examens non justifiés.

PRUDENCE
AVEC LES RADIOGRAPHIES ET LES SCANNERS

Bien qu'ils soient utilisés à des fins médicales, les rayonnements présentent des risques et doivent être utilisés avec précaution.



QUELQUES CONSEILS
DE VOTRE CÔTÉ

LES RAYONS X, CE N'EST PAS AUTOMAT'X

Ne demandez pas une radiographie ou un scanner à votre médecin juste pour vous rassurer. Seul votre médecin peut juger de l'intérêt de réaliser un tel examen.

De plus, demandez à votre médecin pourquoi, dans votre cas, une radio ou un scanner est préférable à un examen d'imagerie n'utilisant pas les rayons X, comme l'échographie ou l'IRM.

SOYEZ VIGILANTS

Conservez et apportez vos clichés et comptes rendus d'examens. S'ils sont récents, vous n'aurez peut-être pas besoin de les refaire. De plus, veillez à ce que la dose de rayonnement reçue lors de l'examen figure dans votre compte rendu, pour un meilleur suivi.

ATTENTION AUX PLUS JEUNES

Parce que leurs organes sont en croissance, les enfants sont plus sensibles aux rayons X que les adultes. Il convient donc d'être particulièrement attentif aux plus jeunes et aux femmes enceintes.

QUELQUES CONSEILS
DU CÔTÉ DU PERSONNEL SOIGNANT

MINIMISER LE TEMPS D'EXPOSITION

Ne pas rester dans la salle quand un cliché radiologique est réalisé.

SE PROTÉGER

Utiliser des protections individuelles qui absorbent les rayons : port de tabliers plombés, de lunettes plombées et de cache-thyroïde, utilisation de paravents plombés mobiles.

AUGMENTER LA DISTANCE

En multipliant par 2 la distance, on divise par 4 la dose reçue. Exemple pratique : utiliser des pinces pour manipuler les sources radioactives.

Augmentation des doses

Partout dans le monde, on a de plus en plus recours à l'imagerie médicale (scanners…).

Si le recours à une imagerie de plus en plus performante permet de diminuer la dose reçue, il faut néanmoins **rester vigilant !**

ANALYSES
EN FRANCE

Flashez les QR codes suivants et découvrez :

- l'analyse de l'exposition des Français liée aux diagnostics
- l'analyse des doses reçues en France par les patients

5.5 Conception : Direction de la communication de l'ASNR – Janvier 2025
Conception et réalisation graphiques : www.kazoar.fr – Pictos : Freepik, Kazoar – Photo : snaptitude/AdobeStock
Reproduction interdite sans l'accord de l'ASNR. Pour toute information : expo@asnr.fr

ASNR Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection

DES RAYONS POUR SOIGNER

RADIOTHÉRAPIE : MAÎTRISER LES RISQUES

Des compétences, des protocoles, des appareils très surveillés.

LE GRAY

est utilisé pour mesurer l'énergie due à la quantité de rayonnement reçue.

RADIOTHÉRAPIE : LA BONNE CONDUITE

MAÎTRISER LE RAPPORT BÉNÉFICE/RISQUE

Dans le cadre d'une radiothérapie, le médecin doit optimiser la dose pour avoir à la fois :

- le maximum de chance de détruire définitivement les tissus malades ou une tumeur cancéreuse. C'est la notion de **dose de contrôle** ;
- le minimum de risque de provoquer des complications ou cancers secondaires. C'est la notion de **dose de tolérance.**

Si l'on minimise la dose prescrite, on protège les tissus sains mais on prend le risque que le patient ne soit pas soigné (sous-irradiation). Inversement, si l'on prescrit une dose trop forte, on augmente l'efficacité du traitement mais on prend le risque de générer des effets secondaires indésirables. L'objectif est donc de trouver un compromis entre l'efficacité du traitement et les effets secondaires.

ESPACER LES DOSES

Le médecin doit répartir la dose sur plusieurs séances pour permettre aux tissus sains de se régénérer.

MAÎTRISER LA TECHNOLOGIE

Le réglage et la maintenance des appareils doivent être réalisés avec rigueur.

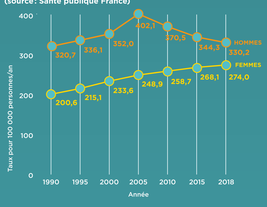
CONTRÔLER RÉGULIÈREMENT

L'ASNR contrôle régulièrement l'ensemble des centres de radiothérapie, elle est particulièrement attentive aux facteurs humains et organisationnels. L'ASNR sensibilise les professionnels avec des publications et des formations.

LES CHIFFRES DES CANCERS DÉTECTÉS

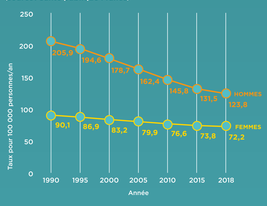
Le nombre de cancers a augmenté depuis une trentaine d'années. Cette augmentation est notamment due au vieillissement de la population et à l'évolution des techniques de diagnostic.

Évolution de l'incidence des cancers de 1990 à 2018 selon le sexe (source: Santé publique France)



La mortalité par cancer a cependant baissé, du fait de l'évolution des techniques médicales.

Évolution de la mortalité par cancer de 1990 à 2018 selon le sexe (source: Santé publique France)



L'espérance de survie à 5 ans à la suite d'un cancer reste très inégale aujourd'hui. Certains cancers sont très bien soignés, comme le cancer de la prostate, mais d'autres sont mortels pour plus de 8 patients sur 10, comme le cancer du poumon.

Plus de 200 000 patients sont traités en radiothérapie chaque année en France.

IRRADIÉ MAIS PAS CONTAMINÉ !

En radiothérapie externe, une fois la séance en salle de traitement terminée, le patient n'emporte avec lui aucune radioactivité. Son entourage ne court **aucun risque.**

Rendez-vous sur sur le site **e-cancer.fr** pour télécharger le **guide du patient** (rubrique Expertises et publications) mais aussi découvrir les modes de **traitements et les effets secondaires** (rubrique Patients et proches/Se faire soigner).

Flashez ce QR code pour y accéder.

5.6 Conception : Direction de la communication de l'ASNR – Janvier 2025
Conception et réalisation graphiques : www.kazoar.fr – Pictos : Freepik, Kazoar – Photo : snaptitude/AdobeStock
Reproduction interdite sans l'accord de l'ASNR. Pour toute information : expo@asnr.fr

ASNR Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection

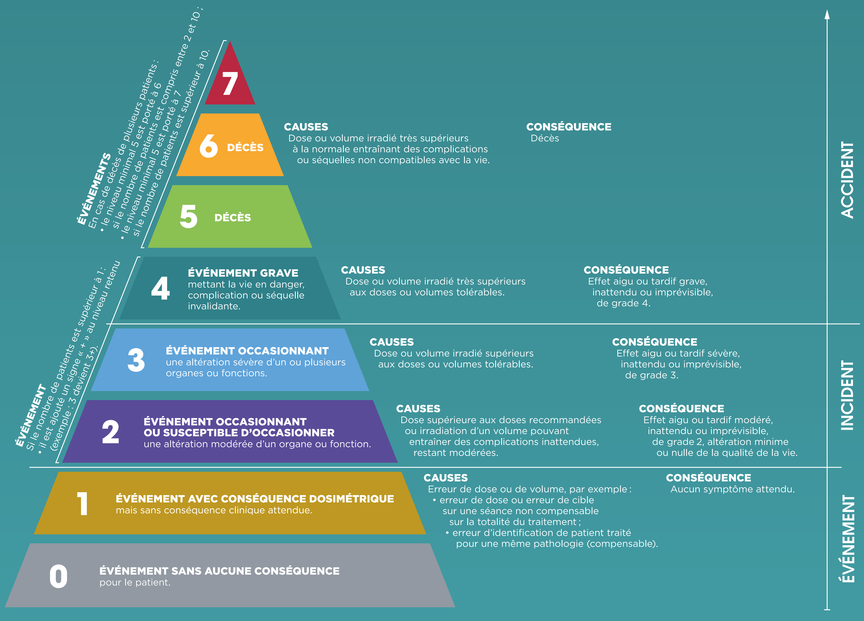
DES RAYONS POUR SOIGNER

LES ACCIDENTS DE RADIOTHÉRAPIE

Des erreurs de positionnement et de dosage ont déjà été commises en radiothérapie en France et dans le monde. Les contrôles doivent être réguliers et le retour d'expérience pris en compte.

UNE ÉCHELLE DE CLASSEMENT

L'échelle ASNR-SFRO permet d'informer sur la gravité des évènements en radiothérapie : erreur de positionnement du patient, erreur de dose…



ACCIDENT D'ÉPINAL 2004/2005

Entre mai 2004 et août 2005 au centre hospitalier Jean-Monnet d'Épinal (Vosges), 24 patients traités pour un cancer de la prostate ont reçu une dose trop importante à cause d'une mauvaise utilisation du logiciel de planification du traitement.

Certains sont décédés des suites de cette surexposition. Il est apparu lors de l'enquête que d'autres dysfonctionnements ont causé la surexposition de 5 000 patients.

Les manipulateurs radio appuyaient sur le mauvais bouton…

Aujourd'hui en France du 13/10/2006

ACCIDENT DE TOULOUSE 2006/2007

Entre avril 2006 et avril 2007, des erreurs d'étalonnage de l'appareil de radiochirurgie du CHU de Toulouse ont entraîné la surexposition de 145 patients.

Certains ont subi des complications neurologiques sévères à la suite de l'accident.

EXCLUSIF 145 malades irradiés à Toulouse

145 malades irradiés à l'hôpital de Toulouse

Aujourd'hui en France du 23/05/2007

LES ENSEIGNEMENTS DU PASSÉ

À la suite des accidents graves d'Épinal et de Toulouse, les pouvoirs publics ont pris des mesures drastiques :

- examen des pratiques des 178 centres de radiothérapie privés et publics, avec pour résultat la fusion ou la fermeture de ceux qui ne respectaient pas les exigences ;
- recrutement de physiciens médicaux supplémentaires, spécialisés dans la gestion des rayonnements et des appareils associés ;
- large renouvellement du parc de matériel et augmentation du nombre d'appareils de traitement ;
- spécialisation des accélérateurs disponibles avec l'apparition et la diffusion de machines dédiées ;
- obligation de suivre les patients pendant 5 ans après la fin des traitements ;
- obligation de déclarer à l'ASNR tout incident ou accident ;
- obligation pour les centres de formaliser les pratiques (assurance qualité) ;
- obligation pour les centres d'analyser tout dysfonctionnement y compris ceux sans gravité.

LES INSPECTEURS ET LES EXPERTS DE L'ASNR

L'utilisation de substances radioactives et de rayonnements à l'hôpital engendre un risque qu'il faut maîtriser.

L'ASNR réalise donc des contrôles et des expertises dans l'intérêt des patients comme du personnel soignant.

5.7 Conception : Direction de la communication de l'ASNR – Janvier 2025
Conception et réalisation graphiques : www.kazoar.fr – Pictos : Freepik, Kazoar – Illustration : Kazoar – Photos : Aujourd'hui en France
Reproduction interdite sans l'accord de l'ASNR. Pour toute information : expo@asnr.fr

ASNR Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection

DES RAYONS POUR SOIGNER

LES PRODUITS UTILISÉS

De nombreuses substances radioactives sont utilisées à l'hôpital. Elles ont chacune des spécificités qui les rendent efficaces pour des organes particuliers.

QUELS PRODUITS POUR QUELS USAGES ?

TECHNÉTIUM 99m (INJECTION)

Demi-vie : 6,02 heures

Le technétium 99m est le produit le plus utilisé en imagerie médicale. Associé à différentes molécules, il permet l'exploration d'un nombre important d'organes (thyroïde, os, cœur, reins, poumons…).

Sa demi-vie est assez longue pour suivre les processus physiologiques, mais assez courte pour limiter l'irradiation du patient.

L'énergie de son rayonnement est idéale : suffisante pour traverser les tissus vivants et pour pouvoir être détectée commodément mais assez faible pour limiter l'exposition du patient.

IODE 123 (INJECTION)

Demi-vie : 13 heures

L'iode 123 est un isotope de l'iode utilisé pour étudier la thyroïde car il se fixe naturellement sur celle-ci. Ses radiations riches en photons gamma de faible énergie et sa demi-vie courte en font un agent bien adapté à l'imagerie.

IODE 131 (GÉLULE / RADIOTHÉRAPIE)

Demi-vie : 8,2 jours

L'iode 131 est un autre isotope de l'iode. Ses radiations riches en particules bêta et sa demi-vie relativement longue en font un élément dédié au traitement des pathologies thyroïdiennes.

On l'utilise pour l'ablation de nodules thyroïdiens hyperactifs, pour le traitement de certaines formes d'hyperthyroïdie et pour la recherche et l'ablation de tumeurs thyroïdiennes.

SAMARIUM 153 (INJECTION / RADIOTHÉRAPIE)

Demi-vie : 46,8 heures

Le samarium 153 est utilisé en radiothérapie symptomatique, principalement pour soulager les douleurs dues aux métastases osseuses d'un cancer.

FLUOR 18 (INJECTION)

Demi-vie : 110 minutes

Il est utilisé en imagerie médicale. Ses rayonnements ont un faible parcours dans le corps et permettent une image précise. Sa demi-vie est très courte, moins de 2 heures, ce qui limite la contamination et l'exposition du patient. Il est essentiellement utilisé en oncologie.

THALLIUM 201 (INJECTION)

Demi-vie : 3 jours

Le thallium 201 est un isotope radioactif utilisé en scintigraphie cardiaque. Longtemps utilisé, il tend à être délaissé au profit de marqueurs plus récents.

YTTRIUM 90 (INJECTION/RADIOTHÉRAPIE)

Demi-vie : 2,7 jours

L'yttrium 90 est utilisé en radiothérapie. Il est injecté au patient sous forme de microsphères pour soigner principalement le cancer du foie. Les microsphères en résine vont se fixer dans les capillaires du foie et ceux irriguant la tumeur à détruire.

GALLIUM 68 (INJECTION)

Demi-vie : 68 minutes

Cet isotope est similaire au fluor 18 dans ses caractéristiques physiques et est utilisé comme lui en imagerie médicale en oncologie. Son application principale actuelle concerne le diagnostic des tumeurs neuroendocrines digestives. Il devrait être autorisé prochainement en France pour le diagnostic des cancers de la prostate.

INDIUM 111 (INJECTION)

Demi-vie : 2,8 jours

Un traceur marqué à l'indium peut être injecté afin d'imager la production, la migration et la réabsorption du liquide céphalorachidien.

On peut aussi utiliser le traceur à l'indium joint aux globules blancs du patient pour rechercher une infection.

LUTÉTIUM 177 (INJECTION/RADIOTHÉRAPIE)

Demi-vie : 6,7 jours

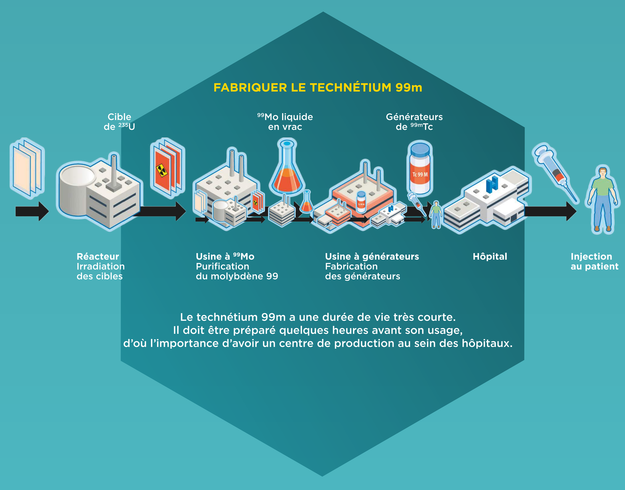
Tout comme l'iode 131, cet isotope émet des particules bêta et possède une période relativement longue, ce qui en fait un isotope idéal pour la thérapie. Il est utilisé actuellement pour le traitement des tumeurs neuroendocrines digestives. Il devrait être autorisé prochainement en France pour le traitement des cancers de la prostate.

DEMI-VIE

La demi-vie d'une matière radioactive est le temps au bout duquel la moitié des atomes de départ se sont désintégrés.

ET AVANT L'ADMINISTRATION DES PRODUITS ?

La durée de vie relativement courte des isotopes utilisés dans le médical oblige à recourir à des livraisons fréquentes dans les hôpitaux. Environ 30 % des colis contenant des substances radioactives sont transportés pour les usages médicaux.



Le technétium 99m a une durée de vie très courte. Il doit être préparé quelques heures avant son usage, d'où l'importance d'avoir un centre de production au sein des hôpitaux.

5.8 Conception : Direction de la communication de l'ASNR – Janvier 2025
Conception et réalisation graphiques : www.kazoar.fr – Pictos : Freepik, Kazoar – Illustration : La fabrique créative/Bruno Bourgeois
Reproduction interdite sans l'accord de l'ASNR. Pour toute information : expo@asnr.fr

ASNR Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection