

CRIIRAD

Commission de Recherche
et d'Information Indépendantes
sur la Radioactivité

Site : www.criirad.org
Tel : + 33 (0)4 75 41 82 50
Fax : + 33 (0)4 75 81 26 48
E-mail : laboratoire@criirad.org

Synthèse financée grâce au soutien
de la Région Rhône-Alpes

Rhône-Alpes Région

Les effluents radioactifs directs et diffus générés par les activités de médecine nucléaire et de Curiethérapie

Colloque : « Les effluents liquides des établissements de Santé :
Etat des lieux et perspectives de gestion »
Chambéry 26 et 27 novembre 2008

Note : la contribution de la CRIIRAD a été effectuée dans le cadre d'une convention de partenariat avec la région Rhône-Alpes

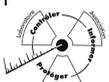
Résumé

Les études radioécologiques conduites par le laboratoire de la CRIIRAD à partir du début des années 90 ont permis de mettre en évidence dans de nombreux bassins versants (Rhône, Seine, Garonne, etc.) une contamination des plantes aquatiques par des radionucléides utilisés en médecine dont en particulier l'iode 131 (période physique de 8 jours).

Cette contamination a été détectée de manière quasi-systématique par le laboratoire de la CRIIRAD en aval des stations d'épuration des eaux usées d'agglomérations qui disposent de services de médecine nucléaire. Elle provient à la fois des rejets radioactifs liquides directs au niveau des services hospitaliers et des rejets diffus via les patients de retour à leur domicile suite à une scintigraphie ou une irathérapie. Les sécrétions corporelles des patients conduisent en outre à la production de déchets solides (couches, mouchoirs, serviettes) qui constituent une des principales causes d'alarme des portiques de détection de radioactivité à l'entrée des centres d'enfouissement des ordures ménagères.

Les études conduites par le laboratoire de la CRIIRAD montrent que des progrès peuvent, et doivent, être accomplis afin de mieux maîtriser les effluents liquides produits et les déchets solides induits et de limiter ainsi l'exposition aux rayonnements ionisants des travailleurs et du public.

Mots-clefs : scintigraphie, curiethérapie, iode 131, effluents liquides, radioprotection.



Les radionucléides utilisés

Un certain nombre de radionucléides artificiels sont utilisés en médecine sous forme de sources non scellées, soit dans le cadre d'actes de diagnostic, soit pour la réalisation de thérapies.

Une étude [SN1] réalisée par la CRIIRAD au niveau de 24 services de médecine nucléaire permettait de recenser l'utilisation de 16 radionucléides différents sur la période 1997-1998.

Le tableau T1 ci-dessous dresse la liste des principaux radionucléides recensés par ordre décroissant d'utilisation (période 1997 ou 1998, pour 24 services de médecine nucléaire).

Trois radionucléides représentaient à l'époque plus de 99 % de l'activité¹ annuelle commandée par les 24 établissements interrogés : le **technétium 99^m** (plus de 76,5 %), l'**iode 131** (13,5 %) et le **thallium 201** (9 %).

La situation est probablement sensiblement différente aujourd'hui avec l'utilisation accrue de nouveaux radiopharmaceutiques comme le fluor 18.

T1 / Principaux radiopharmaceutiques utilisés par 24 services de médecine nucléaire dans le secteur Seine-Normandie (année 1997 ou 1998)

Radionucléide	Période Physique	Utilisation typique	Activité utilisée en MBq
Technétium 99^m	6 heures	Thyroïde,cerveau,foie,moelle osseuse,poumons, circulation,reins	19 590 090
Iode 131	8 jours	Thyroïde,reins,espace vasculaire	3 455 885
Thallium 201	3 jours	Myocarde, cerveau, parathyroïde, thyroïde	2 298 553
Gallium 67	3,26 jours	Processus inflammatoires et tumoraux	70 582
Iode 123	13,2 heures	Thyroïde,reins,cerveau	58 618
Xénon 133 (Gaz)	5,24 jours	Poumons, débit sanguin régional	27 546
Indium 111	2,8 jours	Ventriculographie, moelle osseuse,marquage des cellules sanguines	26 825
Yttrium 90	2,67 jours	Synoviorthèse	23 577
Strontium 89	50,55 jours	Traitement palliatif de métastases osseuses	16 280
Samarium 153	1,95 jours	Traitement palliatif de métastases osseuses	14 800
Phosphore 32	14,28 jours	Métastases osseuses, leucémies, traitement de tumeurs et scintigraphie	10 707
Chrome 51	27,7 jours	Rate, reins, marquage de protéines, volume globulaire	3 700
Iode 125	60,14 jours	Marquage de composés, volume plasmatique	2 542

La période physique² des radionucléides concernés est comprise entre quelques heures (fluor 18 : 2 heures, technétium 99m : 6 heures, iode 123 : 13 heures), quelques jours (thallium 201, gallium 67, indium 111 : environ 3 jours ; iode 131 : 8 jours) et quelques semaines (iode 125 : 60 jours).

L'enquête réalisée par la CRIIRAD sur la période 1997-1998 indiquait une activité administrée au patient comprise entre 46 MBq et 555 MBq (moyenne 240 MBq) pour le technétium 99^m et 30 à 3 700 MBq (moyenne 1 215 MBq) pour l'iode 131.

Les activités administrées au patient sont ainsi typiquement de l'ordre de plusieurs **dizaines de millions de becquerels (scintigraphie)** à plusieurs **milliards de becquerels (thérapie à l'iode 131 par exemple)**. Pour l'iode 131, les activités administrées pour une thérapie sont typiquement 20 fois supérieures (100 mCi soit 3 700 MBq) à celles administrées pour un diagnostic (5 mCi soit 185 MBq).

¹ L'activité est le nombre de désintégrations par seconde. Elle est exprimée en Becquerel (Bq) et ses multiples dont le MBq (1 mégaBecquerel = 1 million de Becquerels). L'ancienne unité d'activité (le Curie : Ci) est encore utilisée dans la pratique médicale. 1 Ci = 37 milliards de Becquerels. 100 mCi (milliCurie) = 3,7 milliards de Becquerels.

² Période physique : temps au bout duquel la radioactivité diminue de moitié.



Les effluents liquides directs et diffus

Les activités de médecine nucléaire et Curiethérapie conduisent nécessairement à la production d'effluents radioactifs liquides (et parfois gazeux) et de déchets radioactifs solides.

Au niveau de l'hôpital, il s'agit des effluents liés à la préparation et à l'administration des substances radioactives au patient, au nettoyage des locaux, etc..

Il s'agit aussi des urines (et fèces) des patients tant qu'ils sont présents dans le centre hospitalier.

En effet, une grande partie de l'activité administrée est éliminée par les voies naturelles durant les heures ou les premiers jours (parfois les semaines) suivant l'administration des substances radioactives. On estime qu'environ **90 % du technétium 99^m et 84 % de l'iode 131 sont éliminés via les urines des 5 premiers jours.**

Une partie seulement de ces effluents est collectée de manière spécifique au niveau de l'hôpital. C'est le cas par exemple pendant la phase de confinement en **chambre dite « plombée »** pour les patients qui subissent une thérapie qui met en jeu plus de 20 milliCuries d'iode 131 (**740 MBq**). Dans ce cas, les effluents sont mis en attente avant rejet dans des cuves de décroissance.

Sachant que la période physique est le temps au bout duquel la moitié seulement des atomes radioactifs se sont désintégrés, un liquide (des urines de patient) dont le niveau de contamination en iode 131 est de 1 million de Bq/l aura ainsi une radioactivité résiduelle de 500 000 Bq/l au bout de 8 jours, 250 000 Bq/l au bout de 16 jours (2 périodes) et 5 000 Bq/l au bout de 2 mois (7,5 périodes).

A titre indicatif, l'arrêté³ du **30 octobre 1981** prévoit en son article 8 que « l'évacuation des cuves de stockage des effluents liquides ne peut intervenir que si l'activité volumique est inférieure à 7 becquerels par litre ». Dans l'exemple ci-dessus, il faut attendre plus de 4 mois pour que la décroissance naturelle de l'iode descende en dessous⁴ de 7 Bq/l. La question est alors celle de la capacité de stockage des cuves de l'hôpital.

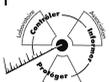
De plus, une partie des liquides radioactifs n'est pas collectée de manière spécifique, c'est le cas par exemple des eaux usées issues des toilettes des établissements (hors chambre plombée) et bien sûr des toilettes des patients de retour à domicile. Cet impact diffus n'est pas à négliger.

Le laboratoire de la CRIIRAD a ainsi mesuré en 1999 dans les **urines** d'un patient de retour à domicile après une Curiethérapie (Irathérapie) et un isolement de 3 jours en chambre plombée à Lyon, une activité de **6 millions de becquerels par litre**. L'activité initiale injectée au patient était de 80 milliCurie soit environ 3 milliards de becquerels).

Plus de 20 jours après le traitement, l'activité des urines était encore de 140 000 Bq/l. Les résultats de ces mesures sont reproduits dans le tableau T2 ci-après. Cet exemple montre que s'agissant du patient de retour à domicile, en particulier dans le cas d'une Curiethérapie à l'iode 131, il faudrait attendre plusieurs semaines pour que l'activité volumique des urines soit en dessous de 7 Bq/l.

³ Arrêté relatif aux conditions d'emploi de radioéléments artificiels utilisés en sources non scellées à des fins médicales / Ministère de la Santé.

⁴ En pratique, de nombreux établissements ne tenaient pas compte de cette limite d'autant que le SCPRI puis l'OPRI autorisaient en fait la vidange au dessus de cette limite en fonction de la radiotoxicité des radionucléides. La circulaire DGS N°2001-323 du 9 juillet 2001 relative à la gestion des effluents et des déchets d'activités de soins contaminés par des radionucléides, a fixé des limites différentes pour les cuves-tampon associées aux laboratoires (7 Bq/l) et les cuves-tampon associées aux sanitaires de chambres plombées (100 Bq/l). Aucune limite n'est fixée pour les effluents en sortie de fosse septique raccordée aux sanitaires de médecine nucléaire. A l'émission de l'établissement, sont retenues des niveaux-guide de 1 000 Bq/l pour le Tc 99^m et 100 Bq/l pour les autres radioéléments.



T2 / Activité en iode 131 dans les urines d'un patient après injection de 80 mCi d'iode 131

Temps après injection (jours)	Activité en iode 131 des urines (Bq/l)
3	5,73E+06
4	2,84E+06
7	1,39E+06
23	1,42E+05

Les déchets solides diffus

Outre les urines, toutes les sécrétions du patient seront porteuses de contamination (salive, sueur, etc.). A la production de liquides contaminés diffus s'ajoute celle de déchets solides contaminés. Dans le cadre d'interventions effectuées depuis 2001 lors d'alarmes de portiques de détection de la radioactivité en entrée de centres d'enfouissement technique des régions Rhône-Alpes et Provence Alpes Côte d'Azur, le laboratoire de la CRIIRAD a pu constater que **plus de 50 % des alarmes** sont dues à des couches, mouchoirs, serviettes hygiéniques. Les principaux radionucléides incriminés sont **l'iode 131 et le technétium 99^m** utilisés en médecine.

Sur l'un des sites d'enfouissement, les 8 alarmes de l'année 2007 étaient dues à la présence d'iode 131 dans des couches, compresses, lingettes, mouchoirs. Le débit de dose au contact des déchets solides dépassait la limite⁵ de 5 µSv/h dans les 8 cas (enfouissement direct interdit) et atteignait même dans un cas 168 microSieverts par heure soit 1 600 fois le niveau naturel de rayonnement. Dans ce dernier cas, le débit de dose à 1 mètre des déchets était de 1,8 µSv/h soit 18 fois supérieur au niveau naturel.

La contamination « chronique » de l'environnement en aval des stations d'épuration

Dans le cadre d'activités de surveillance de l'impact de centrales nucléaires (Golfech) effectuées pour des associations locales de protection de l'environnement, le laboratoire de la CRIIRAD a mis en évidence au début des années 90 une contamination chronique par de l'iode 131 dans les végétaux aquatiques échantillonnées dans la **Garonne**.

Des analyses réalisées en plusieurs stations dans le fleuve permirent de démontrer que la centrale nucléaire de Golfech n'était pas responsable de cette contamination dont l'origine principale fut identifiée en amont de la centrale et en aval des rejets de l'usine d'épuration des eaux usées Toulouse-Ginestous.

Des campagnes de mesures réalisées par la CRIIRAD en 1998 pour l'Agence de Bassin **Seine Normandie** [SN 1] ont permis de constater une contamination quasi-systématique du milieu aquatique de surface par l'iode 131 en aval des exutoires des stations de traitement des eaux usées des agglomérations.

Cette contamination était mesurable dans les sédiments des cours d'eau récepteurs en aval des stations de traitement des eaux usées des villes de Paris, Chaumont, Reims, Troyes et Caen (2 à 53 Bq/kg sec) alors qu'elle n'est pas détectée en amont (< 0,2 à < 0,5 Bq/kg sec). En aval des stations de traitement, la contamination des sédiments était sensiblement supérieure aux valeurs habituellement mesurées par la CRIIRAD en aval des centrales nucléaires.

⁵ Le Ministère de l'Ecologie et du Développement durable et la DGSNR précisent que, si la période radioactive est inférieure à 71 jours et le débit de dose au contact inférieur à 5 µSv/h, les « déchets peuvent être enfouis sans restriction ».



L'impact sur le milieu aquatique était encore plus marqué dans les bioindicateurs aquatiques. L'iode 131 était détecté dans 10 cas sur 10 (avec des activités massiques supérieures à 50 Bq/kg sec pour 9 des 10 sites étudiés : Melun, Evreux, Rouen, Valenton, Noisy, Reims, Colombes, Chaumont et pouvant atteindre 1 477 Bq/kg sec à Compiègne). Dans la majorité des cas, la comparaison amont-aval montrait que les eaux usées de la ville conduisaient à un apport d'iode 131 dans le milieu aquatique.

Un suivi réalisé en novembre 2000 [SN 2] en amont et en aval de la station de traitement des eaux usées de la ville de **Reims** a confirmé l'absence de contamination en amont (< 2,8 Bq/kg sec) et une contamination supérieure à celle de 1998 en aval (1 125 Bq/kg sec en 2000 contre 346 Bq/kg sec en 1998).

D'autres campagnes réalisées par le laboratoire de la CRIIRAD en juillet 2000 sur le fleuve **Rhône** [SA 1] ont confirmé la contamination chronique en **iode 131** des bioindicateurs aquatiques (**potamots pectinés**) sur les 65 kilomètres étudiés, depuis l'aval de Lyon jusqu'à l'aval de la centrale nucléaire de Saint-Alban, avec des activités massiques supérieures en amont de la centrale. L'activité massique des 10 échantillons était comprise entre 11 et 85 Bq/kg sec (moyenne de 47,7 Bq/kg sec). L'impact des rejets en iode 131 de la centrale électronucléaire (20 MBq à 340 MBq par an selon les années entre 1985 et 1996) était « masqué » par l'impact des activités de médecine nucléaire. En effet, à partir d'un questionnaire renseigné par 4 des 6 établissements hospitaliers de la région lyonnaise, on pouvait estimer que plusieurs milliards de becquerels étaient susceptibles de rejoindre les collecteurs d'eaux usées (98 300 MBq d'iode 131 administrés en 1999 par les 4 établissements à des patients qui n'étaient pas admis en chambre plombée).

Rejets directs ou impact diffus

Dans le cas de l'**agglomération toulousaine**, une étude complémentaire réalisée par la D.D.A.S.S. en 1993 sur les établissements hospitaliers et cliniques de l'agglomération, constatait un fonctionnement normal de leurs équipements en matière de radioprotection et expliquait la présence d'iode 131 par les rejets diffus dans les égouts issus des urines et des fèces de malades chargés en radioéléments qui, après traitement dans un service de médecine nucléaire, retournaient chez eux.

Devant le caractère récurrent de la contamination en iode 131 des eaux usées et boues au niveau de la station de traitement, la Compagnie Générale des Eaux, concessionnaire du système d'assainissement des eaux usées de Toulouse, a proposé, conjointement avec l'ARPE (Agence Régionale pour l'Environnement Midi-Pyrénées), de réaliser un bilan sur la présence d'iode 131 dans les égouts toulousains. Le laboratoire de la CRIIRAD a été associé à l'étude [TL 1] sur le plan méthodologique et analytique.

Des prélèvements d'eaux usées ont été effectués à partir de 1994 à l'entrée de l'usine de traitement, au niveau de chacun des 7 collecteurs d'eaux usées puis, par élimination, le réseau⁶ a été remonté vers l'amont, jonction par jonction (au total 132 prises d'échantillons ont été réalisées). Un centre universitaire, trois hôpitaux et deux cliniques ont été identifiés comme responsables de rejets d'effluents radioactifs dans le réseau public d'eaux usées. Les principaux radionucléides rejetés étaient : **iode 131, technétium 99^m, indium 111 et thallium 201.**

Au niveau des canalisations internes de certains sites hospitaliers sur le réseau, on a pu mesurer des activités très largement supérieures à 7 Bq/l : technétium 99^m (1 195 000 Bq/l en sortie médecine nucléaire), iode 131 (jusqu'à 42 000 Bq/l en sortie thérapie), iode 125 (jusqu'à 1 380 Bq/l en sortie diagnostic), thallium 201 (jusqu'à 527 Bq/l en sortie médecine nucléaire), etc.

Dans le réseau public, au niveau des branchements des centres hospitaliers sur le réseau, les valeurs maximales suivantes ont été mesurées : technétium 99^m : 112 Bq/l, iode 131 : 24 Bq/l.

⁶ Le réseau, long d'environ 800 km, est de type strictement séparatif (un réseau de collecte pour les eaux usées et un pour les eaux pluviales). Le temps de transit des effluents de chacun des collecteurs depuis son origine jusqu'à la station d'épuration est compris entre 1 et 6 heures



L'étude a permis de conclure que, contrairement aux hypothèses de l'administration, les **rejets directs** des services de médecine nucléaire étaient bien les principaux responsables de la contamination du réseau de collecte des eaux usées.

Depuis la remise du rapport d'étude, les services hospitaliers toulousains ont été invités par l'administration à améliorer l'ensemble des procédures et équipements permettant de mieux identifier, collecter, séparer les effluents radioactifs liquides de manière à optimiser les systèmes de rétention et de décroissance, en vue de rejeter dans le réseau public les activités les plus faibles possibles.

Une autre étude [SN 1] réalisée par la CRIIRAD entre 1999 et 2000 dans le secteur dépendant de l'Agence de **Bassin Seine-Normandie** a permis de confirmer que certains établissements n'avaient pas un nombre suffisant de **cuves-tampons** et procédaient à la vidange des cuves alors que l'activité volumique était supérieure de plusieurs ordres de grandeur à la limite de 7 Bq/l. De plus, les urines des patients après injection de radiotraceurs n'étaient pas collectées dans des cuves tampon sauf en cas d'hospitalisation en chambre plombée. De ce fait, des rejets quasi-permanents de radionucléides sont effectués dans les réseaux publics. Même s'il s'agit de radionucléides à période courte, les activités et les volumes mis en jeu peuvent conduire à une contamination chronique des milieux récepteurs. Au niveau des branchements dans le réseau public de 4 établissements contrôlés l'activité moyenne sur 24 heures était comprise entre 400 Bq/l et 37 600 Bq/l pour le technétium 99^m . Au niveau des collecteurs situés en entrée des stations de traitement des eaux usées des 4 villes concernées, l'activité moyenne du technétium 99^m sur 24 heures était comprise entre 100 et 200 Bq/l dans 2 cas.

Pour l'iode 131 une contamination des eaux usées au droit des hôpitaux était détectée pour 2 des 4 sites, dont un cas à 1 300 Bq/l. Au niveau des 4 stations de traitement des eaux usées des traces d'iode 131 étaient détectées systématiquement.

Recommandations

Le laboratoire de la CRIIRAD a constaté qu'une part importante des professionnels concernés n'était pas suffisamment sensible au problème de l'impact des rejets radioactifs liquides des services de médecine nucléaire ou de Curiethérapie. Il s'agissait parfois d'une méconnaissance sincère des impacts, parfois du problème des coûts induits pour la mise à niveau des installations. Trop souvent, en effet, l'idée que des radionucléides de courte ou très courte période ne pouvaient avoir d'impact sur l'environnement était mise en avant par les médecins.

S'il existe depuis longtemps un cadre réglementaire Européen⁷, les pouvoirs publics français et la majorité des praticiens ne semblent avoir pris en compte ces risques que postérieurement aux années 2000.

Sur la base des études effectuées entre 1993 et 2000, la CRIIRAD avait formulé un certain nombre de recommandations, transmises à l'OPRI, et dont les principales sont résumées ici :

1. Justification et optimisation des pratiques

L'administration de radiopharmaceutiques pour un diagnostic ou une thérapie doit systématiquement être justifiée et optimisée. L'exposition moyenne annuelle de la population française du fait des pratiques médicales est estimée officiellement par l'INSERM à 1,6 milliSievert par an soit une valeur supérieure à la moitié de l'irradiation naturelle moyenne (2,4 milliSievert par an, donnée UNSCEAR). L'amélioration des pratiques médicales est donc une priorité si l'on souhaite réduire l'exposition moyenne de la population aux radiations ionisantes.

L'optimisation est une démarche complexe mais qui doit être systématiquement appliquée. Par exemple, il semblerait raisonnable de privilégier l'utilisation de radiopharmaceutiques conduisant à un impact sanitaire et environnemental le plus faible possible. On peut citer l'exemple de la substitution de l'iode 123 à l'iode 131 pour les diagnostics. **L'iode 123** est en effet un émetteur gamma facilement détecté par les caméras à scintillation, la qualité du diagnostic n'est donc pas mise en cause. Contrairement à l'iode 131, il n'émet pas de rayonnement bêta ce qui pour une même activité administrée diminue la dose au patient

⁷ Directive 84/466/Euratom remplacée par la directive 97/43/Euratom du 30 juin 1997 relative à la protection sanitaire des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants lors d'expositions à des fins médicales



d'un facteur 100. De plus, compte tenu de sa très courte période (13 heures contre 8 jours pour l'iode 131) il disparaît rapidement ce qui limite l'impact des rejets liquides et facilite la gestion des déchets solides. Ce type de solution a bien entendu un coût, et il faut considérer d'autres paramètres : l'utilisation de radionucléides de courte période conduit en effet à acheminer des solutions plus actives au service de médecine nucléaire ce qui peut conduire à augmenter l'irradiation des personnels affectés à la fabrication, au conditionnement, au transport et à l'administration des radiopharmaceutiques au patient.

Les activités administrées aux patients devraient être les plus faibles possibles, à qualité de diagnostic ou de traitement égale. La CRIIRAD a été témoin de situations où des activités en iode 123 supérieures de plus de 50 % aux activités prescrites ont été administrées à des patients parce que le personnel de préparation n'avait pas jugé utile de diluer la solution mère.

2. Formation des personnels

L'ensemble des personnels de médecine nucléaire, de l'infirmière au médecin devrait recevoir une information intégrant fortement la sensibilisation aux principes de justification et d'optimisation. Trop souvent dans les services les risques liés à l'exposition aux rayonnements ionisants sont banalisés. De même l'information des patients devrait être améliorée.

3. Amélioration des solutions techniques pour la collecte et la mise en décroissance des urines contaminées

En théorie, la prescription de l'hospitalisation en chambre plombée, même pour des activités en iode 131 administrées inférieures à 20 mCi, et l'allongement de la durée d'hospitalisation permettraient de ne libérer le patient que lorsque l'activité de ses urines est significativement réduite. Cette solution permettrait de limiter l'irradiation de l'entourage du patient. Irradiation qui peut être conséquente s'il est autorisé à retourner trop précocement à son domicile. Cependant un allongement de la durée d'hospitalisation poserait certainement des problèmes financiers, sociaux, psychologiques et humains. De façon plus pragmatique des mesures devraient être prises en tout cas pour améliorer la collecte des urines contaminées :

◆ Collecte des urines au sein du service de médecine nucléaire

Les patients injectés, s'ils ne sont pas hospitalisés en chambre plombée devraient être invités à laisser leurs premières urines dans les toilettes du service de médecine nucléaire, toilettes qui devraient être reliées au minimum à une fosse septique et si possible à un bac de décroissance de fort volume.

◆ Collecte des urines en milieu hospitalier hors service de médecine nucléaire et Curiethérapie

Au sein de chaque établissement hospitalier des toilettes spécifiques devraient être prévues dans les services qui ont la plus forte probabilité d'accueillir des patients injectés.

◆ Collecte à domicile

La mise à disposition de récipients spécifiques au domicile du patient pendant quelques jours à quelques semaines permettrait d'assurer la collecte des urines. Ces récipients devraient être plombés car l'irradiation externe induite par les urines peut être très élevée (plusieurs centaines de microSievert par heure). Ils pourraient être collectés ensuite par un service spécialisé.

Toutes ces remarques ne sauraient être exhaustives. Elles sont effectuées ici à titre préliminaire, leur pertinence et la faisabilité des solutions proposées doivent être discutées avec des représentants de l'ensemble des parties intéressées (ministères, administration, personnel hospitalier, médecins, patients, physiciens, etc..). Afin d'affiner ces propositions, des études approfondies devraient être lancées dans quelques établissements volontaires afin de chiffrer certaines des solutions proposées et de déterminer les facteurs d'amélioration possibles.

Rédaction : CHAREYRON Bruno / Laboratoire CRIIRAD, immeuble Cime, 471 av Victor Hugo, 26 000 Valence / E-Mail : bruno.chareyron@criirad.org



Bibliographie

[SA 1] Chareyron B., Rapport CRIIRAD N°00-5, Contrôle de la radioactivité des sédiments et plantes aquatiques du Rhône, en amont et en aval du CNPE de Saint-Alban. Etude réalisée à la demande de l'association AIRE, avec le soutien financier du Conseil Général de l'Isère et de collectivités locales. Mai 2001.

[SN2] Chareyron B., Rapport CRIIRAD N°00-21, Faisabilité d'une étude approfondie visant à quantifier les rejets de radionucléides de l'Institut Jean Godinot et à étudier les moyens de les limiter. Etude réalisée à la demande de l'Agence de Bassin Seine-Normandie. Décembre 2000.

[SN1] Chareyron B., Rapport CRIIRAD N°00-15, Etude de l'impact des rejets d'effluents radioactifs liquides par les services de médecine nucléaire / secteur dépendant de l'Agence de Bassin Seine-Normandie. Septembre 2000.

[TL 1] Vignoles C., Roger S. « Étude diagnostic sur la présence de radioéléments dans le réseau d'eaux usées de la ville de Toulouse » - ARPE/CGE – octobre 1995. Analyses réalisées par le laboratoire de la CRIIRAD et le laboratoire vétérinaire départemental du Tarn et Garonne.

