



PLAN

GESTION DES EFFLUENTS ET DECHETS RADIOACTIFS

21 octobre 2019

Page 1 / 13

RESUME

Ce document décrit les modalités relatives à la gestion des déchets et effluents radioactifs produits au GIP CYCERON conformément à l'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 des radionucléides, ou susceptibles de l'être du fait d'une activité nucléaire.

Il s'appuie notamment sur le Guide n°18 de l'ASN, version du 26 janvier 2012.

VERSIONS DU DOCUMENT

VERSION	DATE	MISE A JOUR
A	29/08/2014	Validation du plan 2014
B	23/10/2014	Précisions : relecture LDM-TEP
C	17/03/2017	Mises à jour : diverses dont changement de directeur
D	06/08/2018	Mises à jour : diverses dont ajout local B003
E	18/10/2019	Mises à jour : diverses dont local B012 et plans annexés

REDACTION ET MISES A JOUR Marie-Lène GAAB, Conseiller en RadioProtection (CRP) de l'établissement	DERNIERE MISE A JOUR Jérôme DELAMARE, Conseiller en RadioProtection (CRP) responsable des installations cyclotron/radiochimie 	TITULAIRES AUTORISATIONS Pr Alain MANRIQUE N° RPPS : 8 10001919223 GIP Cyceron Bvd Henri Becquerel BP 5229 - 14074 Caen Cedex 5 Tél. 02 31 47 02 87 GIP CYCERON Plate-forme d'imagerie Biomédicale Boulevard Henri Becquerel - BP 5229 14074 CAEN CEDEX 5 - FRANCE
--	---	--

Table des matières

RESUME	1
VERSIONS DU DOCUMENT	1
Table des matières	2
1. Cadre du document.....	4
1.1. Régime d'autorisation	4
1.2. Organisation des activités nucléaires	4
1.3. Inventaires	5
2. Déchets radioactifs de période < 100 jours	5
2.1. Effluents gazeux	5
2.1.1. Limitation des rejets.....	6
2.1.2. Etudes d'impact et contrôles des rejets dans l'environnement	6
2.2. Effluents liquides	7
2.2.1. Cas des radionucléides de période < 24 heures.....	7
2.2.2. Cas des radionucléides de période > 24 heures.....	9
2.3. Déchets solides	10
2.3.1. Cas des radionucléides de période < 24 heures.....	10
2.3.2. Cas des radionucléides de période > 24 heures.....	10
3. Déchets radioactifs de période > 100 jours	10
3.1. Déchets issus du secteur de radiobiologie	10
3.2. Déchets issus du secteur de radiochimie / cyclotron.....	11

3.2.1. Caractérisation des déchets produits dans le secteur de radiochimie/cyclotron.....	11
3.2.2. Gestion des déchets en laboratoires.....	12
3.2.3. Gestion des déchets en casemate cyclotron.....	12
3.3. Contrôle des fûts de déchets.....	12
3.4. Entreposage et évacuation des déchets.....	13

1. Cadre du document

Le présent document décrit l'organisation de l'élimination des effluents et des déchets contaminés par des radionucléides, ou susceptibles de l'être du fait des activités nucléaires pratiquées au GIP CYCERON.

1.1. Régime d'autorisation

L'organisation administrative très spécifique de l'établissement, associée à des travaux de recherche allant de la recherche fondamentale à l'essai clinique, occasionnent un découpage de l'exercice de l'activité nucléaire soumise à autorisation. De fait, deux autorisations sont détenues respectivement par :

- le Directeur d'établissement pour les activités nucléaires en recherche ;
- le Médecin Nucléaire pour les activités nucléaires chez l'Homme.

L'**autorisation E015004 à visée recherche** (cf. annexe 1a) est gérée par la Direction du Transport et des Sources de l'Autorité de Sûreté Nucléaire située au siège à Montrouge, tandis que l'**autorisation M140015 de détenir et d'utiliser des radionucléides en sources scellées et non-scellées dans une unité de médecine nucléaire** (cf. annexe 1b) est gérée par la Division ASN de Caen.

La plateforme Cyceron est classée Installation pour la Protection de l'Environnement uniquement au titre de la rubrique n°2925 liée à la présence d'onduleurs.

1.2. Organisation des activités nucléaires

Les travaux menés sur la plateforme Cyceron peuvent être classés selon trois secteurs d'activité distincts :

- la biologie, et dans le cadre d'intérêt la radiobiologie,
- le cyclotron et les laboratoires de radiochimie,
- le lieu de recherche biomédical (LRBM - médecine nucléaire).

Les plans figurant en annexes 2a et 2b identifient et localisent les locaux présentant des risques, notamment compte tenu de l'exposition aux rayonnements ionisants. L'annexe 2c correspond au "zonage déchets" défini dans le guide n°18 de l'ASN.

Les déchets mixtes générés sont traités dans un premier temps pour leur composante radioactive puis dans un second temps pour leur(s) autre(s) caractéristique(s).

1.3. Inventaires

L'inventaire de tous les déchets destinés à la filière Andra est assuré via le classeur Excel "*dechets_radioactifs_cyceron_[date].xlsx*" enregistré à l'emplacement :

`\groups\CYCERON\SCR\04 - Relevés des sources et appareils émetteurs de RI\Déchets`

Cet outil intègre les caractéristiques (contenant, contenu, péremption, poids, etc.) et l'évolution des fûts de déchets.

Un bilan annuel mentionnant la quantité de déchets produits et d'effluents rejetés, contaminés, est transmis une fois par an à l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA). Les documents transmis (cf. bilan 2019 en annexe 3) sont répertoriés à l'emplacement :

`\groups\CYCERON\SCR\04 - Relevés des sources et appareils émetteurs de RI\Déchets\Déclarations_ANDRA`

2. Déchets radioactifs de période < 100 jours

2.1. Effluents gazeux

Le rejet dans l'environnement d'effluents gazeux contenant des radionucléides émetteurs de positons est autorisé dans la limite de 750 GBq/an (cf. annexe 1a). Ces rejets sont issus essentiellement de la casemate cyclotron et des laboratoires de radiochimie associés. Les schémas de ventilation de l'établissement sont présentés en annexes 4a à 4k.

Le carbone-11 est le radionucléide rejeté en majorité (77% de l'activité totale rejetée) du fait de sa forme gazeuse, contrairement au fluor-18 qui se présente sous forme liquide.

2.1.1. Limitation des rejets

Les effluents gazeux issus de la radiochimie sont piégés au plus près de la source, sur les automates et montages de synthèse, par des pièges à charbon actif et/ou à chaux sodée (en fonction de la nature du gaz) couplés à des poches de piégeage étanches.

Toutes les enceintes blindées sont dotées d'un filtre à charbon actif Très Haute Efficacité monté sur leur sortie d'extraction (piégeage des traces de radioactivité résiduelles).

L'extraction de la casemate cyclotron est équipée d'un préfiltre THE et d'un système de filtration à charbon actif (16 cartouches).

Le schéma de principe de l'installation de ventilation est présenté en annexes 4h et 4k.

2.1.2. Etudes d'impact et contrôles des rejets dans l'environnement

2.1.2.1. Modélisation et étude préliminaire

La détermination en amont de l'impact des rejets dans l'atmosphère est basée sur des méthodes reconnues et utilisées en France comme à l'étranger. Elle s'appuie sur l'utilisation de modélisations par codes informatiques. En collaboration avec le GANIL (Grand Accélérateur National d'Ions Lourds), la plateforme de calcul CERES (Code d'Évaluations Rapides Environnementales et Sanitaires), développée par le pôle de compétence en modélisation des impacts du CEA, a été sollicitée pour estimer l'impact des rejets de Cyceron en situation normale et en cas incidentel.

Les annexes 5a et 5b présentent respectivement les études d'impact en fonctionnement normal et accidentel des rejets atmosphériques issus des émissaires du GIP CYCERON. Le scénario retenu pour l'étude d'impact en fonctionnement accidentel correspond à une explosion de cible sans filtration. Le choix de considération du carbone-11 est lié à la forme gazeuse de l'isotope lui permettant de libérer une activité maximale en casemate à un instant t. L'oxygène-15 n'est pas retenu du fait de la faible activité produite à un instant t. Le fluor-18 n'est pas retenu quant à lui pour sa forme liquide d'une part (effet éventuel de vaporisation sur une durée relativement longue), et d'autre part, parce qu'il est piégé en grande partie par le charbon actif du système de filtration.

2.1.2.2. Suivi radiologique de l'environnement

L'impact environnemental des rejets est contrôlé trimestriellement par le laboratoire agréé de l'Association pour le Contrôle de la Radioactivité dans l'Ouest. Les modalités de ces

contrôles sont définies dans le rapport de l'année 2018 présenté en annexe 7. Ces rapports sont enregistrés à l'emplacement :

\\groups\CYCERON\SCR\03 - Contrôles techniques\ACRO\environnement

2.1.2.3. Mesure des activités rejetées

Les rejets d'effluents radioactifs dans l'atmosphère sont suivis en permanence par émissaire. Le matériel utilisé est fourni par la société Berthold (cf. annexes 6a et 6b). Activité rejetée, concentration volumique et débit d'extraction en sortie d'émissaires sont supervisés à partir du logiciel MEVIS installé au poste de pilotage du cyclotron D103.

Le cumul annuel glissant de l'activité rejetée est tracé quotidiennement dans le "Registre de suivi des contrôles radioprotection au poste de commande cyclotron". Des bilans mensuels, semestriels et annuels sont tracés dans le "Registre de suivi des rejets atmosphériques".

2.2. Effluents liquides

2.2.1. Cas des radionucléides de période < 24 heures

2.2.1.1. Effluents liquides aqueux

Evacuation des liquides aqueux contaminés par des radionucléides de période < 24 heures

Cyceron dispose de deux cuves de décroissance de 2000 litres chacune installées dans le local "effluents liquides" D020. Sont reliés aux cuves de décroissance :

- les toilettes destinées aux volontaires injectés pour les examens de Tomographie par Emission de Positons,
- les éviers des laboratoires de radiobiologie, de radiochimie et de médecine nucléaire,
- les douches de décontamination et toilettes situés dans les secteurs de radiobiologie, de radiochimie et de médecine nucléaire.

En fonctionnement normal, seuls les radionucléides de période inférieure à 24 heures sont potentiellement rejetés dans les sanitaires.

Les canalisations d'évacuation "chaudes" sont estampillées d'un trèfle indicatif du caractère potentiellement radioactif des effluents acheminés vers les cuves.

Gestion des cuves de décroissance

Ces effluents sont déversés dans les deux cuves remplies en alternance, ceci permettant le remplissage de l'une le temps de la décroissance, du contrôle puis de l'évacuation de l'autre (délai supérieur à 10 fois la période radioactive la plus longue des éléments présents). Le choix de la cuve approvisionnée s'effectue par ouverture / fermeture des vannes situées sur les tuyauteries en amont.

Un flotteur indique le niveau de remplissage de chaque cuve. En cas de dépassement du seuil, une alarme technique est reportée au poste de garde qui alerte aussitôt :

- le directeur technique ou le responsable sécurité pendant les heures ouvrées (8h-18h),
- le personnel d'astreinte bâtiments en dehors des heures ouvrées (18h-8h).

Un système de trop-plein permet le basculement d'une cuve à l'autre. En situation accidentelle, en cas de remplissage excédentaire (débordement des cuves), les effluents sont déversés dans le bac de rétention. Un avertisseur de présence de liquide au sol permet de remonter une alarme technique en cas de mouillage du bac de rétention (les consignes d'alerte sont les mêmes que précédemment citées). Le cas échéant et après contrôle, l'évacuation est faite par aspiration ou pompage.

Contrôle de l'activité volumique

Les rejets d'effluents liquides dans le circuit collectif d'assainissement sont précédés d'un contrôle systématique de l'activité volumique (gamma et tritium) réalisé par le laboratoire agréé de l'Association pour le Contrôle de la Radioactivité dans l'Ouest. Le dernier rapport de contrôle ACRO est présenté en annexe 12. Tous les rapports de l'ACRO sont disponibles sur l'intranet de Cyceron et enregistrés à l'emplacement :

G:\CYCERON\SCR\R 4451-029 - Contrôles techniques\ACRO

Elimination dans le circuit collectif d'assainissement

Le rejet dans le réseau d'assainissement collectif est réalisé dès lors que le rapport de l'ACRO indique une activité volumique inférieure à 10 Bq/L et l'absence de radionucléide de longue période. Les résultats des contrôles ainsi que les dates et heures des rejets sont tracés dans le "Registre de contrôle des rejets d'effluents liquides dans le circuit d'assainissement collectif".

2.2.1.2. Solvants organiques

Les déchets liquides chimiques contaminés ou susceptibles de l'être par des radionucléides de courte période radioactive sont collectés dans des bidons dédiés à proximité de leur lieu de production (zones de stockage transitoire) et entreposés in-situ le temps de la décroissance radioactive (délai supérieur à 10 fois la période radioactive la plus longue des éléments présents). Toutefois, ils doivent être considérés différemment selon la présence ou l'absence de risque de contamination par des radionucléides de "longue période radioactive".

Lorsque le risque de contamination "longues périodes" est nul, les bidons de collecte sont évacués après un contrôle de contamination enregistré dans le "Registre de contrôle en sortie de Zone Réglementée".

Le risque de contamination "longues périodes" existe particulièrement dans le secteur de radiochimie. A l'issu du remplissage et d'un délai supérieur à 10 fois la période radioactive la plus longue des éléments théoriquement présents, les bidons sont entreposés dans le conteneur extérieur à "déchets radioactifs" jusqu'à ce que l'absence de radionucléide de "longue période" soit avérée (cf. 2.2.1.1.).

2.2.2. Cas des radionucléides de période > 24 heures

Liquides ou solides, les déchets contaminés ou susceptibles de l'être par des radionucléides de période radioactive comprise entre 1 et 100 jours (Sr-82/85, P-32/33, I-125, S-35, Lu-177) sont gérés en décroissance dans des locaux dédiés. Les contenants sont étiquetés avec mention :

- du producteur,
- de la nature des déchets,
- des radioéléments contenus et de leur activité,
- de la date de fermeture,
- de la date possible d'évacuation.

L'évacuation de tout objet est précédée d'un contrôle de contamination enregistré dans le "Registre de contrôle en sortie de Zone Réglementée".

Pour les secteurs de médecine nucléaire et de radiochimie, les déchets de période intermédiaire sont stockés dans le local F8 (cf. plan en annexe 2b). Pour le secteur de radiobiologie, ces déchets sont stockés dans le local D010 (cf. plan en annexe 2a). Dans certains cas, le stockage des déchets issus de l'expérimentation préclinique, peut avoir lieu dans le local technique B003 équipé de deux poubelles plombées conçues spécialement pour la collecte en bac DASRI rigide de 60 litres.

2.3. Déchets solides

2.3.1. Cas des radionucléides de période < 24 heures

Les déchets solides contaminés ou susceptibles de l'être par des radionucléides de courte période radioactive sont entreposés à proximité de leur lieu de production (zones de stockage transitoire plombées) le temps de la décroissance radioactive (délai supérieur à 10 fois la période radioactive la plus longue des éléments présents).

Les déchets conventionnels sont évacués par le personnel de l'entreprise de ménage, les autres déchets (chimiques, DASRI, etc.) par leurs producteurs. Un contrôle systématique de non-contamination des déchets est réalisé (cf. consignes de contrôles de la salle μ TEP-TDM et du SAS de sortie de la radiochimie en annexes 11a et 11b), et tracé dans un "Registre de contrôle en sortie de Zone Réglementée".

2.3.2. Cas des radionucléides de période > 24 heures

cf. 2.2.2.

3. Déchets radioactifs de période > 100 jours

Les déchets radioactifs destinés à la filière ANDRA sont produits soit :

- dans le secteur de radiobiologie,
- dans le secteur de radiochimie :
 - déchets cyclotron,
 - déchets radiochimie du F-18,

Les fûts sont étiquetés avant leur mise en service afin de limiter les erreurs de tri.

3.1. Déchets issus du secteur de radiobiologie

Les déchets contaminés ou susceptibles de l'être sont produits et collectés dans les laboratoires D004 ou D005 (cf. plan en annexe 2a). Le remplissage des fûts ANDRA est réalisé dans le local "déchets radioactifs" D010. Les utilisateurs effectuent un tri entre Liquides Aqueux, Liquides Solvants, Solides Organiques, Solides Incinérables, Solides Compactables et Non-Compactables, et remplissent la fiche associée au fût dont un exemplaire vierge est présenté en annexe 9.

3.2. Déchets issus du secteur de radiochimie / cyclotron

3.2.1. Caractérisation des déchets produits dans le secteur de radiochimie / cyclotron

Des analyses ont été réalisées sur différents échantillons représentatifs : filtre de la casemate du cyclotron, feuillet collant de sortie de casemate cyclotron, eaux de lavage, cartouche de purification utilisée en radiosynthèse, eau enrichie H₂¹⁸O, produits finis issus de la radiochimie, déchets de purification.

	Radionucléide	Période radioactive	
	Emetteurs Gamma		
Radionucléides artificiels (produits d'activation)	24 Na : Sodium-24	14,96 h	}
	46 Sc : Scandium-46	83,8 j	
	60 Co : Cobalt-60	5,3 ans	
	65 Zn : Zinc-65	244,15 j	
	82 Br : Brome-82	1,47 j	
	122 Sb : Antimoine-122	2,7 j	
	124 Sb : Antimoine-124	60,2 j	
	123 I : Iode-123	13,21 h	
	137 Cs : Césium-137	30,0 ans	
	131 Ba : Baryum-131	11,5 j	
	133 Ba : Baryum-133	10,57 ans	
	153 Sm : Samarium-153	1,9 j	
	152 Eu : Europium-152	13,4 ans	
	52 Mn : Manganèse-52	5,59 j	
	54 Mn : Manganèse-54	312,13 j	
	55 Co : Cobalt-55	17,5 h	
	56 Co : Cobalt-56	77,3 j	
57 Co : Cobalt-57	271,79 j		
58 Co : Cobalt-58	70,86 j		
57 Ni : Nickel-57	36 h		
48 V : Vanadium-48	16,0 j		
51 Cr : Chrome-51	27,7 j		
Radionucléides naturels	40 K : Potassium-40	1,3 10 ⁹ ans	}
	7 Be : Béryllium-7	53,2 jours	
	Emetteur Bêta		
	3 H : Tritium	12,3 ans	}

Figure 1 : Radionucléides générés par les activités du cyclotron IBA Cyclone 18/9 et de la radiochimie sur le site de Cyceron

Après un entreposage de trois ans, les déchets ne contiennent plus que des radionucléides de période supérieure à 100 jours.

3.2.2. Gestion des déchets en laboratoires

Les déchets contaminés ou susceptibles de l'être sont produits et collectés :

- sous sorbonnes blindées dédiées en laboratoires D016, D108 et D115 ou en poubelles plombées (zones de stockage transitoire),
- dans les cellules blindées en confinement en laboratoire de chimie chaude D114 et salle blanche D018 le temps de la décroissance radioactive du radionucléide utilisé (délai supérieur à 10 fois sa période radioactive).

Le remplissage des fûts ANDRA est réalisé dans le local "déchets radioactifs" F8 (cf. plan en annexe 2b). Les utilisateurs effectuent un tri entre Liquides Aqueux, Liquides Solvants, Solides Incinérables, Solides Compactables et Non-Compactables.

3.2.3. Gestion des déchets en casemate cyclotron

Les déchets générés du fait du fonctionnement du cyclotron sont :

- des consommables type Equipements de Protection Individuels collectés à l'entrée de la casemate,
- des filtres du système de ventilation,
- des pièces activées du cyclotron (cibleries, strippers, etc.),
- des huiles de pompage,
- des eaux usées (nettoyage sol et matériel).

Des zones de stockage transitoire sont aménagées dans la casemate pour chaque type de déchet (liquides, solides). Les métaux activés pour mise en décroissance sont stockés dans une poubelle plombée dédiée. Un bac de rétention dédié permet le stockage des liquides en provenance de la casemate. Avant de sortir de la casemate, les déchets font l'objet d'une mesure de DED au contact dont le résultat est tracé dans le registre de suivi "Sortie des déchets de casemate cyclotron D105". Les conditions de mise en fût de ces déchets sont les mêmes que décrit au paragraphe précédent.

Nota : Aucun fût ANDRA n'est entreposé en casemate afin d'éviter toute contamination externe.

3.3. Contrôle des fûts de déchets

Avant de sortir du local de gestion des déchets radioactifs (D010 ou F8), les fûts font l'objet :

- d'un contrôle de contamination surfacique :

- comptages gamma de frottis,
- comptages bêta à la recherche de tritium,
- de mesures de Débit de Dose :
 - au contact,
 - à 1 mètre.

L'ensemble des résultats est tracé soit :

- sous format informatique à l'emplacement :

`\groups\CYCERON\SCR\04 - Relevés des sources et appareils émetteurs de RI\Déchets\[date]_enlèvement_déchets_Andra`

- sous format papier dans le classeur "Déchets radioactifs".

3.4. Entreposage et évacuation des déchets

Les déchets conditionnés conformément aux recommandations de l'ANDRA prêts à être évacués sont acheminés vers le conteneur extérieur présentant une rétention des liquides sur l'ensemble de sa surface et une ventilation naturelle. Ce conteneur, classé Zone Contrôlée verte, est fermé à clé et son accès est limité aux personnes qualifiées et à leur(s) accompagnant(s).

Avant entreposage, chaque fût est pesé et son étiquetage contrôlé. Les fûts sont rangés par date de péremption déterminant la date (année) limite d'enlèvement.

L'enlèvement est préparé par les producteurs de déchets et les membres de la cellule radioprotection en étroite collaboration avec la société prestataire, notamment en termes d'accessibilité au site (cf. plan d'accès à la plateforme de chargement sur le campus Horowitz en annexe 10). Un protocole de sécurité est préalablement établi entre les parties.