

Approbation :

	<i>Par</i>	<i>Date</i>	<i>Signature</i>
Rédigé par	CRP 1	18/04/2023	
Vérifié par	CRP 2	03/11/2023	
Approuvé par	CRP 1	07/11/2023	

Distribution des copies conformes :

Version	Destination	Distribution		Récupération	
		Date	Signature	Date	Signature

Historique :

Version	Date	Modification
03	31/08/2015	Mise à jour
04	11/04/2016	Mise à jour 2016
05	20/08/2018	Mise à jour Modifications mineures : figure 1, annexe 2 + mise en forme sous le système documentaire AQ de l'EP
06	17/09/2019	Mise à jour – Renouvellement autorisation ASN 2019
07	28/05/2020	Revue – Modification autorisation ASN 2020 Modification de la figure 1 + 3 : emplacement du congélateur au local E03 Modification de la figure 4 : emplacement déchets solides
08	09/08/2021	Changement de nom du local P10 : enceintes thermostatiques
09	18/04/2023	Mise à jour – Modification autorisation ASN 2023 Ajouts activités RIPA au Lutétium 177, Zirconium 89 Ajouts plan des aires classés comme zones à déchets contaminés

Sommaire

1. Objectifs.....	3
2. Responsabilités.....	3
3. Références et documents annexes	3
4. Champ d'application.....	3
5. Modes de production des effluents liquides et gazeux et des déchets contaminés	4
5.1 L'unité de production (UPR).....	4
5.2 Le RIPA.....	5
5.3 Nature, état physique et types de déchets.....	5
5.4 Déchets solides et liquides - Problématique du Lutétium 177m	7
6. Identification des zones d'entreposage des effluents liquides, gazeux et des déchets radioactifs solide	7
7. Modalités de gestion des effluents et déchets radioactifs de l'établissement.....	7
7.1 Les effluents liquides.....	7
7.1.1 Réseau de collecte de la zone UPR et RIPA.....	8
7.1.2 Déchets liquides	8
7.2 Les déchets solides	10
7.2.1 Identification	10
7.2.2 Modalités de contrôle et d'élimination.....	10
7.3 Les effluents gazeux	12
7.3.1 Elimination.....	16
7.3.2 Estimation de l'activité des rejets gazeux	16
8. Dispositions de surveillance de l'environnement	17

1. Objectifs

Ce document s'inscrit dans le cadre de l'arrêté du 23 juillet 2008 et décrit la gestion des déchets et effluents radioactifs du CYROI. Le processus de gestion des déchets est organisé suivant quatre grands principes :

- le tri,
- le conditionnement,
- l'entreposage,
- l'élimination.

2. Responsabilités

Les modalités de gestion des déchets sont sous la responsabilité du chef d'établissement, des responsables d'unités (UPR/RIPA) et des conseillers en radioprotection.

3. Références et documents annexes

Arrêté du 23 juillet 2008 - portant homologation de la décision n° 2008-DC-0095 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 29 janvier 2008 fixant les règles techniques auxquelles doit satisfaire l'élimination des effluents et des déchets contaminés par les radionucléides, ou susceptibles de l'être du fait d'une activité nucléaire, prise en application des dispositions de l'article R. 1333-12 du code de la santé publique

Code du Travail, Code de la Santé Publique

- RP-FT-04 - Fonctionnement du système de gestion des effluents radioactif
- RP-RAP-13 - Note de calcul du terme source
- RP-PRT-22 - Gestion des effluents liquides des laboratoires UPR et RIPA
- Autorisation ASN E002026

4. Champ d'application

Ce plan de gestion s'applique à l'Unité de Production Radiopharmaceutiques (UPR) et à l'unité de recherche en radiochimie et imagerie du petit animal (RIPA) du CYROI.

Radionucléides utilisés au CYROI :

Radionucléide	Activité autorisée	Utilisation	Période
^{18}F	600 GBq	UPR et RIPA	110 minutes
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	30 GBq	RIPA	6,02 heures
^{68}Ga	3 GBq	RIPA	1,13 heure

¹¹¹ In	1,48 GBq	RIPA	2,80 jours
Lutétium 177	5 GBq	RIPA	6.71 jours
Zirconium 89	0,4 GBq	RIPA	78,4 heures

L'activité est soumise à autorisation par l'ASN et la responsabilité de l'activité est donnée au GIP CYROI en tant que personne morale.

5. Modes de production des effluents liquides et gazeux et des déchets contaminés

Au sein du GIP CYROI, les effluents liquides et gazeux et les déchets contaminés proviennent à la fois de l'unité de production de radiopharmaceutique (UPR), du cyclotron, et de l'unité de Radiochimie et d'Imagerie du Petit Animal (RIPA). Ces effluents et déchets contaminés se présentent sous trois types :

- Solides,
- Liquides,
- Gazeux.

5.1 L'unité de production (UPR)

Dans l'UPR, on distingue plusieurs étapes produisant des déchets radioactifs :

- La production des radionucléides,

Les radionucléides sont produits grâce à un cyclotron qui permet d'obtenir du ¹⁸F par bombardement de protons de 16,5 MeV sur une cible de H₂¹⁸O. Avant cette étape, une pré-irradiation est réalisée sur une cible remplie de H₂¹⁶O ce qui conduit à la production de ¹³N.

- Le transfert et la synthèse,

Le ¹⁸F est transféré par des lignes jusqu'aux enceintes de chimie où des kits de synthèse permettent d'effectuer la fabrication. Les différents éléments en contact avec le ¹⁸F sont donc contaminés et sont traités par la suite comme déchets radioactifs.

- Le contrôle qualité, l'emballage et l'expédition,

Les manipulations avec le produit fini lors de ces différentes étapes sont susceptibles de mettre en contact des éléments avec le ¹⁸F. Cela conduit donc à la production de déchets potentiellement contaminés.

- Les maintenances diverses :

Les déchets radioactifs produits peuvent être de natures liquides, gazeux mais surtout solides (pièces usagées du cyclotron). Ces déchets et en particulier ceux provenant des cibles sont entreposés dans des stockeurs blindés dans le bunker du cyclotron P01/P02 (*cf. Figure 1 ci-après*).

5.2 Le RIPA

Dans l'unité RIPA, les locaux susceptibles de produire des déchets radioactifs sont :

- La Radiochimie
- La R&D préclinique
- La salle du Micro PET
- Le contrôle qualité recherche

Les secteurs de la Radiochimie/Contrôle qualité et de la R&D préclinique sont susceptibles de générer des effluents et des déchets radioactifs dus aux activités de synthèses/radiomarquages et de manipulations pouvant mettre en contact des éléments radioactifs ou chimiques et des éléments consommables (gants, blouses, charlottes...). Les cartouches de synthèses (des différents radioisotopes) et les éluions de ^{68}Ga contaminées sont entreposées dans une enceinte blindée pour décroissance.

L'activité d'imagerie réalisée dans la salle du Micro PET va aussi produire des déchets constitués par des cadavres d'animaux à qui on aura administré un radiotracer mais aussi par des consommables potentiellement contaminés (gants, ...).

La présence de lignes pour le transfert des radionucléides du cyclotron jusqu'aux enceintes blindées de Radiochimie et de la R&D préclinique est également une source de déchets constitués par les éléments de ces lignes.

5.3 Nature, état physique et types de déchets

Parmi les trois types de déchets produits par les activités du CYROI, on note la présence d'un certain nombre de radionucléides caractéristiques.

❖ Au niveau des **liquides** :

Les effluents collectés par le réseau d'assainissement de l'établissement sont susceptibles de contenir du ^{18}F provenant de l'unité de production ainsi que les effluents liquides de l'unité RIPA susceptibles de contenir du ^{18}F , ^{68}Ga , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{111}In , ^{177}Lu et ^{89}Zr

Par ailleurs, les analyses réalisées par les personnes compétentes en radioprotection (PCR) et l'IRSN (Annexe 1) sur les effluents liquides recueillis lors des phases de maintenance du cyclotron montrent la présence des radionucléides suivants :

Radionucléide	Période	Activité volumique (Bq/l)
^{22}Na	2,3 ans	$0,96 \pm 0,39$
^{54}Mn	312 jours	$7,7 \pm 0,9$
^{58}Co	71 jours	$24,2 \pm 1,9$
^{57}Co	272 jours	107 ± 7
^{56}Co	77 jours	$22,1 \pm 1,7$
^{109}Cd	462,6 jours	121 ± 15

⁶⁵ Zn	243,9 jours	3,2 ± 0,9
------------------	-------------	-----------

❖ Au niveau des déchets solides contaminés :

Les radionucléides présents sont ceux manipulés par les équipes le ¹⁸F (majoritaire), ⁶⁸Ga, ^{99m}Tc, ¹¹¹In, ⁸⁹Zr, ¹⁷⁷Lu. Cependant, des études nous montrent que d'autres radionucléides sont présents dans les déchets solides constitués par les kits de synthèse et par les pièces usagés du cyclotron¹. Ces radionucléides sont les suivants :

Radionucléide	Période (jours)	Activité massique (Bq.kg ⁻¹)	Spectre (%)
¹⁰⁹ Cd	463	6461	43,5
⁵⁸ Co	71	3926	26,4
⁵⁶ Co	77	3000	20,2
⁵¹ Cr	27,7	852	5,7
⁵⁷ Co	272	439	3,0
⁵⁴ Mn	312	100	0,7
⁶⁵ Zn	244	48	0,3
⁹⁶ Tc	4,35	11	0,1
⁹⁵ Nb	35	9	0,1
^{110m} Ag	250	2	0,0

Compte tenu de leur faible activité massique et de leur faible contribution au spectre, le ⁹⁶Tc, le ⁹⁵Nb et le ^{110m}Ag sont négligeables.

❖ Au niveau des effluents gazeux :

Il y a production principalement de :

- ¹³N lors des phases éventuelles de pré-irradiation et de maintenance du cyclotron
- ¹⁸F lors des tirs d'irradiation et lors des synthèses chimiques

Une faible proportion en ¹⁷⁷Lu, ⁸⁹Zr, ⁶⁸Ga, ^{99m}Tc peut potentiellement être présente par la volatilité de ces éléments manipulés.

¹ Louise BOWDEN et all. Radionuclide impurities in proton-irradiated [¹⁸O]H₂O for the production of ¹⁸F : activities and distribution in the [¹⁸F]FDG synthesis process. Applied Radiation and isotopes 67(2009) 248-255
Page 6 sur 24

5.4 Déchets solides et liquides - Problématique du Lutétium 177m

L'EndolucinBeta®, précurseur radiopharmaceutique au Lutétium 177, produit par méthode indirecte, destiné aux radiomarquages/injections sur le petit animal par l'unité RIPA, présente un taux de contamination de 10^{-5} % en lutétium 177 métastable² de période > 100 jours (T= 160,4 jours).

Au vu du faible taux de contamination de l'EndolucinBeta® contrairement au Lutathera®, la présence de ^{177m}Lu est considérée comme négligeable. Les déchets générés (liquides/solides) seront ainsi gérés par décroissance sur la base de la période du ¹⁷⁷Lu (6,73 jours).

6. Identification des zones d'entreposage des effluents liquides, gazeux et des déchets radioactifs solide

On distingue plusieurs zones dédiées au stockage des déchets radioactifs :

- Local décroissance: déchets issus du P12 en remplissage
- Local « douteux » : déchets en décroissance et stockage des déchets ANDRA (cf. **Figure 1 ci-après**)
- Casemate cyclotron : déchets issus des maintenances cyclotrons / déchets ANDRA
- Local - Congélateur : les cadavres d'animaux sont entreposés dans un congélateur pour décroissance avant envoi à l'équarrissage
- Local - Animaux vivants ayant reçu une injection sont gérés par décroissance dans une armoire spécifique avant retour à l'animalerie.
- Local déchets RIPA

7. Modalités de gestion des effluents et déchets radioactifs de l'établissement

L'ensemble des effluents et déchets contaminés produits au sein du CYROI sont collectés, triés et gérés de manière à réduire au maximum l'exposition des personnes face aux dangers des rayonnements ionisants. L'existence de différents types d'effluents et de déchets implique la mise en place de modes de gestion adaptés (cf. Annexe 2).

7.1 Les effluents liquides

L'origine des radionucléides présents dans les effluents liquides conditionne leur gestion.

² Circulaire ASN sur l'évolution des conditions d'autorisation des services de médecine nucléaire par l'ASN pour la détention et l'utilisation du lutétium-177 – CODEP-DTS-2020-025925

« Utilisation du Lu177 en MN- Réglementation applicable et perspectives » - ASN – Rencontres convergences Santé Hôpital RENNES – 19 septembre 2018

7.1.1 Réseau de collecte de la zone UPR et RIPA

Tous les effluents liquides susceptible d'être contaminés de la zone UPR et du RIPA, provenant des points d'eau de la zone (évier, lavabos...) sont collectés et dirigés vers le local dit « douteux » comportant un système de contrôle radiologique. Le réseau de collecte de ces effluents et la disposition du local est présenté sur le schéma suivant.

La cuve de collecte est contrôlée de manière continue par une sonde de contamination. Il y a alors deux possibilités :

- Soit la sonde de contamination ne détecte pas d'activité et les effluents sont dirigés vers le réseau principal d'évacuation des eaux usées de l'établissement ;
- Soit la sonde de contamination détecte une activité dépassant le seuil fixé de 30 cps ($30 \text{ cps} = 2 \times \text{bdf}$) et les effluents sont alors dirigés vers une des deux cuves pour suivre la procédure de mise en décroissance.

En cas de défaut de la sonde, les effluents sont dirigés vers les cuves de décroissance.

La mise en décroissance des effluents liquides contaminés issus de tous les lavabos est réalisée grâce à deux cuves (*cf. RP-FT-04*). Le principe est d'utiliser une cuve en remplissage pendant que l'autre est en décroissance.

Lorsqu'une cuve est signalée pleine au 3/4 par le Tableau de Contrôle des Rayonnements (TCR), la PCR procède à un contrôle par spectrométrie d'un échantillon des effluents de la cuve afin de s'assurer que l'activité contenue soit conforme à la réglementation pour être rejetée.

Une fois le contrôle effectué, la PCR vidange la cuve analysée et la bascule comme cuve de remplissage. L'autre cuve est mise en décroissance. Le registre des cuves RP-ENR-39 est complété avec date de fermeture, date de vidange ainsi que le spectre de l'échantillon.

7.1.2 Déchets liquides

Les déchets liquides sont triés et recueillis dans des bidons pour faciliter leur élimination (*cf. RP-PRT-22*) :

- Vide de ligne des enceintes – évacuation vers les eaux usées.
- Liquides issus des automates de synthèse/radiomarquages : triés selon le radionucléide et récoltés dans des bidons fournis par la STARDIS (SUEZ) – évacué vers l'Université de la Réunion - filière de déchets chimiques.
- Liquides issus de la maintenance du cyclotron – évacué par l'ANDRA.
- ^{18}O usagé – évacué par l'ANDRA

Chaque bidon de déchets liquides fait l'objet d'une identification de type LAA-xx et est renseigné sur le registre RP-ENR-08. Ils font l'objet d'un contrôle de non contamination puis sont entreposés dans le « local douteux » avant d'être caractérisé par une spectrométrie ou par l'IRSN. Ce contrôle qui est nécessaire et obligatoire permet de confirmer ou non la présence de radionucléides de période radioactive supérieure à 100 jours.

La PCR valide les résultats avant rejet ou avant envoi à l'ANDRA. 3 cas sont possibles :

- 1^{er} cas : Le liquide n'est pas contaminé : il peut être éliminé en suivant la filière conventionnelle correspondante.
- 2^{ième} cas : Le liquide est contaminé par des radionucléides de période radioactive de moins de 100 jours. Le bidon est géré par décroissance pendant 10 périodes minimum du radionucléide présent ayant la plus grande période radioactive.
- 3^{ième} cas : On détecte des radionucléides de période supérieure à 100 jours, les liquides sont stockés en fût F30 et seront pris obligatoirement en charge par l'ANDRA. Ce cas concerne principalement les liquides provenant de la salle cyclotron.

Version publique

7.2 Les déchets solides

7.2.1 Identification

Les déchets solides générés par la zone de production pharmaceutique (hors cyclotron) et la zone RIPA sont collectés et triés dans des sacs plastiques en fonction des radionucléides présents.

Chaque sac de déchets solides fait l'objet en sortie de zone d'une identification de type :

- I AA-xx pour les déchets solides provenant de la zone imagerie
- S AA-xx pour les déchets solides provenant de la zone RIPA et UPR

Les déchets provenant de la casemate cyclotron P01/P02 sont issues principalement des maintenances du cyclotron : pièces détachées du cyclotron (ion-source, feuilles d'Havar®, peek tubing ...). Ces déchets sont triés et conditionnés dans des conteneurs plombés à l'intérieur du bunker du cyclotron avant d'être éliminés vers les filières dédiées et adaptées. (cf. Figure 1)

Les déchets générés par l'établissement pharmaceutique (hors cyclotron) sont constitués principalement de flacons, seringues, tubulures, aiguilles, gants, papiers, géloses, kits de synthèse etc...

Dans l'unité RIPA, les déchets solides provenant de la Radiochimie sont mis dans des poubelles plombées qui recueillent les déchets en fonction de la nature des radionucléides contenus, une pour les demi-vies courtes < 1 jour (F^{18} , Ga^{68} , Tc^{99m}), une pour les demi-vies > 1 jour (In^{111} , Lu^{177} , Zr^{89}) ou dans l'enceinte blindée MIP3 afin d'optimiser leur élimination après décroissance. Ceux provenant des enceintes de la R&D préclinique sont collectés et entreposés temporairement dans le SAS R09 avant de rejoindre le local « douteux » ou le local de décroissance RIPA.

Les générateurs en fin d'utilisation et à péremption de $^{68}Ge/^{68}Ga$ et de $^{99}Mo/^{99m}Tc$ sont entreposés dans le local de décroissance RIPA, situé sous l'escalier en attente de retour vers leur fournisseur respectif.

7.2.2 Modalités de contrôle et d'élimination

Avant toute élimination de déchets, une mesure de la radioactivité résiduelle est obligatoire **ET** a minima une période de décroissance doit être respectée de 10 fois la période la plus contraignante du radionucléide susceptible d'être présent.

3 cas sont possibles :

- 1^{er} cas : Les déchets solides ne sont pas contaminés : ils peuvent être éliminés dans le circuit des déchets conventionnels (DASRI ou DAOM selon leur nature)
- 2^{ème} cas : Les déchets solides sont contaminés par des radionucléides de période radioactive de moins de 100 jours : les déchets sont gérés par décroissance pendant 10 périodes minimum du radionucléide présent ayant la plus grande période radioactive.
- 3^{ème} cas : On a connaissance ou on détecte des radionucléides de période supérieure à 100 jours : les déchets solides sont stockés en fût F120 de l'ANDRA. Ce cas concerne principalement les déchets provenant des modules de synthèses et du cyclotron.

Le personnel formé et habilité contrôle à l'aide d'un contaminamètre chaque sac de déchets solides issues des zones sensibles :

- Local technique cyclotron
- CQ
- Local décroissance
- Zone RIPA + imagerie

Le personnel assurant l'entretien, formé en radioprotection, effectue de la même manière, sous la responsabilité des PCR, le contrôle radiologique des sacs de déchets solides non radioactifs (triés au préalable) issus des locaux suivants :

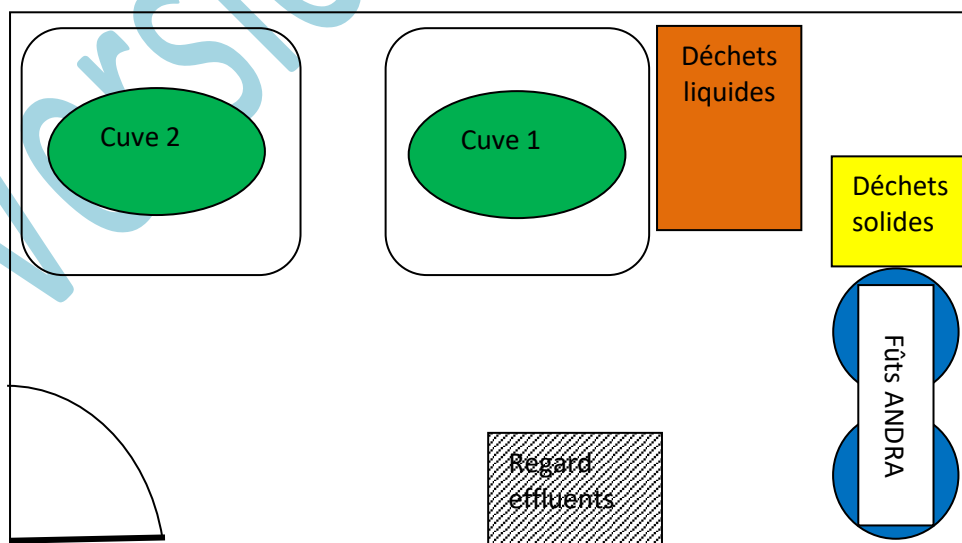
- Bureau cyclotron
- SAS de la zone de production
- Emballage
- Laboratoire de production
- Vestiaire chaud
- Vestiaire chaud
- Bureau imagerie

Au niveau de la salle du Micro PET, les animaux vivants injectés sont entreposés dans une armoire spécifique et les cadavres d'animaux dans un congélateur et gérés en décroissance. Ils seront respectivement évacués vers l'animalerie ou éliminés par une filière spécifique après un contrôle de non contamination réalisé par le personnel RIPA.

Pour tout déchet solide, le taux de comptage doit être **inférieur à deux fois le bruit de fond** pour permettre son élimination.

En cas de contamination résiduelle, le sac est géré et mis en décroissance par les PCR pour contrôle ultérieur et éventuellement tri du sac pour réduire le volume de stockage.

Les déchets contrôlés sont acheminés par les PCR vers le local douteux ou le local déchets RIPA où ils font l'objet d'un 2^{ème} niveau de contrôle et sont entreposés suivant le schéma suivant :




	Plan de gestion des déchets du CYROI	
	Mise en application : 13/11/2023	RP-PRO-04 v.9

Figure 1: Schéma d'organisation du local douteux

Le contrôle radiologique et l'élimination des déchets est tracée dans les enregistrements suivants :

- RP-ENR-22 lors du contrôle de sortie de zone, disponible aux points de contrôle : Vestiaire chaud et SAS d'expédition
- RP-ENR-31 disponible au local douteux pour tracer leur décroissance et leur élimination
- RP-ENR-62 : Retour des animaux vers l'animalerie
- RP-ENR-73 : Déchets solides issus de la zone imagerie
- RP-ENR-53 : Cadavres d'animaux – zone imagerie
- RP-ENR-18 : Déchets solides issus de la zone RIPA

Les déchets solides de période courtes (< 100 jours) sont entreposés au local déchets RIPA ou au local douteux pour décroissance pendant 10 périodes minimum puis évacués dans la filière correspondante après contrôle radiologique.

Les déchets solides de vie longue (> à 100 jours) sont entreposés dans des fûts fournis et pris en charge par l'ANDRA.

Mesure de la radioactivité résiduelle - Principes

- Être dans une zone à bas bruit de fond
- Pas d'interférence avec d'autres sources, rayonnements parasites
- Prendre la valeur du bruit de fond
- Passer le contaminamètre lentement (au contact) sur toute la surface du sac.
Ne pas hésiter à faire des mesures en profondeur notamment en cas de doute et attendre la stabilisation de la valeur
Temps de mesure estimé : 30 secondes environ
- Prendre la valeur de la radioactivité la plus importante mesurée
- Remplir les registres correspondants
- Retirer/masquer tout symbole radioactif (y compris sur les étiquettes)

7.3 Les effluents gazeux

Les effluents gazeux rejetés à l'émissaire peuvent contenir des radionucléides de périodes courtes sous forme gazeuse. Les principaux radioéléments rejetés sont le Fluor 18 et l'Azote 13 de périodes respectives : 109,8 min et 10 min. Ces effluents radioactifs gazeux peuvent être générés :

- lors des phases de tirs sur les cibles du cyclotron chargées en eau enrichie liquide O18
- lors des phases de transferts des cibles liquides de Fluor 18 vers les enceintes de synthèse en cas de fuite au niveau des vannes de transfert ou d'un défaut de raccordement des capillaires de transfert aux vannes,
- lors des phases de synthèse chimique dans les enceintes en cas de fuite des gaz de synthèse au niveau du module de synthèse (kit mal raccordé ou défectueux, événement du module non correctement raccordé à la baudruche de collecte des gaz).

En raison de la faible volatilité des produits finis sous forme liquide marqués au fluor 18, les opérations de répartition et de contrôle qualité sont très faiblement génératrices d'effluents gazeux.

Les étapes de radiomarquages réalisées au RIPA sur les autres radioéléments pourraient également générer des effluents gazeux. Ces effluents sont majoritairement recueillis dans des boudruches et vidés après décroissance.

Les gaz qui sont produits lors de ces activités sont collectés par un réseau de gaines (Cf. Figure 6) et acheminés vers la cheminée de l'établissement après passage au travers de 6 filtres terminaux de type THE (niveau de filtration THE supplémentaire pour l'extraction du local cyclotron). Les enceintes dans lesquelles sont réalisées les synthèses disposent également de filtres mixtes THE / charbon actif permettant de filtrer l'air avant de rejoindre le réseau des gaines d'évacuation. Une sonde de contamination se trouve avant le dernier niveau de filtration et deux sondes après celui-ci afin de garantir une surveillance continue des rejets gazeux.

Formes physico-chimiques des radionucléides émis

Données issues de, A. cordelle, S.Van Ryckeghem, A. Fallot – 2017 « État des lieux en France des rejets radioactifs gazeux émis par les installations détenant un cyclotron - Radioprotection, 52(4), 291–296

Et», S.Van Ryckeghem 2021 « Caractérisation des formes physico-chimique des deux radionucléides principaux (¹⁸F et ¹¹C) produits par irradiation de cible et du principal radionucléide parasite (¹³N) rejetés par les installations françaises de fabrication de radiopharmaceutiques au moyen d'un cyclotron , Radioprotection 2021, 56 (2) 127-135

- lors de la phase d'irradiation de la cible liquide

RN	Réaction principale	Réaction secondaire	Forme physico-chimique identifiée
¹⁸ F liquide Cible liquide de H ₂ O ₂	¹⁸ O(p,n) ¹⁸ F	¹⁶ O(p, α) ¹³ N	[¹³ N]N ₂ , [¹³ N]NO, [¹³ N]NO ₂

- Avant la synthèse : activation chimique des ions fluorures [¹⁸F]F⁻ (étape antérieure à la fluoration commune aux radiopharmaceutiques à partir d'ions fluorures – afin d'augmenter le pouvoir nucléophile du F18)
 - principalement du H[¹⁸F]F_{gaz}
 - de potentiels aérosols émis lors du séchage du réactif et dont la composition n'est pas connue.
- Lors du processus de synthèse du [¹⁸F]FDG avec précurseur de type triflate (réaction secondaire non souhaitée)



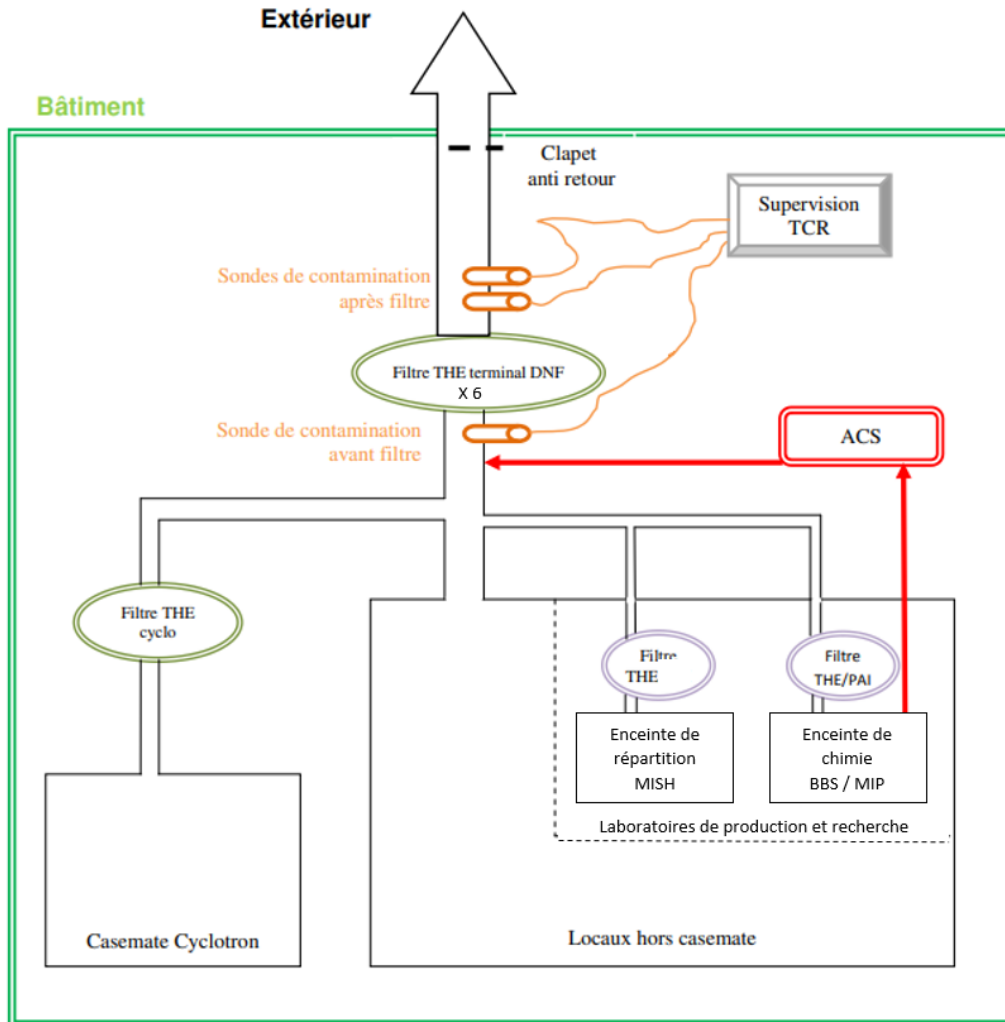


Figure 2: Schéma simplifié de la ventilation

Les effluents gazeux sont ainsi rejetés par l'émissaire situé au-dessus de l'étage technique du bâtiment et situé au point le plus haut de l'ensemble des bâtiments.



Chaque salle est en dépression l'une par rapport à l'autre de manière à créer une cascade de dépression vers les zones les plus à risques. L'air extrait de chaque local est contrôlé par une sonde de contamination, avec un report des valeurs sur le TCR, avant d'être rejeté.

En cas de détection d'une contamination avant et/ou après les filtres terminaux, la ventilation s'arrête automatiquement avec fermeture du clapet anti-retour dans la gaine d'extraction générale, au profit d'un confinement statique de toute la zone. Dès que les sondes de contamination avant filtres et après filtres détectent une activité volumique inférieure au seuil de coupure, le TCR autorise le redémarrage du moteur d'extraction de la centrale de traitement d'air (CTA Prod) qui se fait manuellement en façade de l'armoire de régulation. La mise en service se fait dans un ordre particulier pour éviter une dispersion de la contamination des enceintes blindées vers le laboratoire de production :

- Ouverture du registre motorisé d'isolement du VEX-CTA1,
- Démarrage du VEX-CTA1 en petite vitesse,
- Démarrage des 3 VEX (enceintes blindées)
- Démarrage du VEX-CTA en grande vitesse,
- Démarrage des VEX (sorbonnes)

Ce dernier démarre, dans un premier temps, en petite vitesse dans les zones présentant le plus gros risque de contamination (les enceintes de production et le local cyclotron) afin de recréer un sens de circulation cohérent et passe ensuite en grande vitesse avec une valeur nominale de 19 000 m³/h.

Au niveau des enceintes de manipulation, en cas de détection d'une contamination, un système automatique asservi par des sondes de contamination appelé « ACS » prend le relais sur la ventilation principale et dirige l'air contaminée dans des réservoirs de stockage sous pression pour éviter des rejets d'effluents gazeux dans l'environnement. Les réservoirs du système ACS sont confinés dans un local en dépression relié à la ventilation principale.

7.3.1 Elimination

Les effluents gazeux produits par le cyclotron ou les modules de synthèses ont de faibles périodes. Le ^{18}F vaporisé est le radionucléide de plus longue période qu'on peut retrouver dans les mélanges de gaz se retrouvant au niveau des filtres. La quantité produite est très faible et occasionnelle.

En cas de détection d'effluents radioactifs, le système de surveillance radiologique coupe la ventilation et garde les locaux en confinement statique, le système de ventilation se met en 15 secondes en confinement pour environ 35 m^3 d'air rejetée ce qui permet d'empêcher et limiter tout rejet radioactif intempestif dans l'atmosphère. Le confinement permet d'éviter que tout effluent radioactif de l'installation soit évacué par la cheminée en dehors de l'établissement. Le seuil de coupure de la ventilation et de mise en confinement de l'installation est fixé à 384 kBq/m^3 .

La vidange des tanks de l'ACS est précédée d'une mesure à l'aide d'une sonde de contamination afin de contrôler l'absence de radioactivité avant rejet dans l'émissaire.

7.3.2 Estimation de l'activité des rejets gazeux

L'activité maximum rejetée sous forme gazeuse de l'installation a été évaluée sur la base d'hypothèses de calculs pénalisantes et à partir des enregistrements du TCR en 2016 et est estimée à **86,42 GBq/an**. C'est la valeur arrondie à **100 GBq /an** (RP-RAP-13) qui a servi de base pour l'étude d'impact. C'est également cette valeur qui constitue la limite de l'autorisation ASN actuelle concernant le rejets d'effluents radioactifs dans l'environnement.

Une estimation des rejets des effluents radioactifs dans l'atmosphère est réalisée de manière mensuelle à partir des enregistrements du TCR (module logiciel d'estimation des rejets du TCR prenant en compte les valeurs enregistrées pour la ventilation et les sondes de contamination atmosphérique) ainsi que sur 12 mois glissants.

En cas de modification des systèmes de confinement (*tel que l'ACS ou le seuil de coupure de la ventilation*), le système de monitoring actuel permettrait de procéder à une surveillance hebdomadaire ou quotidienne des quantités d'effluents radioactifs rejetés.

RADIABAT MONITORING CLIENT

Acist Healthcare

RPS | TSDS | BMS | LWS | VAS | REPORTS | ADMIN







Logout

Pending alarms | Archived alarms | RawData Historic | Chimney release

Start period: 2015/11/09 05:00 M End period: 2015/12/09 18:00 M [get data](#) [csv report](#) [pdf report](#)

Date	release (KBq/m ³)	flow (m ³ /h)	total (KBq/min)	
2015-11-09 05:00	1.10	19309.92	354.01	
2015-11-09 05:01	1.15	19456.92	372.92	
2015-11-09 05:02	0.89	19588.24	290.55	
2015-11-09 05:03	0.85	19543.16	276.86	
2015-11-09 05:04	1.05		0.00	
2015-11-09 05:05	1.00	19560.80	326.01	
2015-11-09 05:06	0.96	19760.72	316.17	
2015-11-09 05:07	1.06	19745.04	348.82	
2015-11-09 05:08	1.00		0.00	
2015-11-09 05:09	1.03	19796.00	339.83	
2015-11-09 05:10	1.07	19398.12	345.93	
2015-11-09 05:11	1.10	19590.20	359.15	
2015-11-09 05:12	1.11	19541.20	361.51	
2015-11-09 05:13	1.00		0.00	
2015-11-09 05:14	0.98	19619.60	320.45	
2015-11-09 05:15	1.03	19535.32	335.35	
2015-11-09 05:16	0.92	19370.68	297.01	
2015-11-09 05:17	1.00	19360.88	322.68	
2015-11-09 05:18	1.16		0.00	
2015-11-09 05:19	1.17	19341.28	377.15	
2015-11-09 05:20	0.96	19686.24	314.97	
2015-11-09 05:21	1.00	19421.64	323.69	

Count period: 30.54 jours Release total (GBq): 9.82 38725 record(s)

8. Dispositions de surveillance de l'environnement

La politique de gestion des déchets du CYROI permet d'éviter tout impact significatif sur l'environnement aux moyens de contrôles en continu et en fonction des déchets à évacuer.

Pour rappel :

- Les déchets solides sont systématiquement contrôlés avant élimination.
- Les effluents liquides rejetés vers le réseau d'eaux usées sont contrôlés de manière continue. Les autres déchets liquides sont contrôlés systématiquement avant élimination.
- Un contrôle continu des effluents gazeux permet de limiter au maximum le rejet de gaz contaminé dans l'atmosphère.

ANNEXES

1. Rapport d'Analyse des effluents liquides par l'IRSN
2. Logigramme de la gestion des effluents et des déchets contaminés

Version publique

 CYROI Recherche Santé Bio-innovation Radiopharmaceutiques	Plan de gestion des déchets du CYROI	
	Mise en application : 13/11/2023	RP-PRO-04 v.9

Annexe 1 : Rapport d'analyse des effluents liquides par l'IRSN

Version publique

RAPPORT D'ESSAI N° S/12-240-VI

2 16

Donneur d'ordre :

GIP CYCLOTRON REUNION OCEAN INDIEN
Rue Maxime Rivière
97491 Sainte Clothilde CEDEX

Motif de l'analyse :

Evaluation de la radioactivité dans un effluent d'installation.

Prélèvements:

Responsable des prélèvements : GIP CYCLOTRON (97)

Date de réception et de mise en analyse : 14 mars 2012

Résultats exprimés en becquerel par litre à la date de mesure :

N° IRSN	Sodium 22 Bq/l	Manganèse 54 Bq/l	Cobalt 56 Bq/l	Cobalt 57 Bq/l	Cobalt 58 Bq/l	Zinc 65 Bq/l	Cadmium 109 Bq/l
P09 2951	0,96 ± 0,39	7,7 ± 0,9	22,1 ± 1,7	107 ± 7	24,2 ± 1,9	3,2 ± 0,9	121 ± 15
Dates de mesure	21/03/2012						

Pôle radioprotection,
environnement, déchets
et crise

Service de traitement des
échantillons et de métrologie
pour l'environnement

Les incertitudes sont calculées avec un facteur d'élargissement k pris égal à 2

Méthodes d'essai :


Spectrométrie gamma en container de géométrie normalisée (ISO 10703-1997).

Fait à : Le Vésinet

Le : 1^{er} juin 2012

Adresse Courrier
31 rue de l'Ecluse
BP 40035
78116 Le Vésinet Cedex
France

Tél. +33 (0)1 30 15 52 88
Fax +33 (0)1 30 15 37 50

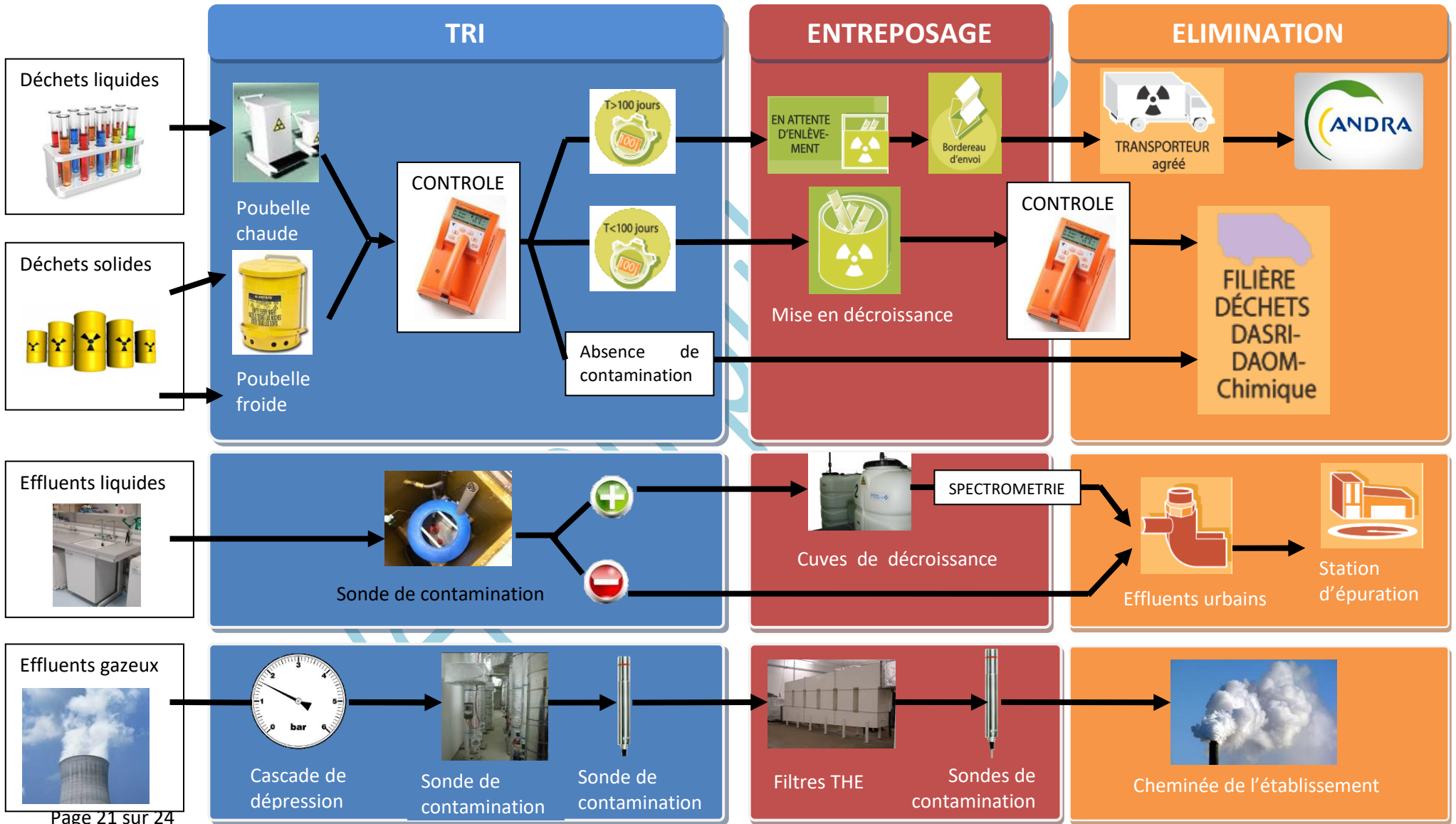


J-L. PICOLO
Adjoint au chef du Service de traitement des échantillons
et de métrologie pour l'environnement

✓ Le présent Rapport d'Essai ne concerne que les objets soumis à l'essai.
✓ La reproduction de ce Rapport d'Essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte une page

Siège social
31, av. de la Division Leclerc
92260 Fontenay-aux-Roses
Standard +33 (0)1 58 35 88 88
RCS Nanterre B 440 546 018

Annexe 2 : Logigramme de la gestion des effluents et des déchets contaminés



Version publique

PRISE DE CONNAISSANCE DU DOCUMENT

NOM Prénom	Date	Signature

Version publique