

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
F	12/01/2023	Application Agir, annexes de tri des déchets en secteur radiochimie/cyclotron et autres divers
G	12/06/2023	Intégration du bâtiment F

Nature de la révision	Création de Document	
VERSION G	Rédaction	Validation
Signé par	████████████████████	████████████████████
Fonction	████████████████████	████████████████████
Date	████████████████	████████████████
Visa	████████████████████	████████████████████

Table des matières

RESUME	1
VERSIONS DU DOCUMENT	1
Table des matières	2
Illustrations.....	3
1. Cadre du document.....	4
1.1. Régimes administratifs	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. Études d'impact et contrôles des rejets dans l'environnement	7
2.2. Effluents liquides	8
2.2.1. Cas des radionucléides de période < 24 heures.....	8
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	11
3.1. Déchets issus du secteur de radiobiologie	11
3.2. Déchets issus du secteur de radiochimie / PUI / cyclotron.....	11
3.2.1. Caractérisation des déchets produits dans le secteur de radiochimie / PUI / cyclotron.....	11
3.2.2. Gestion des déchets en laboratoires.....	12
3.2.3. Gestion des déchets en casemate cyclotron.....	13
3.3. Contrôle des fûts de déchets.....	13
3.4. Entreposage et évacuation des déchets.....	14

Illustrations

Figure 1 : Schéma de principe du CSG (système de compression des gaz) - PUI de Cyceron 6

Figure 2 : Radionucléides générés par les activités du cyclotron IBA Cyclone 18/9 et de la radiochimie / PUI sur le site de Cyceron 12

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. Régimes administratifs

L'organisation administrative très spécifique du GIP, 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 la partie recherche dans sa globalité, hors injection à l'homme : Monsieur Benoit Haelewyn (depuis 2019, les appareils autobloqués sont sortis de l'autorisation pour passer sous le régime déclaratif – en 2024, les 2 autres générateurs X passeront sous le régime de l'enregistrement),
- le Médecin Nucléaire pour les aspects relevant du domaine médical : Professeur Alain Manrique.

L'autorisation E015004 à visée recherche est gérée par la Direction du Transport et des Sources de l'Autorité de Sûreté Nucléaire située 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, ainsi que les déclarations T140399 de détenir et d'utiliser 4 générateurs X autobloqués, sont gérées 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 activités nucléaires réalisées au sein du GIP Cyceron peuvent être classées selon quatre secteurs d'activité distincts :

- la radiobiologie, comprenant la recherche préclinique,
- le LRIPH (lieu de recherche impliquant la personne humaine), médecine nucléaire,
- la radiochimie, avec la partie cyclotron,
- la PUI (pharmacie à usage intérieur).

Les plans figurant en annexe 1 identifient et localisent les locaux présentant des risques, notamment compte tenu de l'exposition aux rayonnements ionisants. L'annexe 2 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 l'application Agir développée par l'Inserm : <https://agir.inserm.fr/radiological/waste-management>

Cet outil, dont la clé d'entrée est le fût de déchets, intègre les caractéristiques (contenant, contenu, péremption, poids, contrôles, etc.) et l'évolution de ces fûts de déchets.

Un bilan annuel mentionnant la quantité de déchets produits et d'effluents rejetés est transmis une fois par an à l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA). Les documents transmis 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 de période radioactive inférieure à 100 jours est autorisé dans la limite de 750 GBq sur 12 mois glissants (cf. autorisation ASN E015004). Ces rejets sont issus essentiellement de la casemate cyclotron, des laboratoires de radiochimie associés et de la PUI. Les schémas de principe des systèmes de ventilation de l'établissement sont présentés en annexes 3.

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

L'extraction de la casemate cyclotron est équipée d'un préfiltre moyen M6 et d'un système de filtration à charbon actif (16 cartouches).

Les effluents gazeux issus de la radiochimie et de la PUI 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 du bâtiment D sont dotées d'un filtre à charbon actif Très Haute Efficacité monté sur leur sortie d'extraction (piégeage des traces de radioactivité résiduelles).

Les cellules blindées du bâtiment F (PUI) sont également dotées d'un filtre THE symbolisé par . De plus, un système de compression des gaz (CSG) immobilise les gaz radioactifs jusqu'à leur rejet après décroissance (minimum 4 heures si manipulation de Carbone-11 et minimum 20 heures si manipulation de Fluor-18).

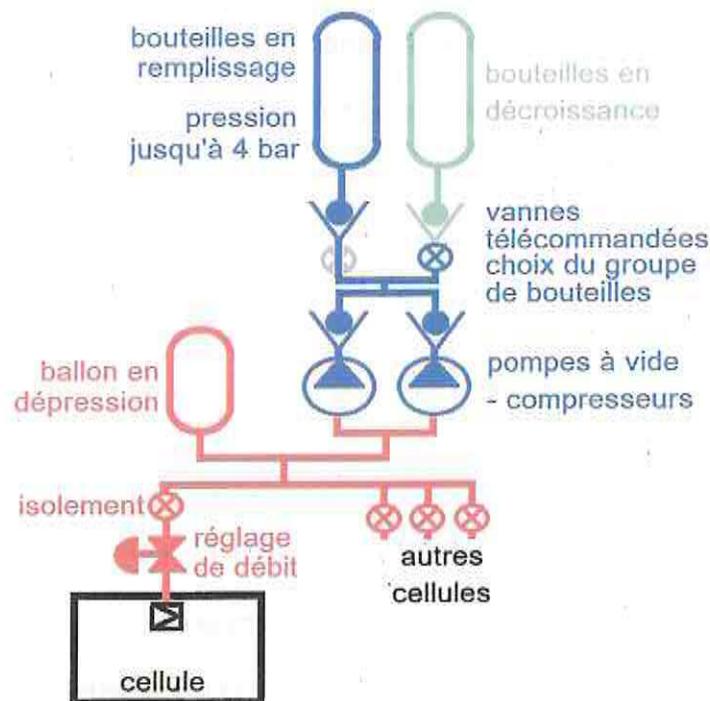


Figure 1 : Schéma de principe du CSG (système de compression des gaz) - PUI de Cyceron

2.1.2. Études 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 accidentel.

Les études initiales réalisées en 2013 et 2014 ont été complétées en 2023 en tenant compte du rapport IRSN 2022-00193 « *Éléments méthodologiques pour l'élaboration de l'étude d'impact radiologique d'une installation cyclotron* ».

Les annexes 4 présentent respectivement les études d'impact en fonctionnements normal et accidentel des rejets atmosphériques issus des émissaires du GIP CYCERON.

2.1.2.2. Suivi radiologique de l'environnement

L'impact environnemental des rejets est contrôlé trimestriellement par le laboratoire agréé de l'ACRO (Association pour le Contrôle de la Radioactivité dans l'Ouest). Les modalités de ces contrôles sont définies dans le rapport présenté en annexe 5. Ces rapports sont enregistrés à l'emplacement :

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

Ils sont également mis à disposition du public sur le site internet de l'ACRO.

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 6). 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 à chaque production dans le « *Registre Activité Cyclone.xlsx* » enregistré à l'emplacement :

`\groups\CYCERON\SCIMA\EQUIPEMENTS\Cyclotron IBA\1-3 Controle Qualite [année]`

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, de la PUI et de médecine nucléaire,
- les douches de décontamination et toilettes situés dans les secteurs de radiobiologie, de radiochimie, de la PUI 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 incidentelle, 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 (la gestion de l'alerte

est la même que précédemment citée). 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'ACRO. Tous les rapports de l'ACRO sont enregistrés à l'emplacement :

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

Élimination dans le circuit collectif d'assainissement

L'arrêté n°A-2022-029 du Président de la communauté urbaine Caen la mer y autorise le déversement des eaux résiduaires industrielles de l'établissement Cyceron dans les réseaux publics de collecte des eaux usées (cf. annexe 7).

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 période radioactive supérieure à 100 jours. 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" situé dans le local des effluents D020.

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). Les bidons de collecte sont évacués après un contrôle de contamination enregistré dans le "Registre de contrôle en sortie de zone".

NB : En sortie de cyclotron, la production de fluor-18 est également contaminée par de l'eau enrichie (composée de H-3 - T = 12 ans -, Mn-52, Mn-54 - T = 312 jours -, Co-55, Co-56, Co-57 - T = 272 jours -, Co-58, Ni-59). Les solvants issus de la manipulation du fluor-18 non purifié sont orientés vers la filière Andra après décroissance in-situ du fluor-18.

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".

Pour les secteurs de médecine nucléaire, de radiochimie et de la PUI, les déchets de période intermédiaire sont stockés dans le local F8. Pour le secteur de radiobiologie, ces déchets sont stockés dans le local D010. 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 spécialement formé de l'entreprise de ménage, les autres déchets (chimiques, DASRI, etc.) par leurs producteurs. Un contrôle systématique de non-contamination des déchets est réalisé et tracé dans un "Registre de contrôle en sortie de zone".

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 et de la PUI :
 - déchets cyclotron,
 - déchets radiochimie du F-18.

Les fûts sont étiquetés dès leur mise en service, afin de limiter les erreurs de tri, et leur « ouverture » est tracée dans l'application Agir.

3.1. Déchets issus du secteur de radiobiologie

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 8.

NB : Les solides organiques sont conservés au congélateur et mis en fût Andra uniquement le jour de leur enlèvement.

3.2. Déchets issus du secteur de radiochimie / PUI / cyclotron

3.2.1. Caractérisation des déchets produits dans le secteur de radiochimie / PUI / 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, etc.

	Radionucléide	Période radioactive	
Radionucléides artificiels (produits d'activation)	Emetteurs Gamma		
	24 Na : Sodium-24	14,96 h	} Identifiés lors de l'analyse du filtre de la casemate du cyclotron.
	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	} Identifiés lors de l'analyse de l'eau enrichie et de la QMA de purification des ions ¹⁸ F.
	7 Be : Béryllium-7	53,2 jours	
	Emetteur Bêta		} Identifiés lors de l'analyse d'un feuillet collant placé dans l'enceinte du cyclotron
	3 H : Tritium	12,3 ans	

Figure 2 : Radionucléides générés par les activités du cyclotron IBA Cyclone 18/9 et de la radiochimie / PUI 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 et D108 ou en poubelles plombées (zones de stockage transitoire),
- dans les cellules blindées en confinement en laboratoires de chimie chaude D114, en salles blanches D018 et F5, et dans le local technique F15 le temps de la décroissance

radioactive du radionucléide de synthèse utilisé (délai supérieur à 10 fois sa période radioactive).

Dans le secteur de la PUI, chaque paire de cellules blindées ainsi que la cellule de répartition sont équipées d'une enceinte de récupération des effluents liquides munie :

- d'un bidon équipé d'un détecteur de seuil haut fixé à 1,5 litres et installé sur bac de rétention,
- d'une sonde d'ambiance radiologique,
- d'une mise en dépression,
- d'un filtre à charbon actif.

Les consignes de tri sont affichées dans chaque laboratoire (cf. annexe 9).

Le remplissage des fûts ANDRA est réalisé dans le local "déchets radioactifs" F8. Les utilisateurs effectuent un tri entre Liquides Aqueux, Liquides Solvants, Solides Incinérables, Solides Compactables et Non-Compactables et remplissent la fiche associée au fût dont un exemplaire vierge est présenté en annexe 10.

3.2.3. Gestion des déchets en casemate cyclotron

Cf. consignes de tri en annexe 9

Des zones de stockage transitoire sont aménagées dans la casemate pour chaque type de déchet (liquides, solides). Un bac de rétention dédié permet le stockage des liquides en provenance de la casemate. 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.

Les pièces activées sont triées en fonction de leur débit de dose au contact. Seules les pièces activées dont le DED au contact est inférieur à 2 $\mu\text{Sv/h}$ sortent de la casemate et sont stockées dans le local déchets. Les autres métaux activés sont stockés pour mise en décroissance dans une poubelle plombée dédiée.

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 :
 - mesures gamma directes ou indirectes,

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

L'ensemble des résultats est tracé soit :

- dans l'application Agir
- 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 est fermé à clé et son accès est limité aux personnes qualifiées et à leur(s) accompagnant(s).

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

L'enlèvement est piloté par la cellule radioprotection et préparé en étroite collaboration avec la société prestataire, notamment en termes d'accessibilité au site. Un protocole de sécurité est préalablement établi entre les parties.