

Plan de gestion des déchets radioactifs

Les déchets radioactifs produits sur le site de Photonis France SAS sont gérés d'une manière spécifique sur le site. Ces déchets sont issus de deux lieux de production distincts :

- L'instrumentation Nucléaire de par l'utilisation d'uranium sous forme de sources non scellées lors de la fabrication des détecteurs de la famille des chambres à fission,
- Le programme Neutronis de par le fonctionnement de l'installation avec son générateur de neutrons. Les neutrons ont la capacité d'activer la matière et ainsi de produire des éléments radioactifs.

1 Gestion des déchets radioactifs générés par l'activité Instrumentation Nucléaire

1.1 Déchets « matières nobles »

Les déchets dits « matières nobles » sont des déchets liquides ou solides à base d'uranium. Chaque déchet traité dans ce paragraphe doit être identifié conformément à la procédure UBP-773 relative au suivi physique.

1.1.1 Solutions de récupération

Les opérations de fabrication de dépôts d'uranium produisent des solutions contenant des traces d'uranium : les résidus d'électrolyse. Ces résidus sont concentrés par distillation.

La solution concentrée récupérée est constituée de nitrate d'uranyle, d'oxalate d'ammonium et de divers oxydes métalliques. Cette solution, appelée « Solution de récupération » est stockée dans un flacon plastique sur une rétention dans un coffre blindé.

La quantité maximale d'uranium total pouvant être contenue dans la Solution de récupération est de 5g. L'eau, appelée « Eau de process, 1^{ère} distillation », issue de cette distillation est traitée dans le paragraphe 2.1.

1.1.2 Solutions de destruction

La destruction dans l'acide nitrique d'un dépôt non-conforme génère une solution acide (pH de 1) contenant de l'uranium. Cette solution est neutralisée (pH autour de 7) avec une solution d'ammoniaque avant de suivre le process indiqué au paragraphe 1.1.

La solution concentrée récupérée est une « solution de destruction ». Elle est stockée dans un flacon plastique sur une rétention dans un coffre blindé.

1.1.3 Résidus solides

Les résidus solides sont issus des résidus liquides après avoir subi un processus de chauffe qui permet une cristallisation du mélange de nitrate d'uranyle et d'oxalate d'ammonium. La poudre obtenue est conditionnée dans un flacon plastique, lui-même conservé dans un coffre blindé. Ces déchets sont ensuite intégrés dans les TFA.

Date : 09/05/2025				Rédacteur
	PLAN DE GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS			Vérificateur
Page 1 sur 11				Approbateur

1.1.4 Dépôts d'uranium

Les dépôts d'uranium non-conformes en qualité, ne pouvant être dissous dans l'acide nitrique, sont conservés dans des boîtes spécifiques aux produits, stockées dans un coffre blindé.

1.1.5 Parties détecteur ou chambres à fission

Chaque chambre à fission, en cours de production ou finie, déclarée déchet est conservée dans la Salle Radiochimie via la boîte identifiée et dédiée à cet effet. Les parties sensibles contenant la matière nucléaire doivent être dissociées des câbles.

1.2 Déchets potentiellement contaminés

Il s'agit des déchets liés à l'utilisation et à la manipulation d'uranium en source non scellée. Il peut s'agir de solutions ou de déchets solides tels que des gants, du papier, des métaux ou des céramiques.

Tous les déchets produits dans la Salle Radiochimie sont considérés, par défaut, comme des déchets contaminés. Les déchets solides sont traités selon le § 2.2. Les déchets liquides sont traités selon le § 2.1 et le § 2.3.

1.2.1 Eau de process/rejets et effluents aqueux

Les eaux de process sont l'ensemble des solutions résultant des opérations pouvant engendrer une contamination en salle RC. Cela concerne par exemple, les solutions de nettoyage, l'eau du bain marie, les résidus électrolytiques.

Ces eaux de process sont distillées deux fois, puis regroupées par batch de 60L maximum.

L'eau du bain marie n'est distillée qu'une seule fois avant d'être mise en batch, analysée et éliminée après un contrôle radiologique.

Chaque batch est identifié à l'aide d'une étiquette « Eaux de process, 2^{ème} distillation, batch N°__ ».

L'activité volumique en uranium 235 de chaque batch est obtenue par analyse en spectrométrie gamma.

Au regard de l'étude d'impact des rejets environnementaux (document référence CR-PHO23061601-01), le seuil de rejet est fixé à une **activité volumique en uranium 235 de 10 Bq/L**. Cela correspond, pour un volume maximal annuel de 60 L, à une activité annuelle maximale en uranium 235 de 600 Bq, c'est-à-dire à une activité annuelle maximale en uranium total de 12,9 kBq.

Si le résultat d'analyse des batch est inférieur au seuil, les PCR doivent obtenir l'accord du gestionnaire du réseau d'assainissement « SUEZ » avant de procéder au rejet de ces batch. Puis ils procèdent à l'enregistrement dans le tableau Excel « Rejets 2nd distillations » (*1-RADIOPROTECTION\11_Suivis Environnementaux\Rejets dans l'eau et l'air\Eaux de process*) les dates de rejet et les quantités rejetées. Les batch sont déversés dans la cuve de transfert du local effluents – neutralisation.

Si le batch présente un niveau de contamination supérieur au seuil de décision, alors le batch est considéré comme contaminé et il fait l'objet d'une nouvelle distillation puis d'une nouvelle analyse.

Date : 09/05/2025				Rédacteur
	PLAN DE GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS			Vérificateur
Page 2 sur 11				Approbateur

1.2.2 Déchets technologiques (TFA : Très Faible Activité)

Les déchets technologiques ou déchets de Très Faible Activité (TFA) sont constitués de gants, papiers, chiffons, plastiques, métaux et verre, contaminés ou potentiellement contaminés, issus de la manipulation des sources non scellées.

Ils sont triés selon la typologie des déchets en fonction des recommandations éditées par l'organisme de reprise des déchets, dans des poubelles spécifiques identifiées en Salle Radiochimie.

Le verre et les métaux sont conservés dans une boîte dédiée et identifiée. Les métaux peuvent être contrôlés et décontaminés à l'aide de mousse décontaminante et d'un abrasif. Si cela n'est pas suffisant, un décapage à base d'acide nitrique peut être réalisé. Si l'absence de contamination est confirmée, ils sont évacués de la Salle Radiochimie et gérés conformément aux règles en vigueur sur le site (voir procédure Gestion des déchets SYS-015).

Les déchets sont régulièrement évacués via un conteneur de transfert, dans des poches plastiques fermées, pesées et identifiées.

Les déchets sont ensuite répartis dans les fûts « Déchets technologiques ». Ils sont entreposés dans l'aire dédiée de l'Instrumentation Nucléaire. Cette aire est une zone radiologique réglementée sous surveillance dosimétrique d'ambiance et soumise à la présence d'une PCR à son ouverture. Les déchets sont évacués vers un sous-traitant agréé pour caractérisation puis dispatchés vers le CIRES de l'ANDRA.

1.2.3 Solutions de nettoyage

Des solutions de nettoyage potentiellement contaminées sont générées par des déchets ou le nettoyage du matériel. Ces solutions sont neutralisées, si nécessaire (environ pH 7) à l'aide d'acide nitrique ou d'ammoniaque. Elles sont ensuite filtrées et concentrées par distillation. L'eau résiduelle suit le process indiqué au paragraphe 2.a, eau de process.

Les boues isolées par filtration sont éliminées dans les « Déchets technologiques TFA ».

1.2.4 Déchets d'entretien et de maintenance

Tout déchet issu de l'entretien et de la maintenance des équipements présents en Salle Radiochimie doit être contrôlé radiologiquement. Ceci concerne également la Centrale de Traitement d'Air (CTA) pour les filtres HEPA 14.

Tout déchet présentant une contamination fixée devra être emballé, identifié et entreposé dans le local TFA dans l'attente de son élimination via l'ANDRA.

1.2.5 Rejets aériens

La fabrication des chambres à fission se déroule dans la Salle RC. Tous les postes de travail, hottes et sorbonnes, sont équipés individuellement de filtres afin de retenir les particules.

Tous les postes sont également collectés via les conduits de récupération traités par la CTA. Ces rejets font l'objet de 2 contrôles dans l'année réalisés par un prestataire externe agréé par l'ASN. Le prélèvement est effectué sur un échantillon représentatif de 80 m³ minimum, au cours d'une période pendant laquelle les activités manipulées sont parmi les plus importantes de l'année.

Au regard de l'étude d'impact des rejets environnementaux (document référence CR-PHO23061601-01), le seuil de rejet est fixé à une **activité volumique en uranium 235 de 10⁻⁴ Bq/m³**. Cela correspond, pour un volume

Date : 09/05/2025				Rédacteur
	PLAN DE GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS			Vérificateur
Page 3 sur 11				Approbateur

annuel extrait pendant les manipulations de 171010 m³, à une activité annuelle maximale en uranium 235 de 17 Bq, c'est-à-dire à une activité annuelle maximale en uranium total de 363 Bq.

2 Gestion des déchets radioactifs générés par le programme Neutronis

2.1 Définition des objets et déchets

Nous définirons pour cette partie trois types d'objets susceptibles de quitter la zone d'expérimentation, délimitée par la casemate, avec un caractère possiblement radioactif :

- 1) Les objets ayant bénéficié d'une imagerie par neutronographie, qu'il soit mis à disposition par Photonis ou un client de Photonis. Cet objet a été placé dans le flux de neutrons produits par le générateur de neutrons et est susceptible d'être activé après le ou les tirs. Ces objets sont de prime abord considérés comme ayant un usage après l'imagerie par neutronographie et, par opposition, ne sont donc pas considérés comme des déchets. A ce titre nous nous posons la question de savoir s'il est requis de disposer d'une réglementation adaptée pour la détention ou l'usage futur de cet objet, suivant le type et le niveau de radioactivité qu'il comporte après le ou les tirs de neutrons ;
- 2) Les objets ayant séjourné dans la casemate et soumis à un ou plusieurs tirs, soit directement sous le faisceau (cas de l'imageur par neutronographie) soit indirectement (cas des autres équipements disposés dans la casemate en dehors du faisceau de neutrons), et n'ayant pas d'usage lors de leur sortie de la zone d'expérimentation ce qui comprend par exemple les pièces de maintenance ou les carottes de béton réalisées à des fins d'étude. Ces objets sont considérés comme des déchets possiblement radioactifs, selon la nature des radionucléides qui les composent au moment de les traiter (voir le § 2.4 à ce sujet) ;
- 3) Les objets n'ayant pas séjourné dans la casemate pendant un tir mais ayant pu être marqués par utilisation sur des objets activés dans la casemate (il peut s'agir d'outillage servant à démonter des équipements activés par exemple). Ces objets, des outils dans la majorité des cas, doivent faire l'objet d'un contrôle radiologique (par radiamètre et contaminamètre) lorsqu'il sera question de les mettre au rebut afin de s'assurer de la présence ou non de trace de matériaux activés dessus (empreinte d'un tournevis par exemple). Le cas échéant, la partie de l'objet ayant été en contact avec des matériaux activés, et se trouvant donc marquée, devra être décontaminée ou séparée du reste de l'objet avant la mise au déchet de ce dernier, sans la partie marquée retirée qui sera traitée comme déchet radioactif. L'objet marqué dans son intégralité ou la partie marquée retirée de l'objet suivra le même traitement que les déchets activés radioactifs dont il est question à l'alinéa supra.

Pour chaque objet ayant été soumis directement ou indirectement au flux de neutrons, des contrôles radiologiques sont mis en place. Dans un premier temps, l'opérateur réalise une mesure de débit de dose au contact à l'aide d'un radiamètre pour sa propre sécurité. Ensuite, une mesure est réalisée grâce au spectromètre gamma afin d'identifier les radionucléides produits ainsi que les périodes associées puis un contrôle par contaminamètre peut être réalisé en fonction de la situation.

Date : 09/05/2025				Rédacteur
	PLAN DE GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS			Vérificateur
Page 4 sur 11				Approbateur

2.2 Gestion des objets activés

2.2.1 Logique applicable aux objets soumis à l'imagerie par neutronographie

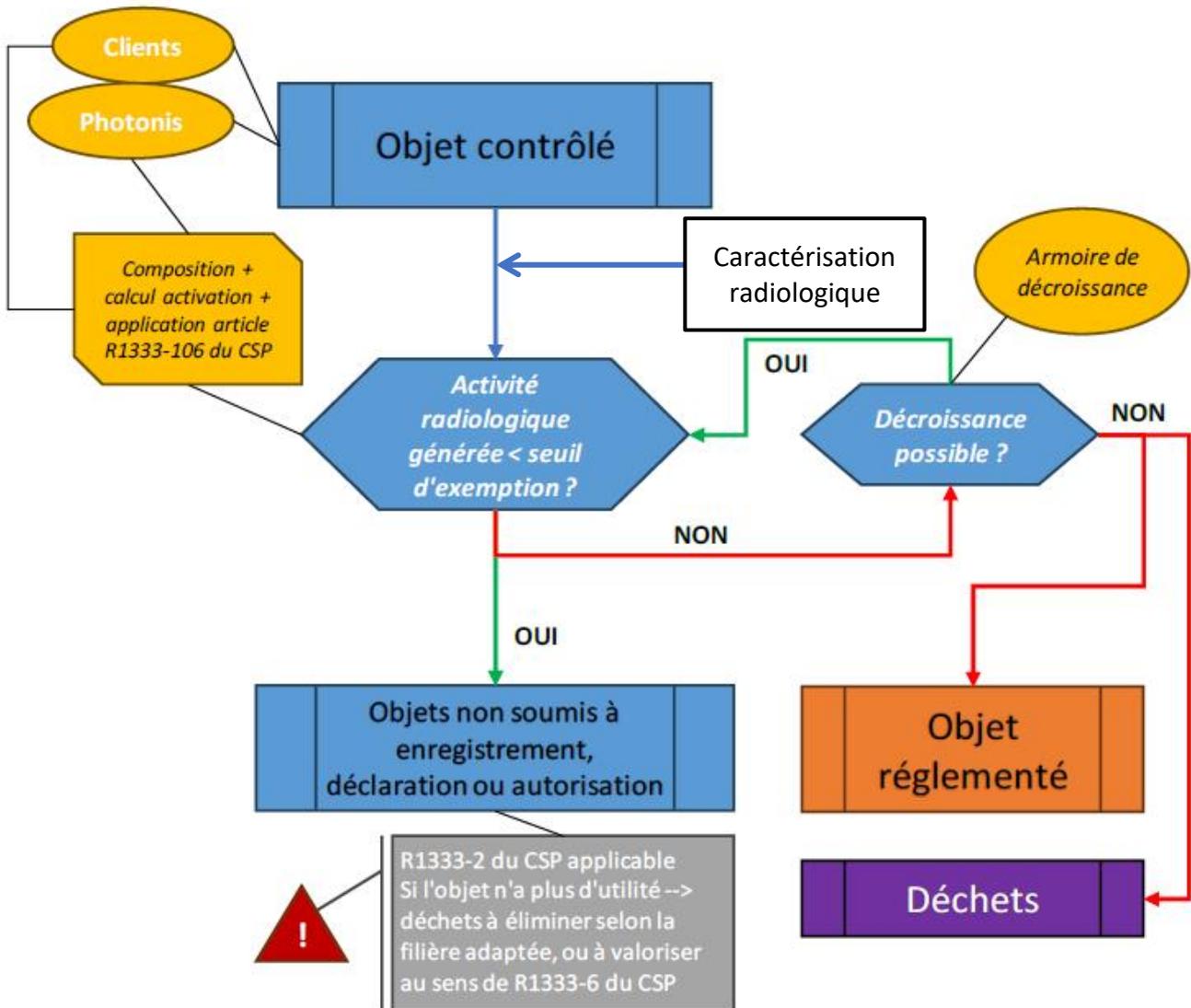


Figure 1 : Logique de choix sur le devenir des objets soumis à l'imagerie par flux de neutrons

2.2.2 Vérification du caractère non réglementé de l'objet après imagerie

En application de l'article L1333-106 du code de la santé publique, la radioactivité ajoutée à l'objet doit être d'un niveau suffisamment bas pour ne pas nécessiter d'être encadré par une disposition d'enregistrement, de déclaration ou d'autorisation, en s'assurant la validité d'un critère à calculer selon les caractéristiques radiologiques de l'objet résultant de son passage en imagerie par flux de neutrons :

Date : 09/05/2025				Rédacteur
	PLAN DE GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS			Vérificateur
Page 5 sur 11				Approbateur

« I.-Sous réserve des dispositions de l'article R. 1333-107, sont exemptées de l'autorisation, de l'enregistrement ou de la déclaration prévue à l'article L. 1333-8 :

1° La détention, la fabrication, l'utilisation, la distribution, l'importation et l'exportation de sources radioactives et produits ou dispositifs en contenant si la valeur du coefficient Q correspondant à la somme pondérée des activités en radionucléides présents à un moment quelconque dans le lieu où l'activité est exercée ou objet de l'activité, divisées par la valeur limite d'exemption fixée à la deuxième colonne du tableau 2 de l'annexe 13-8 pour chacun de ces radionucléides est inférieure à 1 ;

2° La détention, la fabrication, l'utilisation, la distribution, l'importation et l'exportation de sources radioactives et produits ou dispositifs en contenant si la valeur du coefficient QM correspondant à la somme pondérée des activités massiques en radionucléides de chaque ensemble homogène ou connexe présent à un moment quelconque dans le lieu où l'activité est exercée ou objet de l'activité, divisées par la valeur limite d'exemption fixée au tableau 1 ou à la troisième colonne du tableau 2 de l'annexe 13-8 pour chacun de ces radionucléides est inférieure à 1 ; »

Les objets soumis à la neutronographie doivent être chimiquement caractérisés afin d'anticiper les phénomènes d'activation et prévoir le caractère « à réglementer » ou non de l'objet après son passage sous faisceau, en appliquant les modalités du CSP. Les radionucléides susceptibles d'avoir été générés sont renseignés dans un calculateur afin que le calcul du coefficient Q puisse être réalisé.

2.2.3 Gestion de l'outillage ou assimilé

Des outillages ou équipements de maintenance, montage et démontage spécifique au générateur pourront être en contact physique avec les éléments en permanence présent dans la casemate de neutronographie. De fait, l'utilisation de ces outillages ou équipements spécifiques pourraient se trouver « marqués » par contact avec des éléments activés (par exemple, l'empreinte d'un tournevis qui se trouvera marquée par le matériau des vis possiblement activées qui seront démontées pour des besoins de maintenance).

Ces outils ne doivent pas être utilisés pour un autre usage pour ne pas risquer de contaminer un équipement non activé et non contaminé en dehors de la casemate. Des consignes et disposition d'exploitation (clef de servante d'outillage consignée) garantiront l'usage exclusif de ces outillages dédiés pour travailler sur les équipements et matériels potentiellement activés.

Les outillages et équipements concernés par le cas présenté ci-dessus sont conservés dans une servante et/ou une armoire d'outillage dédiée à cet effet, ces équipements et outillages devront, après mise au rebut, être traités comme des déchets contaminés si la décontamination n'est pas efficace et suivront donc la procédure décrite au § 2.4.2.

Date : 09/05/2025				Rédacteur
	PLAN DE GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS			Vérificateur
Page 6 sur 11				Approbateur

2.3 Gestion des déchets liés à l'exploitation du générateur

Les déchets générés par l'exploitation du générateur dans le laboratoire neutronique sont :

- Des déchets issus des opérations de maintenance réalisées au cours de l'exploitation, à savoir :
 - Des déchets solides :
 - Tout équipement/objet ayant été présent en casemate pendant un tir (hors objet contrôlé dont l'activité résiduelle est inférieure à 2 fois le bruit de fond et dont l'analyse spectrométrique gamma n'a mis en évidence aucune radioactivité ajoutée cf. § 2.2),
 - Cas particulier : Tout équipement/objet ayant pu être contaminé par un équipement/objet mentionné au point précédent (ex : gants de protection, tournevis usagé...)
 - Des déchets liquides pouvant être générés par une opération de vidange de liquide présent en casemate pendant un tir : seul le fluide caloporteur et l'huile contenue dans les vérins hydrauliques sont identifiés comme liquide présent en casemate pouvant être vidangé,
- Tout objet contrôlé ne pouvant atteindre les seuils associés à la gestion des objets contrôlés, même après une phase de décroissance (cf. § 2.2).

Il est à noter que d'autres activités réalisées par l'exploitant sur le site de PHOTONIS de Brive-la-Gaillarde sont génératrices de déchets radioactifs et que la gestion des déchets radioactifs générés par l'exploitation du générateur objet du présent paragraphe fait l'objet d'une mise à jour de la procédure de gestion des déchets de l'exploitant

2.3.1 Identification du zonage déchets

Au regard des opérations d'exploitation du générateur dans la casemate du laboratoire neutronique, il est considéré que la casemate du laboratoire neutronique est une zone à déchets potentiellement contaminés ou activés. (cf. annexe 2).

2.3.2 Procédure de gestion des déchets potentiellement activés

La première étape de la gestion du déchet est la mesure par spectrométrie gamma après son irradiation.

En cas d'activation des déchets, c'est-à-dire si l'objet/équipement devenu hors d'usage était présent en casemate en phase de tir, la procédure des déchets potentiellement activés s'applique à deux cas :

- Les radionucléides générés par l'activation de l'objet/ équipement devenu hors d'usage sont des radionucléides de vie très courte (période inférieure à 100 jours).
- Les radionucléides générés par l'objet/ équipement devenu hors d'usage sont des radionucléides de période supérieure à 100 jours.

Compte tenu des performances du spectromètre choisi (cristal de germanium), nous considérons que si la mesure par spectrométrie gamma n'aboutit à aucune mesure dépassant son seuil de détection et que le débit de dose au contact est inférieur à 2 fois le bruit de fond par la voie γ et β/γ alors l'objet n'a pas été activé et peut retourner dans le circuit traditionnel de gestion des déchets.

Date : 09/05/2025				Rédacteur
	PLAN DE GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS			Vérificateur
Page 7 sur 11				Approbateur

2.3.2.1 Tri des déchets

Le tri des déchets est réalisé :

- Par nature physique : les déchets sont triés par nature physique, notamment en distinguant les déchets métalliques des déchets plastiques par exemple.
- Par durée de la période des radionucléides pouvant être contenus dans les déchets : selon la même méthodologie que celle des objets activés, les déchets potentiellement activés font l'objet d'un test d'activation, prenant en compte la durée de présence en casemate pendant un tir et la nature du déchet concerné. Ce test permet d'identifier les radionucléides générés par activation afin de différencier les déchets contenant potentiellement des radionucléides de période très courte inférieure à 100 jours de ceux pouvant contenir des radionucléides de période supérieure à 30 ans.

2.3.2.2 Conditionnement des déchets

Les déchets sont conditionnés dans des emballages adaptés, par exemple :

- o Dans des sachets ou fûts pour les déchets solides,
- o Dans des bouteillons ou des fûts PEHD pour les déchets liquides.

Les conditionnements acquis par Photonis France SAS seront conformes aux demandes de l'ANDRA.

Les colis ainsi réalisés seront dans un premier temps stockés dans le bunker (armoire de décroissance). Une zone spécifique et dédiée au projet Neutronis est en cours d'étude.

2.3.2.3 Gestion des déchets potentiellement activés contenant des radionucléides de période très courte inférieure à 100 jours

Les déchets contenant potentiellement des radionucléides à vie très courte sont :

- 1) Mis en décroissance dans l'armoire de décroissance présente dans la casemate. C'est une armoire en acier inoxydable dont les faces sont renforcées de 3 mm de plomb qui permet de réduire le débit de dose au contact de l'armoire. Dans le cas où cette protection ne serait pas suffisante, des pots plombés sont disponibles pour le stockage des objets/déchets activés. La durée de décroissance retenue est un délai supérieur ou égal à dix fois la période du radionucléide avec la période la plus longue,
- 2) A l'atteinte de la durée de décroissance prévue, le déchet est contrôlé par mesure de débit de dose au contact à l'aide d'un radiamètre et d'un contaminamètre :
 - o Si le débit de dose mesuré est inférieur à deux fois le bruit de fond, le déchet n'est plus considéré comme un déchet radioactif. Il peut alors faire l'objet d'un étiquetage « déchets conventionnels » et être évacué de la casemate en tant que tel,
 - o Si le débit de dose mesuré est supérieur à deux fois le bruit de fond, la durée de décroissance peut être allongée ou le déchet est considéré définitivement comme déchet radioactif (cf. § 2.3.2.4).

Date : 09/05/2025				Rédacteur
	PLAN DE GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS			Vérificateur
Page 8 sur 11				Approbateur

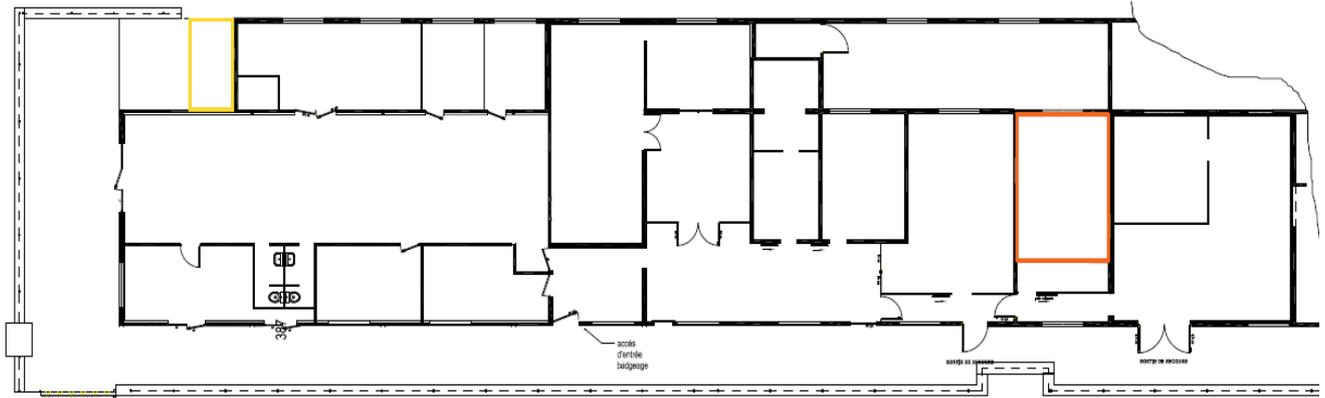
2.3.2.4 *Gestion des déchets potentiellement activés contenant des radionucléides de période supérieures à 100 jours*

Par définition, ces déchets sont gérés comme déchets radioactifs et ceci conformément au Guide d'enlèvement des déchets radioactifs, afin de permettre leur prise en charge par l'ANDRA. Ainsi, le producteur de déchets Photonis établit :

- Une estimation de l'activité radiologique. L'activité est estimée par une mesure au spectromètre gamma à cristal de germanium,
- L'identification de la nature physique des déchets conditionnés : les déchets ayant fait l'objet d'un tri par nature physique (cf. § 2.3.2.1), la nature physique des déchets conditionnés dans le colis final est identifiée et tracée,
- L'étiquetage des colis finaux est réalisé avec un système de 3 étiquettes tel que défini dans le guide d'enlèvement
- Les colis de déchets radioactifs sont entreposés, en attente de leur enlèvement par l'ANDRA, dans une zone d'entreposage dédiée sur le site PHOTONIS de Brive-La-Gaillarde.
- Avant enlèvement, les colis de déchets finaux font l'objet :
 - o D'une mesure de débit de dose au radiamètre
 - o D'un contrôle de non-contamination surfacique au contaminamètre

Date : 09/05/2025				Rédacteur
	PLAN DE GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS			Vérificateur
Page 9 sur 11				Approbateur

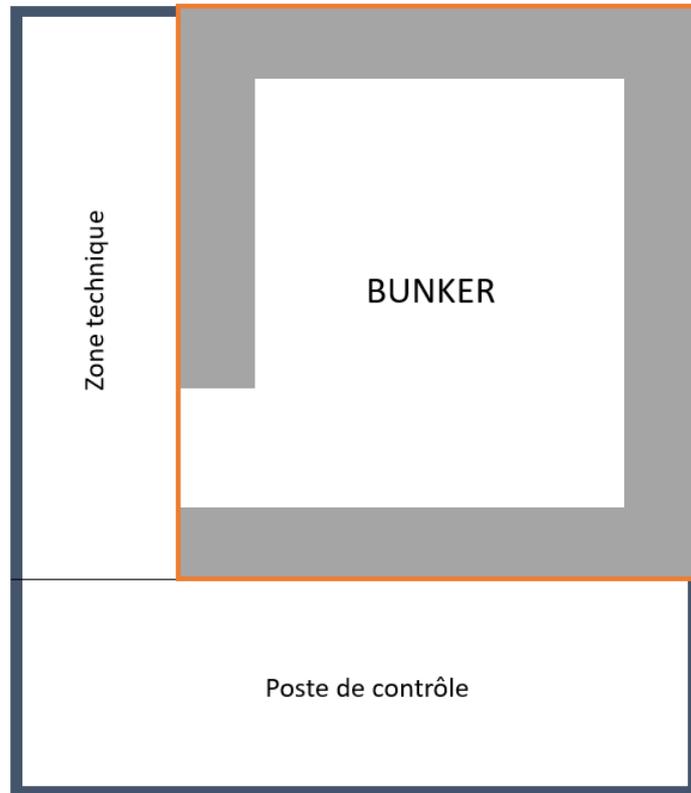
Annexe 1 : Plan des zones de production et d'entreposage des déchets générés par l'activité Instrumentation Nucléaire



- Zone d'entreposage de déchets contaminés
- Zone de production et d'entreposage de déchets et d'effluents contaminés ou susceptibles de l'être

Date : 09/05/2025	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	Rédacteur [REDACTED]
[REDACTED]	PLAN DE GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS			Vérificateur [REDACTED]
Page 10 sur 11				Approbateur [REDACTED]

Annexe 2 : Plan des zones de production et d'entreposage des déchets générés par le programme Neutronis



 Lieu de production et d'entreposage des déchets radioactifs générés par l'activité Neutronis

Date : 09/05/2025				Rédacteur	
	PLAN DE GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS			Vérificateur	
Page 11 sur 11				Approbateur	