



HAL
open science

Curiethérapie en France en 2020 : synthèse et perspectives du Groupe curiethérapie de la Société française de radiothérapie oncologique

J.M. Hannoun-Lévi, M.-È. Chand, P. Blanchard, C. Chargari, A. Escande, N. Pierrat, P. Pommier, D. Peiffert

► To cite this version:

J.M. Hannoun-Lévi, M.-È. Chand, P. Blanchard, C. Chargari, A. Escande, et al.. Curiethérapie en France en 2020 : synthèse et perspectives du Groupe curiethérapie de la Société française de radiothérapie oncologique. *Cancer/Radiothérapie*, 2020, 24, pp.876 - 881. 10.1016/j.canrad.2020.03.010 . hal-03493632

HAL Id: hal-03493632

<https://hal.science/hal-03493632>

Submitted on 15 Dec 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

Curiethérapie en France en 2020 : synthèse et perspectives du Groupe curiethérapie de la Société française de radiothérapie oncologique

Brachytherapy in France in 2020: State of the art and perspectives from the Groupe Curiethérapie de la SFRO

Jean Michel HANNOUN-LÉVI ^{a *,b}, Marie-Ève CHAND ^{a,b}, Pierre BLANCHARD ^c, Cyrus CHARGARI ^c, Alexandre ESCANDE ^d, Noëlle PIERRAT ^e, Pascal POMMIER ^f, Didier PEIFFERT ^g

^a Département de radiothérapie oncologique, centre Antoine-Lacassagne, 33, avenue de Valombrose, 06000 Nice, France

^b Université Côte-d'Azur, 06000 Nice, France

^c Département de radiothérapie oncologique, Gustave-Roussy Cancer Campus, 114, rue Édouard-Vaillant, 94800 Villejuif, France

^d Département de radiothérapie oncologique, centre Oscar-Lambret, 3, rue Frédéric-Combemale, 59020 Lille, France

^e Unité de physique médicale, institut Curie, 25, rue d'Ulm, 75005 Paris, France

^f Département de radiothérapie oncologique, centre Léon-Bérard, 28, rue Laënnec, 69008 Lyon, France

^g Département de radiothérapie oncologique, institut de cancérologie de Lorraine Alexis-Vautrin, avenue de Bourgogne, 54511 Vandœuvre-lès-Nancy, France

* Auteur correspondant : Jean-Michel Hannoun-Lévi, MD, PhD, MS ; tél. : (+33) 4 92 03 16 23 ; fax : (+33) 4 92 03 15 70 ; e-mail : jean-michel.hannoun-levi@nice.unicancer.fr

Financement

Ce travail n'a bénéficié d'aucune subvention spécifique émanant d'organismes de financement publics, commerciaux ou à but non lucratif.

Conflit d'intérêts

Aucun

Résumé

La curiethérapie, par son mode d'action comme par ses résultats cliniques de haut niveau de preuve, représente une technique d'irradiation des cancers spécifique dans la prise en charge des cancers comme de certaines rechutes en territoire irradié. Après la période faste des années 1980–1990, la curiethérapie a progressivement perdu de son attrait. Afin d'apporter une solution concrète à cette situation délétère, il est important que les tutelles, les organismes payeurs, les associations de patients, les spécialistes d'organes et les radiothérapeutes comprennent les raisons qui ont conduit à une telle situation ainsi que les risques encourus. Un enseignement jugé insuffisant, une valorisation inadaptée et une image vieillissante de la curiethérapie constituent les trois raisons essentielles de cette dégradation et représentent les trois enjeux majeurs conditionnant son maintien dans l'arsenal thérapeutique anticancéreux. Une communication adaptée au sein de la communauté des oncologues radiothérapeutes comme avec les autres sociétés savantes est primordiale de même qu'auprès des tutelles et des associations de patients. Il est capital que la curiethérapie soit (re)connue afin de lui rendre tout son intérêt pour les patients qui pourront en bénéficier.

Mots clef

curiethérapie, enseignement, valorisation, communication, image

Abstract

Because of its principle and its high proof level clinical results, Brachytherapy represents a specific irradiation technique for the treatment of primary tumors as well as some local relapses in preirradiated area. After a glory period between the 80's and 90's, Brachytherapy has progressively lost its attractiveness. In order to provide a practical solution to this deleterious situation, it is important that guardianships, health care payers, patient associations, specialist doctors and radiation oncologists understand the reasons leading to this harmful state as well as the risks concerned. A teaching judged insufficient, non-adapted value and an aging image of brachytherapy represent the three main reasons of this degradation and constitute the three most important challenges conditioning its maintain in the anticancer treatment arsenal. An adapted communication with radiation oncologists themselves but also with the other scientific societies remains crucial as well as with guardianship and patient associations. It is central that brachytherapy could be recognized in order to make it stronger and accessible for all the patients who could need it.

Keywords

Brachytherapy, teaching, value, communication, image

1. Présentation générale de la curiethérapie

La curiethérapie est une technique d'irradiation utilisant des sources radioactives placées dans ou au contact d'une zone à traiter (tumeur en place ou traitement adjuvant postopératoire). La curiethérapie

représente la technique de référence pour délivrer une forte dose (augmentation du contrôle local) dans un petit volume (diminution de la toxicité) [1-3].

La curiethérapie peut être utilisée dans un certain nombre d'indications aussi bien chez la femme que chez l'homme (parfois chez l'enfant), en situation adjuvante (sein), en complément d'une irradiation externe (col utérin, prostate, sein, anus, sphère ORL, etc.), de façon exclusive en première intention (sein, prostate, verge, etc.) ou en cas de rechute locale en territoire antérieurement irradié (Fig. 1). Le site à implanter doit être anatomiquement directement ou indirectement (associé à une intervention chirurgicale) accessible. Par-delà ses avantages avérés en termes d'efficacité et d'épargne des organes à risque, la pertinence de l'utilisation de la curiethérapie en cancérologie est d'autant plus importante que son coût est significativement plus bas que l'ensemble des autres techniques d'irradiation [5].

2. Évolution paradoxale de la curiethérapie

Dans les années 1980, le niveau de preuve permettant d'apprécier l'amélioration du service médical rendu par la curiethérapie était très faible voire inexistant dans certains cas. Cependant, le mode d'action et d'utilisation de cette technique d'irradiation, reposant sur un rationnel admis par tous, en permettait une large et légitime utilisation : c'était le « gold standard » de la délivrance d'une forte dose, dans un petit volume en un temps court. Ainsi, la curiethérapie s'inscrit, par son mode d'action, dans le principe de précaution ALARA « as low as reasonably achievable » et de ce fait reste conforme aux recommandations de la Société française de radiothérapie oncologique (SFRO), mais également du code de santé publique (Article. L-1333-1) qui précise que « l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants [...] doit être maintenue au niveau le plus faible qu'il est raisonnablement possible d'atteindre, compte tenu de l'état des techniques, des facteurs économiques et sociaux et, le cas échéant, de l'objectif médical recherché » [6].

Depuis le début des années 2000, alors même que des niveaux de preuve 1 conduisant à des grades de recommandation A sont progressivement apparus dans la littérature internationale, l'utilisation de la curiethérapie a régulièrement diminué tant en France que dans la grande majorité des pays européens et en Amérique du Nord. Pour autant, la curiethérapie reste une technique irremplaçable dans la prise en charge d'un certain nombre de cancers et notamment les cancers du col utérin, de la prostate et du sein [7].

2.1. Cancers du col utérin

Pour les cancers du col utérins localement évolués, il est clairement démontré que le complément d'irradiation en curiethérapie augmente significativement la survie globale [8]. Par ailleurs, même lorsque le complément d'irradiation est réalisé avec une procédure d'irradiation externe de haute technicité (irradiation avec modulation d'intensité ou en condition stéréotaxique), la curiethérapie améliore toujours significativement la survie globale [9]. Le complément en curiethérapie après une

chimioradiothérapie pour les cancers du col localement avancés reste donc une condition thérapeutique indispensable à l'obtention d'un taux de contrôle local maximal. En outre, les travaux récents publiés sur la curiethérapie des cancers du col guidée par l'image confirme que cette amélioration technologique importante impacte de façon encore plus marquée par rapport aux autres techniques de complément d'irradiation permettant d'obtenir des taux de contrôle local de plus de 90 % pour des tumeurs agressives [10]. Enfin, l'avènement des nouvelles techniques permettant de combiner un implantant interstitiel à un implant endocavitaire ont permis non seulement d'augmenter l'efficacité de ce mode de complément d'irradiation mais également d'en diminuer les effets secondaires digestifs et urinaires grâce à un respect plus stricte des contraintes de doses [11].

2.2. Cancer de la prostate

Pour les cancers de prostate, quel que soit le risque de rechute biochimique de la tumeur, la place de la curiethérapie a été récemment confirmée par l'American Society of Clinical Oncology (ASCO) [12]. Pour les lésions à faible risque, la curiethérapie par implant d'iode 125 reste la technique de référence conférant le plus haut taux de contrôle biochimique (par rapport aux autres traitements) avec une préservation optimale de la fonction sexuelle [12]. Pour les patients atteints d'une tumeur à risque intermédiaire ou à haut risque de rechute biochimique, un complément d'irradiation par curiethérapie doit être proposé dans la mesure où les trois essais randomisés ayant comparé (dans ces groupes de patients) le complément par irradiation externe à celui par curiethérapie ont tous conclu que la survie sans rechute biochimique était significativement améliorée par la curiethérapie (Fig. 2) [13].

Pour les cancers de prostate à très haut risque de rechute biochimique (score de Gleason 9–10), le complément d'irradiation en curiethérapie améliore significativement non seulement les probabilités de survie sans rechute biochimique et de survie sans métastase mais également celle de survie globale à 7 ans, par rapport aux résultats obtenus avec une radiothérapie externe exclusive ou une prostatectomie radicale (analyse appariée par score de propension) [14].

En France, le Groupe curiethérapie de la SFRO (GC-SFRO) a analysé récemment par un questionnaire en ligne, les possibilités d'offres de soin en matière de curiethérapie de prostate sur le territoire national [15]. Cinquante-deux des 54 centres qui déclaraient pratiquer la curiethérapie ont répondu au questionnaire (soit 96 %) et 34 centres utilisaient la curiethérapie de prostate (Fig. 3). Parmi ces centres, 32 pratiquaient la curiethérapie de prostate de bas débit de dose par implants d'iode 125 de manière exclusive, et 19 utilisaient la curiethérapie de prostate en complément d'irradiation après une radiothérapie externe. En termes de ressources humaines, cette étude a également révélé que les nombres moyens par centre de curiethérapeutes et de physiciens formés étaient respectivement de 2 (de 1 à 6) et 3 (de 1 à 5). Cette étude concluait que les équipes françaises de curiethérapie n'étaient pas en mesure de répondre pleinement aux futures demandes de soins.

2.3. Cancer du sein

Pour les cancers du sein, la curiethérapie interstitielle est la première technique d'irradiation ayant permis de valider l'hypothèse de non-infériorité d'une irradiation partielle du sein comparée à une irradiation de la totalité de la glande pour les cancers du sein à faible risque de rechute locale [16]. C'est également la curiethérapie qui reste le support technique de référence permettant de proposer une désescalade thérapeutique pour les patientes âgées présentant un cancer du sein localisé et permettant ainsi d'apporter une réponse à une situation de santé publique de plus en plus importante compte tenu de l'accroissement de la longévité et du taux d'incidence de ce cancer [17]. C'est encore la curiethérapie qui permet de proposer aux patientes atteintes de rechute locale d'un cancer du sein (antérieurement irradié) de pouvoir bénéficier d'un second traitement conservateur et ainsi pouvoir éviter les effets délétères d'une mutilation [18].

Malgré tous ces résultats cliniques confirmant l'impact majeur de la curiethérapie sur la prise en charge thérapeutique de cancers aux taux d'incidence élevé, une étude européenne intitulée « Brachytherapy: halting the spiral of decline » a été menée en 2019 par Janet Fricker auprès de dix spécialistes internationaux de la curiethérapie, permettant d'analyser les raisons du déclin de cette technique d'irradiation irremplaçable [19]. Les trois arguments les plus souvent retrouvés étaient : un défaut d'enseignement, une mauvaise image et un remboursement inadapté.

Plus récemment, c'est la revue prestigieuse *Nature* qui attirait l'attention de ses lecteurs sur les risques de voir disparaître cette technique, notamment pour la prise en charge des cancers de prostate [20;21].

3. Comment expliquer cette évolution paradoxale de la curiethérapie ?

Les explications à la base de cette évolution défavorable de la curiethérapie sont représentées par trois éléments essentiels évoqués précédemment que sont l'absence de remboursement adapté et incitatif, un défaut de formation et un problème d'image face à des techniques présentées comme étant plus modernes [19-21].

3.1. Un remboursement inadapté

La curiethérapie représente une entité spécifique d'un département de radiothérapie au sein d'un établissement de santé dans la mesure où elle mobilise des ressources humaines et des plateaux techniques différents en un temps court. L'implantation du matériel vecteur se fait au bloc opératoire, le plus souvent sous anesthésie générale ou rachis-anesthésie, plus rarement sous anesthésie locale. Le curiethérapeute est parfois accompagné d'un physicien médical et d'un radiologue, alors que l'anesthésiste, les infirmiers de bloc et anesthésistes, les manipulateurs et les brancardiers sont régulièrement sollicités. L'étape suivante se déroule le plus souvent dans le département de radiothérapie (ou de radiologie) avec la phase d'acquisition des données anatomiques (volumes d'intérêt) par imagerie en coupe (scanographie, IRM). Puis le physicien médical procède à la

reconstruction et digitalisation du matériel vecteur implanté alors que le curiethérapeute réalise la délimitation du volume cible et des organes à risques. L'analyse dosimétrique avec optimisation de la distribution de la dose précède la réalisation du traitement par irradiation dans un bunker dédié en cas d'utilisation d'une curiethérapie de haut débit de dose ou dans une chambre protégée en cas de débit pulsé. A la fin du traitement, les applicateurs sont retirés, le plus souvent au lit du patient, mais parfois au bloc opératoire sous anesthésie (parfois générale). Cette longue séquence thérapeutique reste confrontée à une valorisation inadaptée qui d'une part ne tient pas compte de la complexité des différents processus et des ressources nécessaires et d'autre part repose sur une classification des actes obsolète surtout depuis l'arrêt de la production des sources d'iridium 192 (février 2014 pour l'IRF1 et avril 2014 pour l'IRF2) ne permettant plus de réaliser des procédures en curiethérapie de bas débit de dose. Ainsi, sur les 34 actes de curiethérapie que compte la classification commune des actes médicaux actuelle, 17 (soit 50% relatifs au bas débit de dose) sont devenus obsolètes, alors que de nombreux actes de curiethérapie de haut débit n'existent toujours pas et ne sont donc pas cotés ou le sont par assimilation [20]. A ce jour, la classification commune des actes médicaux de la curiethérapie n'a toujours pas bénéficié d'une mise à jour. Dès lors, quel que soit le statut de l'établissement de soin (public, privé à but lucratif ou non), l'absence d'un remboursement adapté à la complexité de l'acte représente un frein majeur à une diffusion large et nécessaire de cette technique d'irradiation et donc à son développement.

3.2. Un défaut de formation académique

La curiethérapie étant de moins en moins pratiquée, il existe de moins en moins de centres formateurs académiques au plan national. Dans ce contexte, il devient donc difficile de transmettre la pratique de la curiethérapie mais il devient même difficile de transmettre son existence en termes d'option thérapeutique et donc d'en retenir l'indication.

La curiethérapie est une technique d'irradiation reconnue. La Société française des jeunes radiothérapeutes oncologues (SFjRO) a recueilli par un questionnaire anonyme, l'avis des internes de radiothérapie français sur leur formation en curiethérapie [23]. Avec un taux de participation de 93%, 92% des internes se déclaraient être intéressés par la curiethérapie mais 82% estimaient ne pas bénéficier d'une formation optimale. Près des trois-quarts d'entre eux ont vu ou fait des curiethérapies utéro-vaginales et 12% ont estimé avoir acquis la technique. Pour les curiethérapies du fond vaginal, 56% d'entre eux ont vu ou fait ces gestes et 21% ont acquis la technique. Quant à la curiethérapie de prostate, 65% des internes en ont vu ou fait et 4% se sont dits capables d'effectuer la technique de façon autonome. En tout, seulement 50% des répondants ont réalisé des gestes techniques de curiethérapie durant leur formation. Le nombre d'internes ayant indiqué pouvoir poser à bon escient les indications de curiethérapie était de 76% pour la curiethérapie des cancers gynécologiques et 70% pour la curiethérapie des cancers prostatiques. Seuls 21% d'entre eux ont discuté des indications en

réunion de concertation pluridisciplinaire. Les internes ont déclaré vouloir plus d'enseignement sur la dosimétrie (82%), les techniques de curiethérapie (75%) et la planification du traitement (90%). Les futurs oncologues radiothérapeutes français (nos acteurs de santé de demain) ont clairement montré un intérêt majeur pour la curiethérapie alors qu'ils restent en attente d'une formation académique plus solide. Sans amélioration rapide de cette situation, les nouvelles générations d'oncologues radiothérapeutes pourront encore moins transmettre à leur tour, avec dès lors, une aggravation régulière de la situation.

3.3. Un problème d'image

Alors même que cette technique d'irradiation porte le nom (en France) d'une des femmes les plus reconnues dans le monde (Marie Skłodowska-Curie), la curiethérapie fait paradoxalement les frais de cette aura historique et reste considérée comme une « vieille pratique » devenue obsolète et reléguée en queue de peloton des techniques modernes d'irradiation. Cette image apparaît au sein même de la communauté des oncologues radiothérapeutes alors que de nouvelles procédures telles que les irradiations en condition stéréotaxiques font office de références technologiques bénéficiant d'une valorisation substantielle, sans le poids organisationnel et l'investissement personnel que demande la curiethérapie. Un élément ne pouvant être passé sous silence dans un contexte de rémunération à l'activité (quel que soit le type de structure de soin) est lié au fait qu'un centre de radiothérapie ne pratiquant pas la curiethérapie pourra considérer avec une certaine réserve l'adressage d'un patient pour la réalisation de cet acte alors qu'il pourrait avantageusement (sur le plan de ses recettes) le remplacer par un acte de radiothérapie externe mieux valorisé et dont il pourrait récupérer directement les gains [24].

L'image de la curiethérapie est également à considérer par rapport aux autres spécialités d'organe. La curiethérapie doit être sagement présentée et exportée auprès de nos confrères urologues, gynécologues, dermatologues, ORL ou encore gastroentérologues L'exemple de nos collègues urologues est particulièrement parlant lorsqu'il s'agit de discuter d'une « prostatectomie radicale robot-assistée » ou d'une curiethérapie par implants permanents. Cette présentation ne pourra pas ne pas avoir un impact important auprès des patients eux-mêmes [19-21].

4. Actions entreprises

Sur la base des trois points clef considérés comme étant des facteurs limitant à l'utilisation de la curiethérapie au plan national (remboursement, formation et image), certaines actions ont d'ores et déjà été engagées afin d'améliorer et de renforcer la pratique et le (re)développement de la curiethérapie.

En juin 2016, la SFRO a déposé une saisine auprès de la Haute autorité de santé (HAS) afin de reconnaître le service médical rendu (et à terme le remboursement adapté) du complément

d'irradiation en curiethérapie de haut débit de dose pour les cancers de prostate de risque intermédiaire et haut. Alors que cette demande a initialement été refusée par la HAS, la SFRO a resoumis un dossier en juin 2018 tenant compte des raisons du premier refus [13]. La HAS a accepté d'étudier la demande de la SFRO qui reste dans l'attente d'une réponse finale permettant de passer à l'étape suivante de discussion avec la caisse d'assurance maladie pour l'évaluation du remboursement spécifique de l'acte. Par ailleurs, pour les centres de radiothérapie français n'ayant pas la possibilité de pratiquer la curiethérapie, ou pour ceux qui n'en pratiquent pas toutes les indications, le Groupe curiethérapie de la SFRO met en place une carte interactive qui sera prochainement à disposition sur le site de la SFRO, permettant de retrouver sur le territoire national, les centres pratiquant cette technique d'irradiation par indication et ainsi faciliter l'adressage de leurs patients.

En matière d'enseignement, le GC-SFRO a initié en 2011 un cours spécifiquement dédié à la curiethérapie, ouvert aux internes en oncologie radiothérapie comme aux oncologues radiothérapeutes séniors, aux physiciens médicaux et aux manipulateurs. Ces ateliers nationaux de curiethérapie se déroulent en trois phases : enseignement théorique (faculté de médecine de Nancy), enseignement pratique sur mannequins (faculté de médecine de Nice) pour la pratique des curiethérapies du col utérin, de la prostate et du sein et enseignement sur site dans un service de curiethérapie de référence. En 2019, la neuvième édition de ces ateliers a pu réunir comme les années précédentes une quinzaine d'étudiants [25]. Plus récemment, l'institut Gustave-Roussy a mis en place une formation diplômante en curiethérapie sous la forme d'un diplôme universitaire qui a débuté en 2019 avec une trentaine d'étudiants. Mais par-delà ces différentes actions pédagogiques basées sur le volontariat et la motivation propre des étudiants/participants, ne devrait-on pas envisager un renforcement de l'enseignement académique en cours d'internat avec, comme cela est fait par nos collègues allemands, la création d'un semestre obligatoire en curiethérapie pour tous les internes en oncologie radiothérapie ?

En termes d'image, la promotion de la curiethérapie doit pouvoir s'appuyer sur des publications scientifiques et une communication organisée. Comme cela a été évoqué ci-dessus, il existe à présent des publications scientifiques de très grande qualité permettant de promouvoir la curiethérapie essentiellement dans les trois domaines initialement discutés que sont le cancer du col utérin, de la prostate et du sein. Mais par-delà ces références, il existe un certain nombre de publications permettant de considérer l'intérêt de la curiethérapie dans d'autres indications du fait simplement de son mécanisme d'action et de sa place dans certains traitements conservateurs comme pour les cancers de la verge [26, 27]. Le GC-SFRO, créé depuis 2011, s'est organisé récemment afin de pouvoir communiquer sur ces différentes activités et promouvoir ces résultats. A l'instar de l'organisation du Groupe européen de curiethérapie de l'European Society of Therapeutic Radiation Oncology (GEC-ESTRO), le GC-SFRO organise deux réunions annuelles, l'une adossée au congrès de la SFRO réunissant le comité de pilotage (constitué des responsables des groupes de travail par organes), l'autre

sous la forme d'un « Workshop de printemps » ouvert aux oncologues radiothérapeutes et médecins médicaux. Mais, comme cela a déjà été mentionné, il est important de promouvoir également la curiethérapie auprès des sociétés savantes de spécialités d'organe, mais également auprès des associations de patients qui doivent être informés de la place que cette technique d'irradiation peut représenter dans la prise en charge de leur maladie. Alors que la notion de démocratie sanitaire apparaît comme un élément important d'organisation et de dispensation des soins, il est capital que l'implication des patients eux-mêmes soit considérée dans la promotion de la curiethérapie.

La dénomination de la curiethérapie a été présentée comme un frein potentiel au développement de son image. A l'instar de ce qui a été utilisée pour la radiologie interventionnelle, le terme de « radiothérapie interventionnelle » a été proposé pour « relooker » la curiethérapie et ainsi la présenter sous un œil plus moderne. S'il est vrai que la version anglosaxonne de la curiethérapie est la *brachytherapy*, il sera peut-être difficile pour l'école française de curiethérapie de se défaire de ce nom si emblématique ...

5. Aller plus loin

La curiethérapie, par son mode d'action comme par ses résultats cliniques de haut niveau de preuve, représente une technique d'irradiation des cancers irremplaçable dans la prise en charge des tumeurs primitives comme de certaines rechutes en territoire irradié.

L'enseignement, la valorisation et l'image de la curiethérapie constituent les trois enjeux majeurs conditionnant son maintien dans l'arsenal thérapeutique anticancéreux. Une communication adaptée au sein de la communauté des oncologues radiothérapeutes comme avec les autres sociétés savantes est primordiale de même qu'auprès des tutelles et des associations de patients. Il est capital que la curiethérapie soit (re)connue afin de lui rendre tout son intérêt pour les patients qui pourront en bénéficier.

Contribution des auteurs

JMHL: collecte et analyse des données, rédaction du manuscrit et validation ; MÈC, PB, CC, AE, NP, PP, DP : validation.

Références

1. Citrin DE. Recent developments in radiotherapy. *N Engl J Med*. 2017;377(11):1065-1075.
2. Chargari C, Deutsch É, Blanchard P, Gouy S, Martelli H, Guérin F, et al. Brachytherapy: An overview for clinicians. *CA Cancer J Clin*. 2019;69(5):386-401.

3. Thompson MK, Poortmans P, Chalmers AJ, Faivre-Finn C, Hall E, Huddart RA, et al. Practice-changing radiation therapy trials for the treatment of cancer: where are we 150 years after the birth of Marie Curie? *Br J Cancer*. 2018;119(4):389-407.
4. Anon. Curiethérapie. Wikipedia ; nd. Disponible en ligne à l'adresse : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Curiethérapie>.
5. Vu CC, Jawad MS, Krauss DJ. The cost-effectiveness and value proposition of brachytherapy. *Semin Radiat Oncol*. 2020;30(1):87-93.
6. Barillot I, Chauvet B, Hannoun Lévi JM, Lisbona A, Leroy T, Mahé MA. The irradiation process. *Cancer Radiother*. 2016 Sep;20 Suppl:S8-S19.
7. Petereit DG, Frank SJ, Viswanathan AN, Erickson B, Eifel P, Nguyen PL, et al. Brachytherapy: where has it gone? *J Clin Oncol*. 2015;33(9):980-2.
8. Han K, Milosevic M, Fyles A, Pintilie M, Viswanathan AN. Trends in the utilization of brachytherapy in cervical cancer in the United States. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2013;87(1):111-9.
9. Gill BS, Lin JF, Krivak TC, Sukumvanich P, Laskey RA, Ross MS, et al. National Cancer Data Base analysis of radiation therapy consolidation modality for cervical cancer: the impact of new technological advancements. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2014;90(5):1083-90.
10. Sturdza A, Pötter R, Fokdal LU, Haie-Méder C, Tan LT, Mazon R, et al. Image-guided brachytherapy in locally advanced cervical cancer: Improved pelvic control and survival in RetroEMBRACE, a multicenter cohort study. *Radiother Oncol*. 2016;120(3):428-433.
11. Tan LT, Pötter R, Sturdza A, Fokdal L, Haie-Méder C, Schmid M, et al. Change in patterns of failure after image-guided brachytherapy for cervical cancer: analysis from the RetroEMBRACE study. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2019;104(4):895-902.
12. Chin J, Rumble RB, Kollmeier M, Heath E, Efstathiou J, Dorff T, et al. Brachytherapy for patients with prostate cancer: American Society of Clinical Oncology/Cancer Care Ontario Joint Guideline update. *J Clin Oncol*. 2017;35(15):1737-1743.
13. Kee DLC, Gal J, Falk AT, Schiappa R, Chand MÈ, Gautier M, et al. Brachytherapy versus external beam radiotherapy boost for prostate cancer: Systematic review with meta-analysis of randomized trials. *Cancer Treat Rev*. 2018;70:265-271.
14. Kishan AU, Cook RR, Ciezki JP, Ross AE, Pomerantz MM, Nguyen PL, et al. Radical prostatectomy, external beam radiotherapy, or external beam radiotherapy with brachytherapy boost

and disease progression and mortality in patients with Gleason score 9-10 prostate cancer. *JAMA*. 2018;319(9):896-905.

15. Lam Cham Kee D, Peiffert D, Hannoun-Lévi JM. Brachytherapy boost for prostate cancer: A national survey from Groupe curiethérapie - Société française de radiothérapie oncologique. *Cancer Radiother*. 2019;23(8):847-852.

16. Strnad V, Ott OJ, Hildebrandt G, Kauer-Dorner D, Knauerhase H, Major T, et al. 5-year results of accelerated partial breast irradiation using sole interstitial multicatheter brachytherapy versus whole-breast irradiation with boost after breast-conserving surgery for low-risk invasive and in-situ carcinoma of the female breast: a randomised, phase 3, non-inferiority trial. *Lancet*. 2016;387(10015):229-38.

17. Hannoun-Lévi JM, Lam Cham Kee D, Gal J, Schiappa R, Hannoun A, Fouche Y, et al. Accelerated partial breast irradiation in the elderly: 5-year results of the single fraction elderly breast irradiation (SiFEBI) phase I/II trial. *Brachytherapy* 2020;19(1):90-96.

18. Hannoun-Lévi JM, Resch A, Gal J, Kauer-Dorner D, Strnad V, Niehoff P, et al. Accelerated partial breast irradiation with interstitial brachytherapy as second conservative treatment for ipsilateral breast tumour recurrence: multicentric study of the GEC-ESTRO Breast Cancer Working Group. *Radiother Oncol*. 2013;108(2):226-31.

19. Fricker J. Brachytherapy: halting the spiral of decline. *Cancer World* 2019;(85):4-15.

20. Eisenstein M. Prostate cancer: A declining art. *Nature Outline* 2019;574:S81.

21. Anon. Brachytherapy's fight for survival. Researchers hope to revive an unfashionable treatment for prostate cancer. Nature Video production 2019. Disponible en ligne à l'adresse : <https://www.youtube.com/watch?v=JUyws3tJFxy> [Vidéo curiethérapie de prostate].

22. Classification commune des actes médicaux (CCAM) ; Aide au codage des actes sans précision topographique : la curiethérapie. Disponible en ligne à l'adresse : <https://www.aideaucodage.fr/ccam-17.5>

23. Fumagalli I, Faivre JC, Thureau S, Bibault JE, Diaz O, Leroy T, et al. Brachytherapy training: a survey of French radiation oncology residents. *Cancer Radiother*. 2014;18(1):28-34.

24. Hannoun-Lévi JM, Hannoun A. Brachytherapy boost for prostate cancer: A potential conflict of disinterest. *Brachytherapy*. 2017;16(5):1081-1082.

25. Hannoun-Lévi JM, Marchesi V, Peiffert D. Brachytherapy training. *Cancer Radiother*. 2013;17:170-173.

26. Rouscuff Y, Falk AT, Durand M, Gal J, Chand ME, Gautier M, et al. High-dose rate brachytherapy in localized penile cancer: short-term clinical outcome analysis. *Radiat Oncol.* 2014;9:142.
27. Escande A, Haie-Méder C, Mazon R, Maroun P, Cavalcanti A, de Crevoisier R, et al. Brachytherapy for conservative treatment of invasive penile carcinoma: prognostic factors and long-term analysis of outcome. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2017;99(3):563-570.

Légendes des figures

Figure 1. Différentes situations cliniques dans lesquelles la curiethérapie peut être utilisée (reproduit d'après [4]).

Figure 2. Méta-analyses des résultats des trois essais randomisés confirmant l'impact sur la survie sans rechute biochimique du complément d'irradiation délivré par curiethérapie pour les cancers de prostate à risque intermédiaire et à haut risque de rechute biochimique (reproduit d'après [13]). TE : ; seTE : ; HR : *hazard ratio* ; 95%-CI : intervalle de confiance à 95 % ;

Figure 3. Répartition des centres de radiothérapie français pratiquant la curiethérapie en 2019 (reproduit d'après [15]).





