

1. Champs d'application et référence réglementaire

Cette procédure regroupe la gestion des déchets radioactifs de l'Université de Rouen. Elle concerne les déchets produits par les unités/départements détenteurs d'une autorisation ou d'un enregistrement de manipulation de l'ASN.

A l'Université de Rouen Normandie, nous pouvons avoir des déchets solides, des déchets liquides et des effluents gazeux (rejets de type aérosol).

L'enlèvement des sources scellées n'est pas inclus dans cette procédure. En effet, les sources scellées périmées (plus de dix ans) ne sont pas considérées comme des déchets et doivent être reprises par leur fournisseur. Dans le cas d'impossibilité de reprise par le fournisseur, une prise en charge particulière peut être réalisée par l'ANDRA.

Ce plan de gestion a été rédigé en prenant en compte la décision ASN 2008-DC-0095 du 29/01/2008 (homologué par l'arrêté du 23/07/2008), le guide ASN n°18 et le guide d'enlèvement des déchets radioactifs de l'ANDRA.

2. Mode de production des déchets et effluents

A l'Université de Rouen Normandie, les radionucléides sont utilisés à des fins de recherche et d'analyse. Les déchets et effluents produits sont donc issus de ces expérimentations.

L'Université de Rouen Normandie produit différents déchets selon ces expérimentations, la liste suivante présente les principaux déchets produits (liste non exhaustive) :

- Déchets solides : des aiguilles contenues spécifiquement dans des containers fermés, des flacons en plastique et verre de petits volumes (inférieur à 20cm³), divers consommables (gants, embouts de pipette, tubes, papier absorbant...), des sources et morceaux de sources (cas spécifique du GPM qui analyse des matériaux irradiés), des filtres contaminés.
Hormis les aiguilles (sources ou morceaux de source), tous les déchets solides doivent toujours être stockés dans un sac au préalable avant d'être transféré éventuellement dans une poubelle plombée.
- Déchets liquides : du liquide scintillant (avec ou sans solvant), des électrolytes, des solutions de lavage, diverses solutions contaminées (surnageant RIA, effluents d'HPLC...)
Les déchets liquides étant produit en faible volume, il n'existe aucun réseau spécifique d'évacuation de ces effluents. Ils sont directement collectés dans des bonbonnes dédiées.
- Effluents gazeux de type aérosol : uniquement issus du réseau d'air des sorbonnes et boîtes à gants de la plateforme GENESIS. Ces effluents sont une contamination potentielle de l'air issue de la préparation des échantillons (polissage chimique, nettoyage, évaporation d'électrolyte...)

Ces déchets et effluents peuvent contenir les radioéléments suivants (liste non exhaustive) : ^{99m}Tc , ^{123}I , ^{111}In , ^{18}F , ^{89}Zr , ^3H , ^{32}P , ^{33}P , ^{35}S , ^{51}Cr , ^{125}I , ^{54}Mn , ^{60}Co , ^{58}Co , ^{57}Co , ^{56}Co , ^{55}Fe , ^{63}Ni , ^{14}C et de l'uranium naturel (sous forme d'acétate d'uranyle).

Ces déchets et effluents sont produits exclusivement dans les locaux dédiés à la manipulation des radioéléments. La répartition et la description des lieux de production de ces déchets sont précisées en annexe selon leur lieu de production (annexes 1 et 2).

3. Modalités de gestion des déchets solides et liquides

Chaque unité/service producteur de déchets radioactifs tient un registre de suivi des déchets. Chaque entrée et sortie de déchets doit y être mentionnées. Ce registre mentionne au minimum pour chaque déchet les points suivants : le type de déchets, la date de production du déchet, l'identification du conditionnement associé, l'activité du déchet au moment de sa production et la date d'élimination prévue en cas de décroissance des déchets. Selon les modalités adoptées par l'unité/service, le registre peut être tenu soit au niveau de la zone de production soit au niveau du local d'entreposage.

Un inventaire des déchets est transmis annuellement à l'ANDRA par chaque unité/service concerné. Cet inventaire est disponible sur demande.

En attendant leur traitement, les déchets et effluents radioactifs sont stockés dans des locaux d'entreposage exclusivement prévus à cet effet.

- Tri et conditionnement des déchets

Dès leur production, les déchets doivent être triés au minimum selon leur état physique (liquide ou solide), la période du radioélément (séparer les radioéléments à vie courte avec une période inférieure à 100 jours des autres) et leur éventuel risque associé (chimique principalement). Chaque unité/service peut déterminer des critères supplémentaires de tri qui seront consignés dans leur registre de suivi des déchets.

Les déchets solides sont conditionnés dans des sacs fermés hermétiquement et les déchets liquides dans des bidons. Chaque conditionnement doit être étiqueté avec les informations demandées dans le registre de suivi des déchets. Pour les déchets à vie longue (leur période est supérieure à 100 jours), il faut utiliser les conditionnements fournis par l'ANDRA.

Ces déchets peuvent temporairement être stockés dans des poubelles adaptées au niveau de la zone de production (voir plans des zones de production des annexes 1 et 2) avant leur transport vers le local d'entreposage. Dans ce cas, chaque unité/service précisera également la fréquence de transport vers le local d'entreposage.

Cas particulier => les déchets piquants/coupants doivent être au préalable stockés dans des boîtes prévues à cet effet (conditionnement disponible dans les locaux de déchets biologiques) avant d'être gérés ensuite comme des déchets solides.

- Transport des déchets vers les locaux d'entreposage

Avant le transport des déchets vers le local d'entreposage, un contrôle de contamination du sac ou du bidon de déchets et de leur intensité de rayonnement doit être effectué. Les conditionnements doivent être fermés au moment de leur transport.

Pour le transport, il faut emprunter le cheminement qui permet de limiter au maximum la rencontre avec du public. Seuls les PCR et les utilisateurs formés à la manipulation des radioéléments (comprenant une partie de sensibilisation à la gestion des déchets) peuvent réaliser le transport des déchets radioactifs vers le local d'entreposage.

- Locaux d'entreposage

L'Université de Rouen Normandie dispose de deux locaux d'entreposage, chacun rattaché à une autorisation ou un enregistrement de manipulation des radioéléments. Ces locaux sont réservés à l'usage exclusif de stockage des déchets radioactifs. Le stock de conditionnement vide avant utilisation est toléré. Ces locaux doivent toujours être fermés, leur accès est restreint aux PCR et aux utilisateurs formés.

L'unité/service qui a la responsabilité de ce local désigne un responsable de celui-ci. Il a la charge de veiller à la bonne utilisation du local et à la conformité des déchets s'y trouvant.

Les responsables des locaux d'entreposage de déchets sont :

- Local S001 (bâtiment CURIB, campus Mont-Saint-Aignan) : Céline Duparc (PCR UMRS 1239)
- Local déchets radioactifs GENESIS (site Madrillet) : Auriane Etienne (PCR GPM) et Béatrice Foulon (technicienne GPM)

A l'intérieur de chaque local, des zones sont déterminées pour accueillir les différents déchets. Les zones possibles sont : une zone pour les déchets solides à vie courte (en décroissance), une zone pour les déchets liquides à vie courte (en décroissance), une zone pour les déchets solides à vie longue et une zone pour les déchets liquides à vie longue. Cette répartition est retranscrite sur un plan schématique (annexes 3 et 4 : plans des locaux de stockage des déchets) et est mentionnée lors de la formation des utilisateurs des radioéléments.

Le stockage de déchets liquides est obligatoirement sur rétention. Le volume de la rétention est adapté à la capacité de stockage du local, soit la valeur la plus grande entre 100% du plus grand conditionnement stocké et 50% du volume total stocké.

Chaque local déchets est contrôlé conformément à la réglementation et les différents contrôles prévus sont inscrits au programme de contrôle de radioprotection de l'unité/service en charge de ce local. Des consignes générales de gestion du local et des consignes d'urgence doivent être affichés à l'entrée de chaque local et connues de toutes les personnes concernées.

- Déchets radioactifs avec radioéléments de période inférieur à 100 jours

A l'Université de Rouen Normandie, cette catégorie de déchets concerne les radioéléments suivants : ^{99m}Tc (T=7h), ^{123}I (T=14h), ^{111}In (T=3 jours), ^{18}F (T=2h), ^{89}Zr (T=3,3 jours), ^{32}P (T=15 jours), ^{33}P (T=26 jours), ^{35}S (T=88 jours), ^{51}Cr (T=28 jours), ^{125}I (T=60 jours).

Ces déchets sont traités en décroissance. Au bout d'une durée correspondant à dix périodes du radioélément concerné, et à condition que le contrôle de l'activité avant évacuation soit inférieur à 2 fois le bruit de fond, ces déchets peuvent alors être éliminés via les filières traditionnelles de déchets. Pour les déchets liquides, la limite de l'activité volumique avant évacuation est de 10Bq/L. Si le contrôle révèle une activité ou une activité volumique supérieure aux limites ci-dessus, les déchets doivent être remis en décroissance pour au moins deux périodes.

Lorsque les déchets sont prêts à être éliminés via les filières traditionnelles, il faut respecter le tri en fonction des risques associés (notamment suivre la filière des déchets chimiques si besoin). Attention, au moment de transférer les déchets dans la filière adaptée, il faut impérativement retirer l'étiquetage (et les logos) correspondant aux déchets radioactifs.

La date d'élimination doit être calculée dès la production du déchet et être mentionnée dans le registre de suivi des déchets.

Cas particulier => Si la période des radioéléments des déchets concernés est très courte (< 1 mois) et leur activité est faible, ils peuvent être gérés en décroissance directement depuis leur zone de production à condition que le stockage assure une protection efficace des travailleurs vis-à-vis de ces déchets. Dans ce cas, le registre de suivi de ces déchets doit impérativement être tenu au niveau de la zone de production de ces déchets. Un contrôle du rayonnement de la poubelle concernée doit être programmé régulièrement pour vérifier que la protection des travailleurs est toujours effective.

- Déchets radioactifs avec radioéléments de période supérieur à 100 jours

A l'Université de Rouen Normandie, les déchets à vie longue sont ceux contenant les radioéléments suivants : ^3H (T=12.3 ans), ^{54}Mn (T=312 jours), Unat (T= 10^9 ans environ), ^{60}Co (T=5.3 ans), ^{57}Co (T=272 jours), ^{55}Fe (T=2.7 ans), ^{63}Ni (T=100 ans), ^{58}Co (T=71 jours) et ^{56}Co (T=77 jours). Les deux derniers radioéléments, bien qu'ayant une période inférieure à 100 jours, sont traités dans cette catégorie car ils sont issus de déchets contenant également les autres radioéléments cités (hors ^3H et Unat).

Pour l'enlèvement de ces déchets, en tant qu'expéditeur, nous devons respecter l'arrêté TMD et la réglementation ADR en vigueur pour leur transport.

Ces déchets sont enlevés par l'ANDRA en suivant une procédure précise (le guide complet est régulièrement mis à jour et est disponible sur le site internet de l'ANDRA). Ces déchets doivent être triés et conditionnés en accord avec les spécifications demandées par l'ANDRA. Le conditionnement (emballages fournis par l'ANDRA) et les différents tris génériques possibles sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Déchets solides : utiliser les fûts (polyéthylène ou métallique) de 120L ou 40L avec le sac plastique adaptée	
Catégorie de déchets	Descriptions des déchets
SI	Solides incinérables en vrac (gants, plastiques, fioles vides) Interdit : aucun liquide, aucun risque biologique, toxique, explosif ou CMR associé, aucun objet piquant, coupant ou tranchant
SC	Solides en vrac compactable (papiers, gants, plastiques) Interdit : aucun liquide, aucun risque biologique, toxique, explosif ou CMR associé, aucun déchet dangereux, aucun objet piquant, coupant ou tranchant
SNC	Solides en vrac non compactable (métal, verrerie et céramique cassée, terres, gravats...) Interdit : aucun liquide, aucun risque biologique, toxique, explosif ou CMR associé, aucun déchet dangereux, aucun objet piquant, coupant ou tranchant NB : espace vide au minimum (5cm max entre déchets et couvercle)
SL	Petits tubes et flacons en polyéthylène Interdit : tubes et flacons en verre, aucun risque biologique, toxique, explosif ou CMR associé Exemple : flacons de scintillation
SLV	Petits tubes et flacons en verre Interdit : aucun risque biologique, toxique, explosif ou CMR associé
SO	Solides putrescibles (cadavres d'animaux, matières biologiques liquides inférieures à 250mL) Interdit : liquides, aiguilles, seringues, ether, chaux, aucun objet piquant, coupant ou tranchant, aucun risque toxique, explosif ou CMR associé
Sels naturels	Uranium et thorium naturel préalablement dans un sac de 30L Exemple : acétate d'uranyle
Déchets liquides : utiliser les bonbonnes de 30L	
Catégorie de déchets	Descriptions des déchets
LA	Solutions de pH entre 2 et 13 Interdit : aucun solvant, aucun risque biologique, toxique, explosif ou CMR associé
LS	Solvants Interdit : aucun risque biologique, toxique, explosif ou CMR associé
LH	Huiles minérales ou organiques Interdit : aucun risque biologique, toxique, explosif ou CMR associé

Certaines catégories de déchets peuvent accepter certains éléments chimiques (par exemple : métaux lourds) en respectant les seuils admissibles. De plus, ces catégories sont soumises à différents seuils d'activité volumique ou massique (pour plus détails, se référer au guide d'enlèvement de l'ANDRA).

Si vos déchets ne correspondent à aucune catégorie du tableau précédent, une demande préalable à l'enlèvement doit être effectuée auprès de l'ANDRA.

Un enlèvement des déchets est réalisé régulièrement pour chaque local de déchets radioactifs en fonction de sa capacité (au maximum une fois tous les 4 ans). Chaque responsable des déchets (par unité/service) doit remplir la demande d'enlèvement type de l'ANDRA (disponible sur le site internet de l'ANDRA) et la transmettre à la Direction de la Prévention des Risques. Cette dernière envoie les demandes à l'ANDRA accompagnées des bons de commande associés et coordonne l'organisation des enlèvements avec les personnes concernées.

Pour remplir la demande d'enlèvement, il faut connaître la catégorie de déchets, l'emballage utilisé, le poids de déchets par emballage, les débits de dose, les isotopes par emballage et l'activité (théorique ou mesurée) par isotope.

Avant l'enlèvement, un contrôle de non contamination et d'intensité de rayonnement est réalisé pour chaque colis. Ces mesures ne doivent pas dépasser les valeurs définies par l'ANDRA :

- Contamination surfacique du colis : 4Bq.cm^2 (bêta ou gamma), 0.4Bq.cm^2 (alpha)
- Intensité de rayonnement : 2mSv.h au contact du colis sauf SC / SNC ($80\mu\text{Sv.h}$ au contact du colis), 0.1mSv.h (à 1m du colis)

Au moment de l'enlèvement, un protocole de sécurité est établi conjointement avec le transporteur. Les colis doivent être déposés par les personnes concernées (utilisateurs ou PCR) au pied du camion de transport. Les personnes concernées doivent signer les bordereaux présentés par le transporteur.

Cas particulier : Dans le cas de l'unité GPM, lorsque les sources sont fournies par EDF, les résidus métalliques de ces sources, issus de la préparation des échantillons, ne sont pas considérés comme déchets, mais sont stockés dans le château de plomb des sources jusqu'à ce qu'ils soient réexpédiés au CEIDRE Chinon (EDF) par colis adapté à leur activité et leur rayonnement. Leur transport est réalisé dans le respect de l'arrêté TMD et de la réglementation ADR en vigueur.

4. Modalités de gestion des effluents gazeux

Seule la plateforme GENESIS de l'unité GPM est concernée par la gestion des effluents gazeux (de type aérosol). Ces derniers sont produits par la suspension dans l'air de radioéléments issus de certaines techniques de préparation des échantillons (polissage électrolytique, polissage ionique, usinage par faisceau d'ions, polissage mécanique) ou lors du nettoyage des outils concernés par la préparation des échantillons. Toutes ces manipulations rejettent potentiellement dans l'air une infime partie de l'échantillon et des produits utilisés pour leur préparation, d'où la gestion d'effluents radioactifs gazeux (de type aérosol).

Pour ne pas contaminer l'ensemble du laboratoire et le personnel, ces opérations sont réalisées soit sous sorbonne soit dans une boîte à gants. Le choix d'utiliser une sorbonne ou une boîte à gants se fait en fonction de l'évaluation du risque de la manipulation. Tous ces équipements sont reliés à un réseau d'extraction qui leur est dédié.

Par conséquent, l'ensemble des effluents gazeux émis dans l'air est aspiré dans ce réseau d'extraction. Ce réseau dispose d'un filtre H14 avant que les effluents soient rejetés dans l'air extérieur à la plateforme. De plus, les boîtes à gants sont elles-mêmes équipées d'une double filtration avec des filtres H13. Ces filtres sont remplacés régulièrement afin de conserver le bon fonctionnement du traitement de l'air de la plateforme. Les filtres usagés sont gérés comme des déchets radioactifs solides.

Ce système de traitement de l'air permet de protéger les utilisateurs de la plateforme de toute exposition à ces effluents. Une estimation de l'activité rejetée (après filtration) dans l'atmosphère a été réalisée (annexe 5). Elle conclut à une exposition négligeable des personnes extérieures à la plateforme.

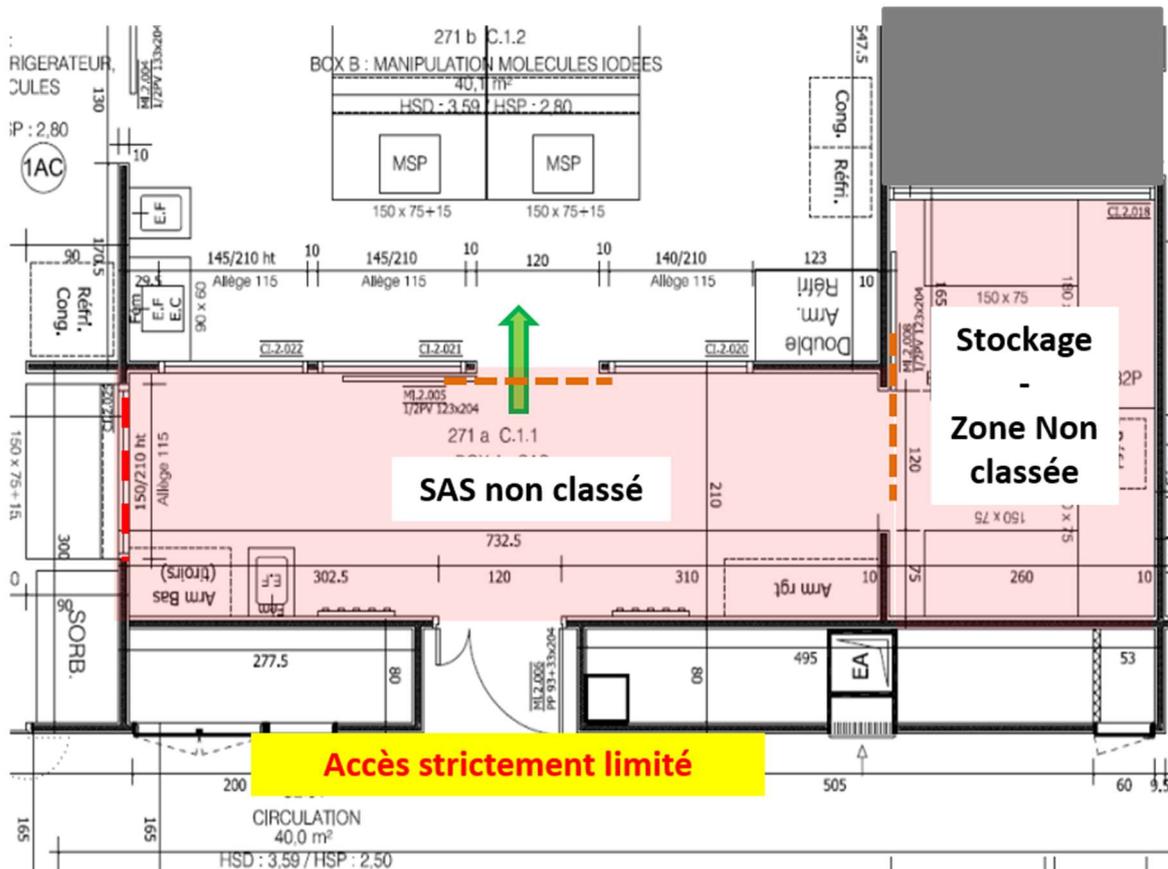
Enfin, une surveillance 24h/24 et 7j/7 des rejets aérosols du réseau « sorbonnes » est réalisé via une balise atmosphérique. Les résultats des mesures sont conservés et archivés. Une estimation des doses reçues par la population sur la base des rejets réels de l'activité est réalisée annuellement. Cette estimation est disponible sur demande.

5. Annexes

- Annexe 1 : plans des zones de production de déchets de l'unité UMRS 1239
- Annexe 2 : plans des zones de production de déchets du GPM
- Annexe 3 : plan du local déchets radioactifs du campus Mont-Saint-Aignan
- Annexe 4 : plans du local déchets radioactifs de l'unité GPM
- Annexe 5 : estimation des rejets de radionucléides de période supérieure à 100 jours par la plateforme GENESIS

Annexe 1 : plans des zones de production de déchets de l'unité UMRS 1239

Bâtiment CURIB n°25, INSERM U1239, Etage R+2
**PIECES 271A : SAS d'accès aux zones de manipulations iode 125 et Tritium
+ 271E stockage consommables propres
Zones non classées**



L'accès au SAS se fait par badge électronique nominatif et est limité exclusivement au personnel autorisé. Cette pièce donne accès aux zones dédiées à la manipulation de l'iode 125 ou du tritium (flèche verte).

Le box 271E sert au stockage des consommables propres.

Aucune manipulation, ni stockage de source ou déchets ne sont autorisés dans ces 2 box

Des parois vitrées fixes (pointillés rouge) ou mobiles (pointillés orange) permettent d'avoir depuis ce SAS, un contrôle visuel sur les personnes travaillant en zones surveillées.

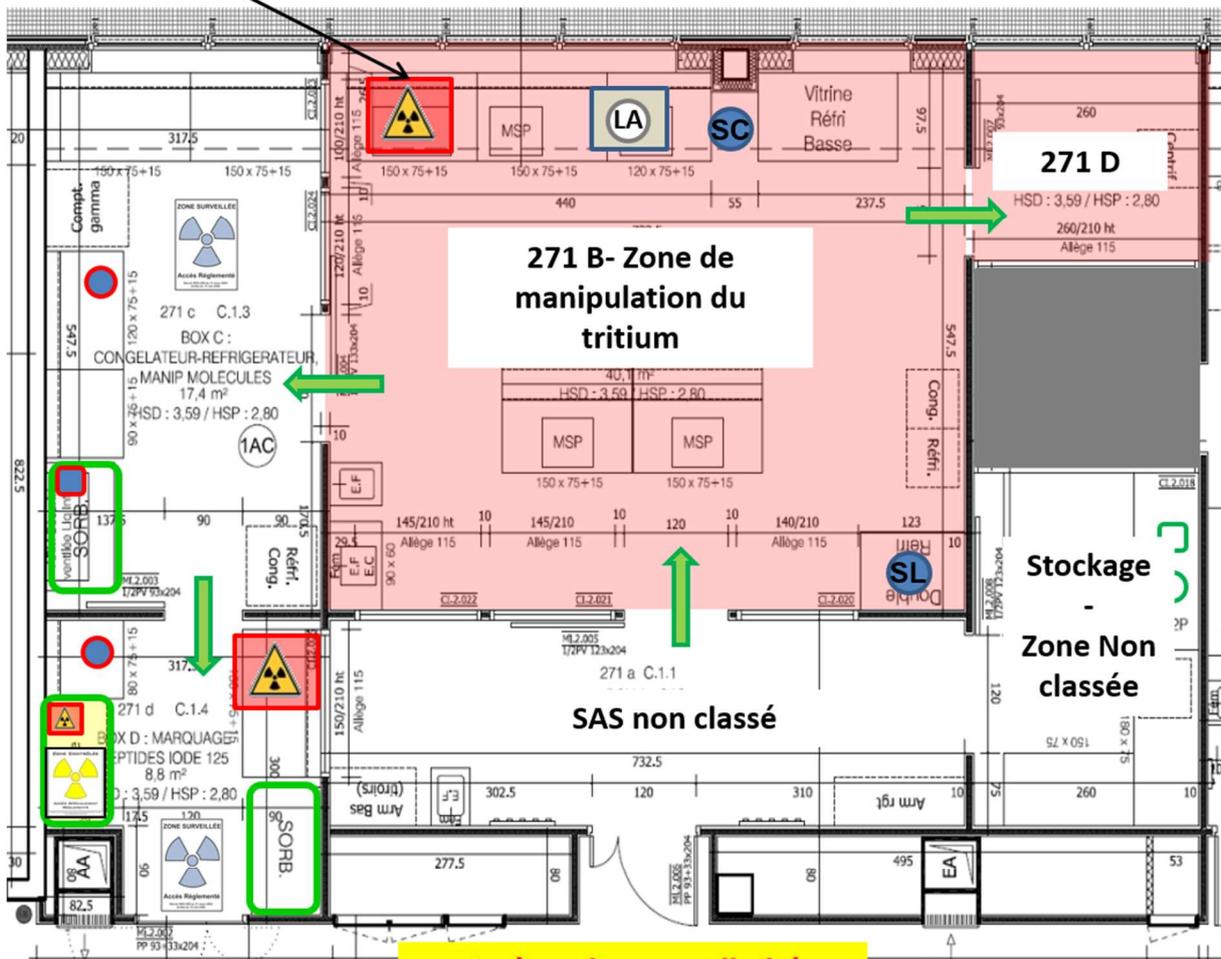
Bâtiment CURIB n°25, INSERM U1239, Etage R+2
salle 271 box B et F.

Zones de manipulation du tritium
Zones non classées

Accès strictement limité aux personnes autorisées.



Sources non scellées de tritium stockées sur bacs de rétention dans le réfrigérateur



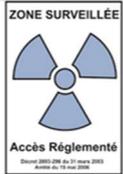
Futs ANDRA de stockage des déchets solides tritiés en cours de remplissage.



SC, Solides compactables; SL, fioles de scintillation



Récipient de stockage provisoire des déchets liquides tritiés. LA, Liquides aqueux.

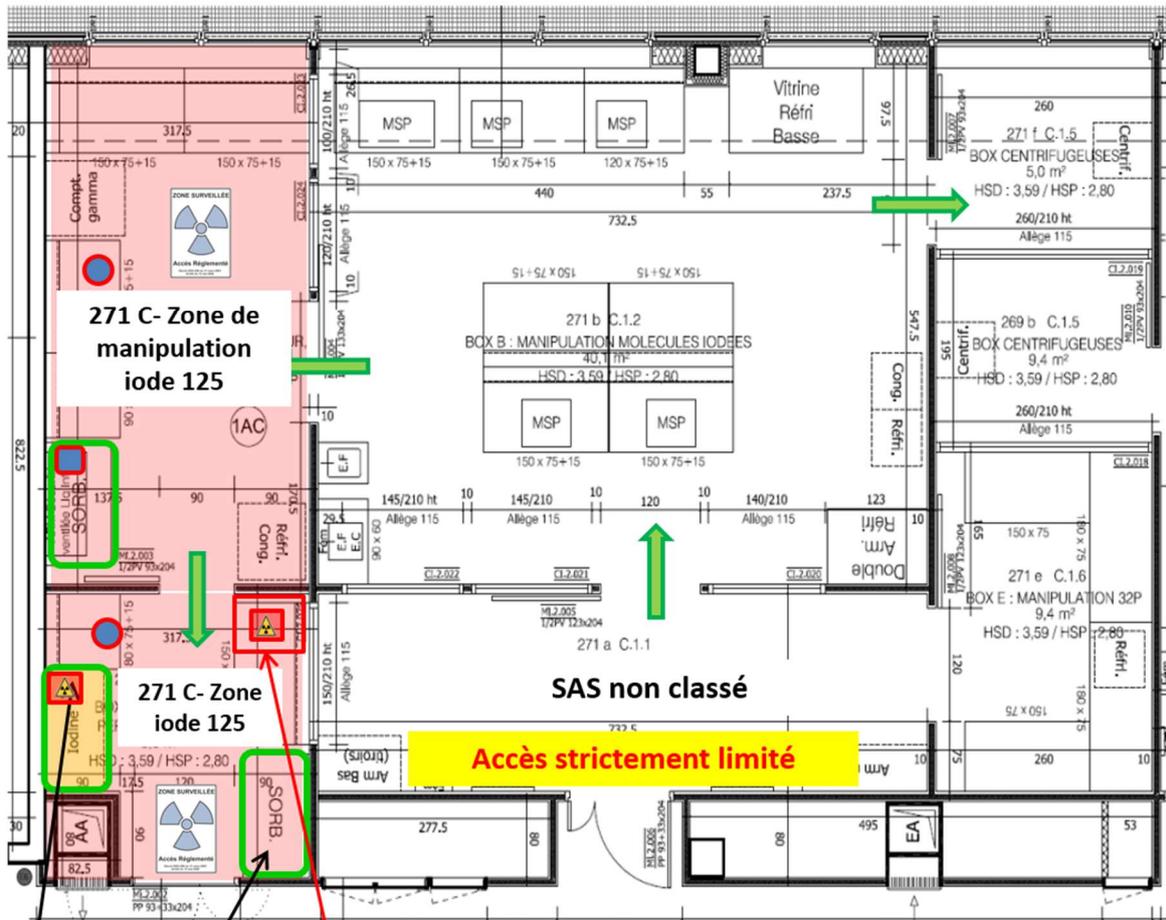


ZONE SURVEILLÉE
Accès Réglementé

Bâtiment CURIB n°25, INSERM U1239, Etage R+2
salle 271 box C et D.
Zones de manipulation iode 125
Zone surveillée
Présence de 1 zone contrôlée jaune



ZONE CONTRÔLÉE JAUNE



Les peptides radio-iodés sont stockés dans des containers en plomb dans ce combiné réfrigérateur-congélateur

Sorbonne équipée d'un filtre à charbon actif et d'une vitre en verre plombée dédiée à la purification des peptides radio-iodés par HPLC.

Boite à gants « iode », **classée zone contrôlée jaune**, lieu exclusif de manipulation de l'iode 125 libre. Le batch commercial d'iode 125 en cours d'utilisation est stocké à l'intérieur de cette enceinte dont la paroi est en verre plombée.

- Bidons pour déchets liquides 125I derrière écran de plomb
- Poubelles plombées pour déchets 125I solide

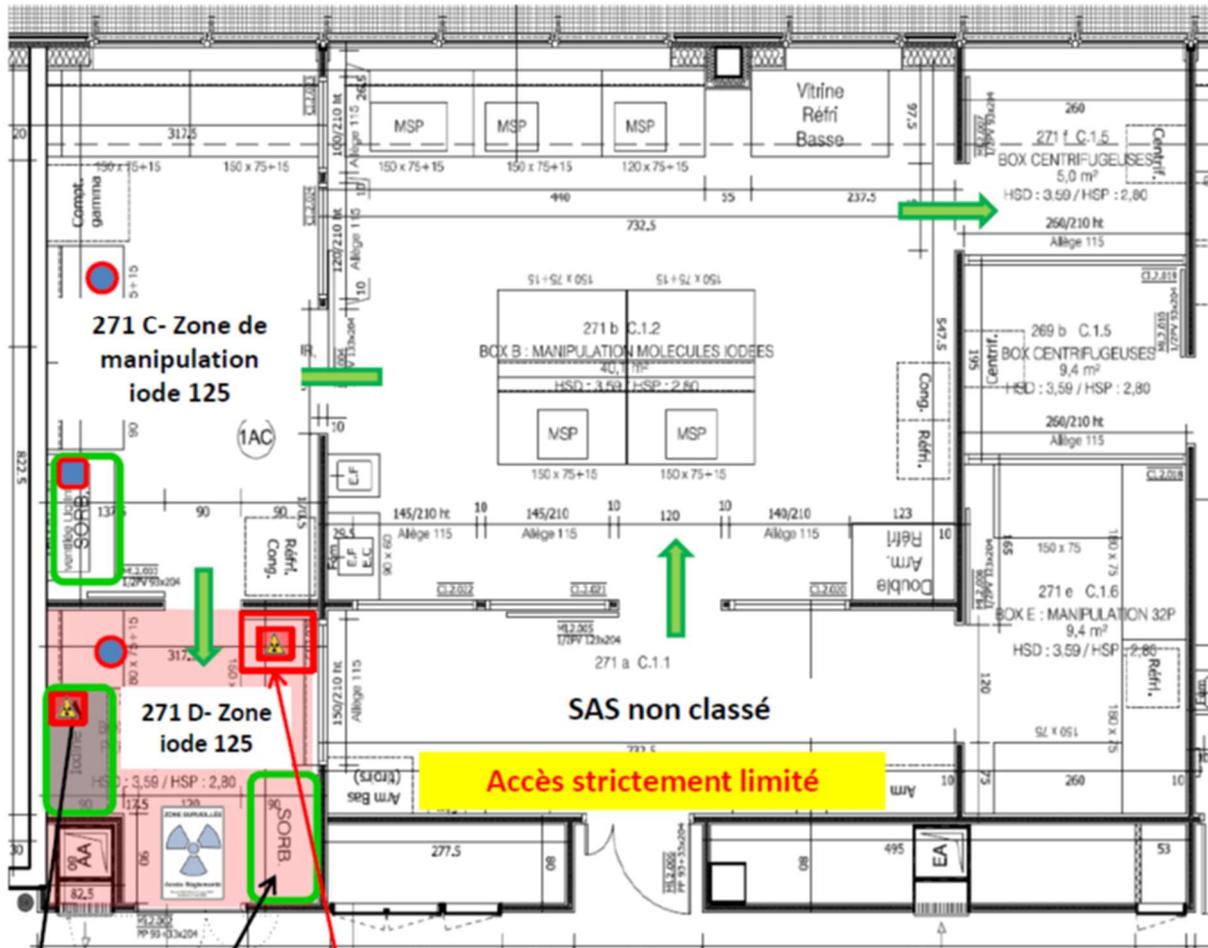


Bâtiment CURIB n°25, INSERM U1239, Etage R+2
salle 271 box D.

Zone de manipulation iode 125

Zone surveillée

Présence de 1 zone Extrémités (intérieur iode)



Les peptides radio-iodés sont stockés dans des containers en plomb dans ce combiné réfrigérateur-congélateur

Sorbonne équipée d'un filtre à charbon actif et d'une vitre en verre plombée dédiée à la purification des peptides radio-iodés par HPLC.

Boite à gants « iode », classée zone Extrémités, lieu exclusif de manipulation de l'iode 125 libre. Le batch commercial d'iode 125 en cours d'utilisation est stocké à l'intérieur de cette enceinte dont la paroi est en verre plombée.

- Bidons pour déchets liquides 125I derrière écran de plomb
- Poubelles plombées pour déchets 125I solide

Salle U1.2.53, site Madrillet : laboratoire (zone de production des déchets)

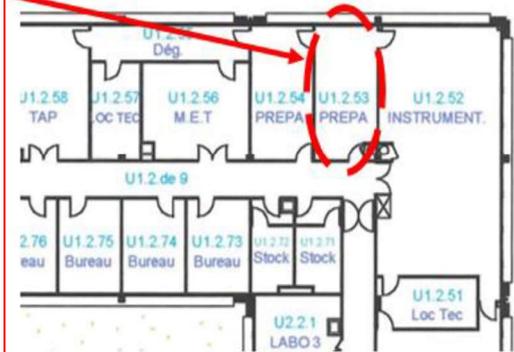
Zone de pesée de l'acétate d'uranyle

Salle de préparation où sera manipulé l'acétate d'uranyle



Paillasse sèche balisée sur laquelle seront réalisées les colorations ;

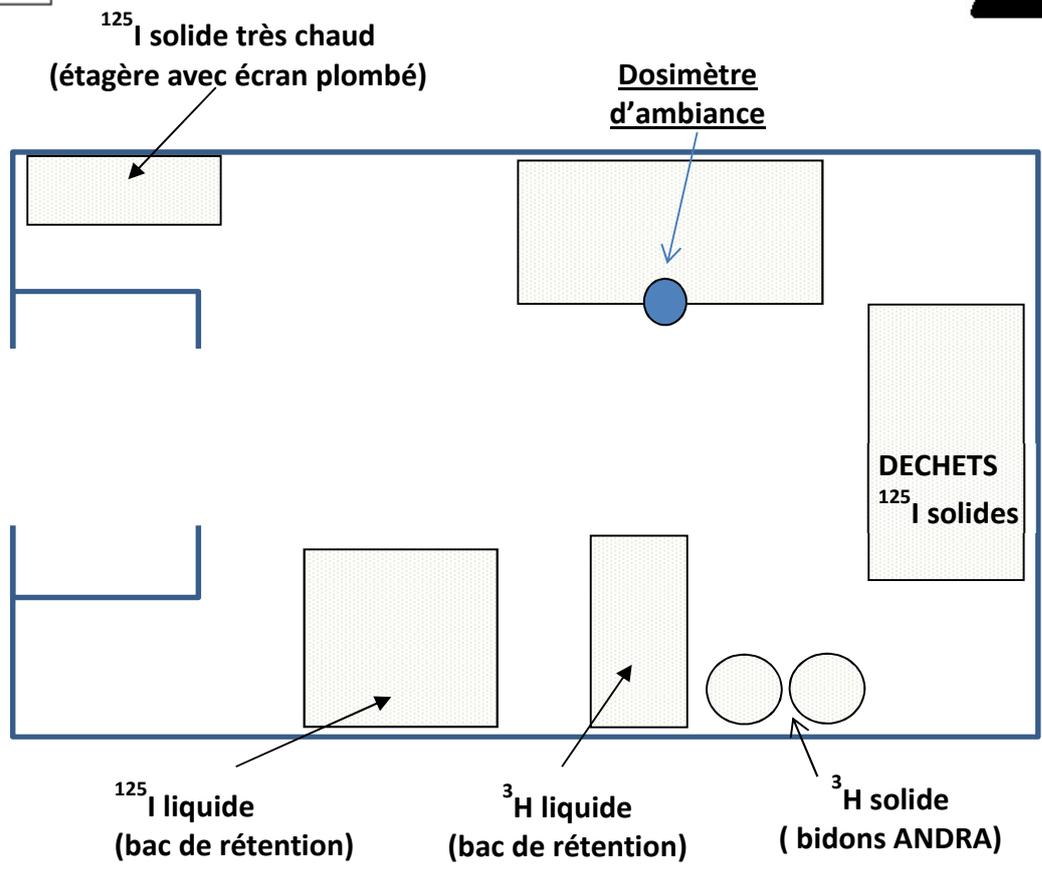
1) Réfrigérateur où seront stockés les solutions d'acétate d'uranyle. 2) Identification des produits présents dans le réfrigérateur avec les mentions de sécurité

**Types de déchets produits dans le local U1.2.53 :****Déchets contenant de l'uranium naturel (acétate d'uranyle) :**

- Liquides : solutions usagées d'acétate d'uranyle. Ces déchets sont stockés temporairement à la paillasse humide avant leur transport au local de déchets radioactifs de la plateforme GENESIS pour être enlevés via l'ANDRA.

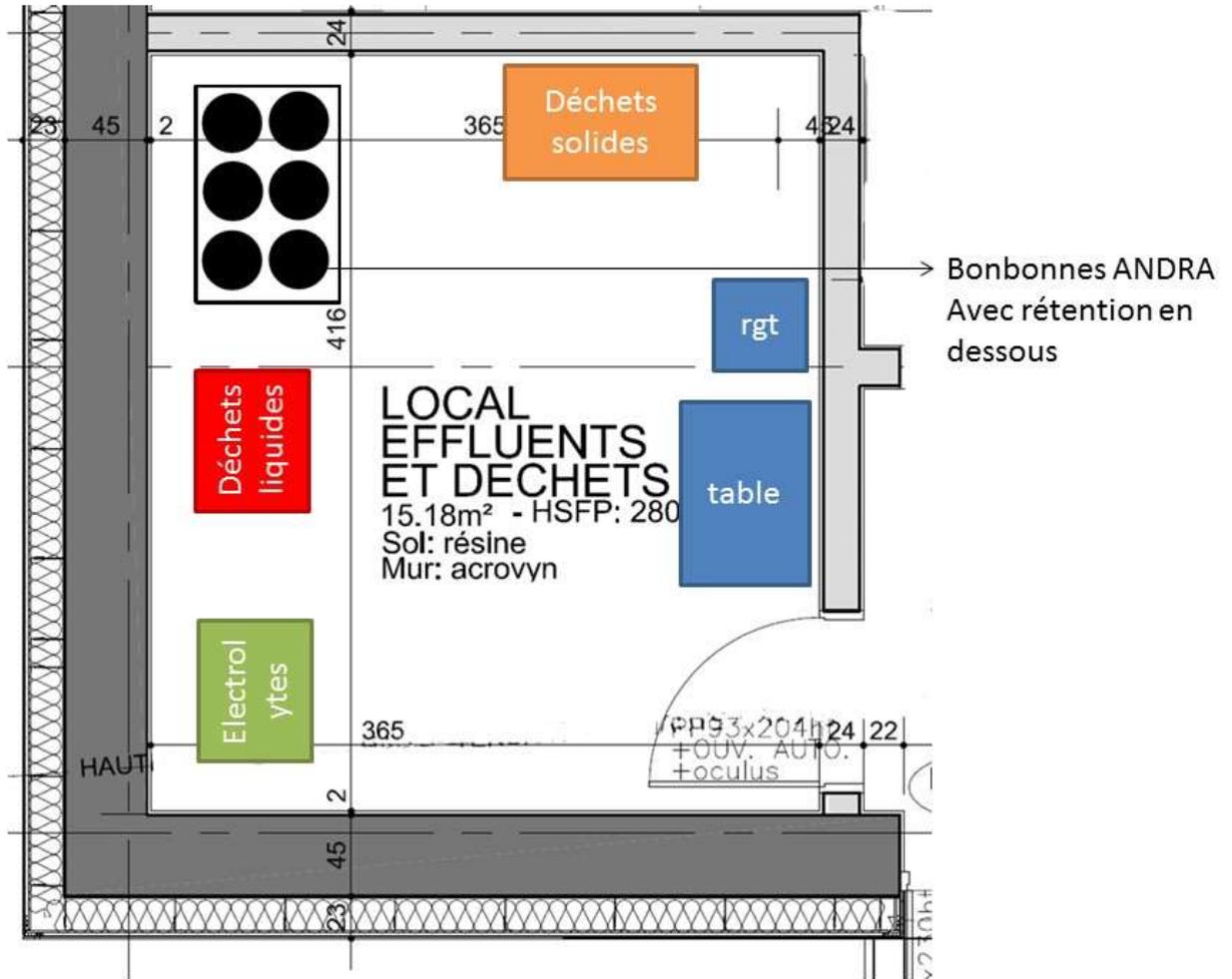
Annexe 3 : plan du local déchets radioactifs du campus Mont-Saint-Aignan

CURIB, INSERM U1239, Etage R-1
PIECES S001: Zone de stockage des déchets radioactifs
Zone Surveillée – Accès strictement Réglementé



Annexe 4 : plans des locaux déchets radioactifs de l'unité GPM

Plateforme GENESIS, site Madrillet : local de stockage des déchets radioactifs



Annexe 5 : estimation des rejets de radionucléides de période supérieure à 100 jours par la plateforme GENESIS

La plateforme Genesis comprend 4 réseaux d'extractions d'air :

- le réseau « boîtes à gants » (BAG),
- le réseau « sorbonnes »,
- le réseau « air ambiant de la zone contrôlée A » (sans risque de contamination),
- le réseau « air ambiant de la zone contrôlée B » (avec risque de contamination).

Ces quatre réseaux aboutissent à 5 cheminées (2 cheminées pour le réseau sorbonnes) situées sur le toit du bâtiment Genesis (figure 1).

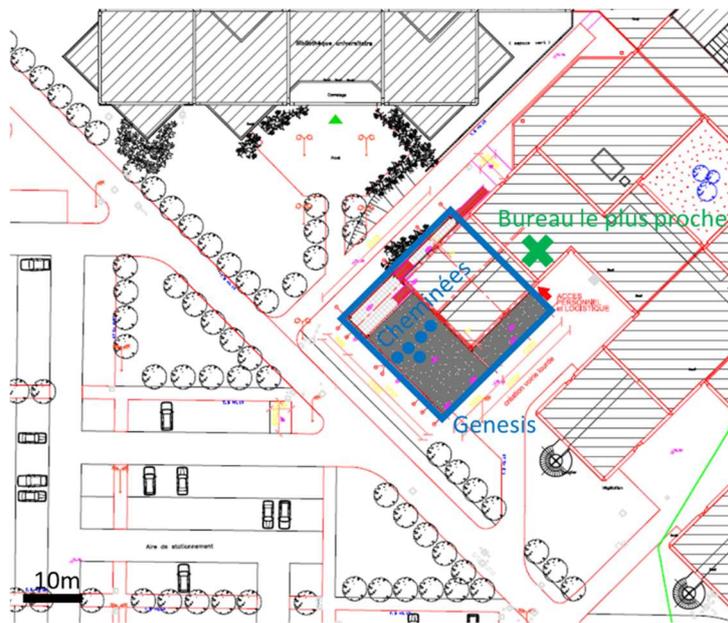


Figure 1 : Plan de situation de la plateforme Genesis (délimités par le rectangle bleu par rapport aux locaux du laboratoire GPM (en rouge). La position des cheminées est représentée par les points bleus et le bureau le plus proche de ces cheminées par une croix verte.

Les systèmes de filtration de chacun des réseaux et leur efficacité sont indiqués dans le tableau 1.

Tableau 1 : Types de filtres et efficacités de la filtration située en amont des cheminées pour chaque réseau d'extraction.

Réseau	Filtres	Efficacité (%)
Boîtes à gant	Deux filtres THE H13	99.999975
Sorbonnes	Filtre THE H14	99.99
Air ambiant zone A	Non filtré	-
Air ambiant zone B	Filtre THE H14	99.99

Ce document présente l'estimation des rejets annuels par chacune des cheminées et de leur impact sur les personnes susceptibles d'être exposées.

Réseau air ambiant zone A

La zone A est dédiée à l'analyse par sonde atomique tomographique (SAT) et par microscopie électronique en transmission (MET) des échantillons. Seuls des échantillons solides se trouveront donc dans l'air ambiant. Aucun polissage ne sera effectué sur ces échantillons. Aucun liquide potentiellement contaminé ne se trouvera dans cette zone.

Les rejets potentiels de radionucléides par ce réseau sont donc nuls.

Réseau air ambiant zone B

La zone B est dédiée à la préparation des échantillons (polissage électrolytique, polissage mécanique, usinage par faisceau d'ions) et au stockage (échantillons et déchets). Il existe un risque de contamination lors des étapes de préparation. Cependant toutes ces étapes se font soit en boîte à gants (polissage mécanique), soit sous sorbonne (polissage électrolytique), soit dans l'enceinte confinée du microscope électronique à balayage (MEB) (usinage par faisceau d'ions). Dans chacun de ces cas, un réseau spécifique (BAG ou sorbonne) assure l'extraction de l'air potentiellement contaminé et aucun rejet par le réseau d'air ambiant n'est envisagé en fonctionnement normal.

Ici encore, les rejets de radionucléides par ce réseau sont nuls.

Réseau sorbonnes

Le réseau sorbonnes est relié aux 4 sorbonnes situées dans le laboratoire « préparation chimie », à la pompe de la SAT, au plasma-cleaner du MET, à la pompe du MEB et au système de polissage ionique des échantillons de MET (PIPS) situé dans le laboratoire « préparation sèche ».

Pour estimer les rejets potentiels par ce réseau, il convient d'estimer la quantité de matière radioactive retirée par échantillon lors de leur préparation (polissage électrolytique dans les sorbonnes, polissage ionique dans le PIPS, nettoyage dans le plasma-cleaner, usinage ionique dans le MEB) ou leur analyse (évaporation par effet de champ dans la SAT), et la proportion de cette matière susceptible de passer dans le réseau d'extraction. L'activité par échantillon et le nombre d'échantillons préparés ou analysés chaque année sont indiqués dans les annexes A14 ; A15 et A16.

- Plasma-cleaner du MET

Dans le plasma-cleaner, la surface de l'échantillon est nettoyée (la couche de polluants adsorbés est retirée). Aucune partie de l'échantillon n'est retirée. *Il n'y a donc pas de rejet potentiel de radionucléides.*

- SAT

Comme décrit dans les annexes A14, A15 et A16, lors de l'analyse d'un échantillon, un volume de matière $V = 2,3 \cdot 10^{-12} \text{mm}^3$ est susceptible de se retrouver dans le réseau d'extraction. Le nombre de pointe analysées par an (N) est de 460 et l'activité moyenne d'un mm^3 de matière à partir de laquelle est préparée une pointe est $a_{\text{SAT}} = 42 \text{MBq}$. L'activité totale, A_{SAT} , susceptible de se retrouver dans le réseau d'extraction est donc :

$$A_{\text{SAT}} = N \times V \times a_{\text{SAT}} = 4,4 \cdot 10^{-8} \text{MBq}$$

Lors d'une analyse SAT, la matière est retirée de l'échantillon atome par atome. La totalité de cette matière peut donc franchir les filtres. *Ainsi l'activité rejetée au maximum dans l'environnement est donc $A_{\text{SAT}}^* = 4,4 \cdot 10^{-8} \text{MBq}$.*

- Sorbonnes

Les sorbonnes sont utilisées pour le polissage électrolytique. Le nombre d'échantillons polis chaque année est estimé à 334, l'activité et le volume moyen d'un échantillon sont respectivement de 15MBq et de 1mm³. Lors du polissage électrolytique, moins d'un tiers de l'échantillon est dissous dans l'électrolyte, soit une activité annuelle de 1670MBq. Compte tenu du coefficient de volatilité de l'électrolyte, 1/100^{ème} de l'électrolyte est évaporé dans les sorbonnes (le reste étant évacué comme déchets). Cependant, la matière retirée des échantillons lors du polissage est sous forme d'ions métalliques dissous et non volatils. Ils ne s'évaporent donc pas avec l'électrolyte. Ainsi, *aucun radionucléide n'est susceptible de se retrouver dans le réseau d'extraction depuis les sorbonnes.*

- MEB

Le MEB est utilisé pour la préparation d'échantillons par usinage par faisceau d'ions (FIB). Lors de la préparation d'un échantillon, un volume de matière inférieur ou égal à 10⁻⁵mm³ est pulvérisé. Selon les données du constructeur du MEB (Zeiss), moins de 15% de ce volume est susceptible de passer dans le réseau d'extraction, soit $V = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{mm}^3$ (le reste se redépose dans la chambre du MEB). Le nombre d'échantillons préparés chaque année est $N = 69$ et l'activité moyenne d'un mm³ de matière à partir de laquelle est préparé un échantillon est $a_{\text{MEB}} = 69 \text{MBq}$. L'activité totale, A_{MEB} , susceptible de se retrouver dans le réseau d'extraction est donc :

$$A_{\text{MEB}} = N \times V \times a_{\text{MEB}} = 7,1 \cdot 10^{-3} \text{MBq}$$

Lors de la pulvérisation ionique, la matière arrachée sous forme d'atomes ou d'agrégats de quelques atomes. La matière qui ne se redépose pas dans l'enceinte du MEB peut donc franchir les filtres. *Ainsi l'activité rejetée au maximum dans l'environnement est donc $A_{\text{MEB}}^* = 7,1 \cdot 10^{-3} \text{MBq}$.*

- PIPS

Le PIPS permet de finaliser le polissage des échantillons de MET (lames minces préparées dans un disque de 3mm de diamètre et 0,1mm d'épaisseur). Lors de cette étape de polissage final, un disque de 10µm d'épaisseur et de 0,5mm de diamètre est pulvérisé. Comme dans le cas du MEB, nous supposons que 15% de ce volume ne se redépose pas et passe potentiellement dans le réseau d'extraction soit un volume $V = 3 \cdot 10^{-4} \text{mm}^3$. Le nombre d'échantillons préparés chaque année est au maximum de 20 et l'activité spécifique de ces échantillons est de 42MBq/mm³. L'activité totale, A_{PIPS} , susceptible de se retrouver dans le réseau d'extraction est donc :

$$A_{\text{PIPS}} = N \times V \times a_{\text{PIPS}} = 0,25 \text{MBq}$$

Ici encore la matière arrachée sous forme d'atomes ou d'agrégats de quelques atomes et la totalité de la matière qui ne se redépose pas dans l'enceinte est susceptible de franchir les filtres. *Ainsi l'activité rejetée au maximum dans l'environnement est donc $A_{\text{PIPS}}^* = 0,25 \text{MBq}$.*

En prenant en compte l'ensemble des appareils reliés au réseau sorbonnes, on obtient une activité rejetée chaque année égale à 0,255MBq.

Réseau boîtes à gants

Le réseau BAG permet d'extraire l'air des BAG 1A, 1B, 2 et 3. La BAG 3 est destinée au nettoyage d'outils de préparation des échantillons (pincettes, bécher, microloop...) éventuellement contaminés au contact de liquide durant le polissage électrolytique. Il s'agira de retirer d'éventuels résidus de polissage fixés sur les outils suite à l'évaporation de l'électrolyte à l'aide d'un chiffon humide par exemple. Aucun rejet ne résulte de nettoyage.

La BAG 2 sera utilisée pour la mise en place des échantillons pour le MEB sur le porte échantillon adapté à cet instrument. Ce porte échantillon est potentiellement contaminé par la matière pulvérisée lors de l'usinage par faisceau d'ion dans le MEB et qui se redépose. Ce dépôt consiste en des particules submicrométriques pouvant se retrouver en suspension dans l'air de la BAG et donc aller vers le réseau d'extraction. Lors de la pulvérisation ionique, 10% du volume pulvérisé se redépose sur l'échantillon et le porte échantillon (données du constructeur). Compte tenu du volume pulvérisé par échantillon (10⁻⁵mm³), de l'activité spécifique moyenne d'un échantillon (69MBq) et du nombre d'échantillons par

an (69), l'activité mise en suspension dans la BAG2 est estimée à 5.10^{-2} MPBq/an. Les particules mises en suspension passent à travers la double filtration de la BAG (efficacité 99.99975%). Ainsi l'activité susceptible d'être libérée dans l'environnement à la sortie de la BAG2 est $A_{BAG2}^* = 1,2.10^{-9}$ MBq.

Les BAG 1A et 1B serviront au polissage mécanique des échantillons. Cette étape consiste à abraser les échantillons sur des disques de polissages durs et rugueux ou à l'aide d'une suspension diamantée. Lors du polissage des particules de matière sont arrachées à l'échantillon. En supposant que le volume de matière arrachée est donné par le produit de l'aire de la surface polie par la granulométrie des disques de polissage ou des suspensions diamantées, le tout multiplié par un facteur 2 (marge de sécurité), le volume de matière abrasée par échantillon est estimé à 5.10^{-4} mm³. Une grande partie de ces particules se retrouvent dans la suspension diamantée ou dans l'eau utilisée comme lubrifiant des disques de polissage. Le reste est susceptible de se retrouver en suspension dans l'air BAG et donc d'être aspiré en direction des filtres. La proportion de matière aspirée vers les filtres n'est pas connue. Nous l'estimons à 50%. L'activité spécifique des échantillons qui seront polis étant en moyenne de 15MBq/mm³ et le nombre d'échantillons polis de 30 par an, l'activité mise en suspension dans les BAGs 1A et 1B est estimée à 0,12MPBq/an. Les particules mises en suspension passent à travers la double filtration des BAGs (efficacité 99.99975%). Ainsi l'activité susceptible d'être libérée dans l'environnement à la sortie des BAGs 1A et 1B est $A_{BAG1}^* = 2,9.10^{-8}$ MBq.

En prenant en compte l'ensemble des BAGs reliées au réseau BAG, on obtient une activité rejetée chaque année égale à 3.10^{-8} MBq.

Finalement le bilan sur l'ensemble des réseaux d'extraction donne une activité rejetée inférieure à 0,3MBq/an.

Impact sur le public et les travailleurs

Les radionucléides sont rejetés par 5 cheminées situées sur le toit de Genesis. Le débit de dose et la dose engagée du fait de ces rejets sont estimés ci-dessous. Afin de considérer le cas le plus pénalisant, la totalité de l'activité rejetée est attribuée à du cobalt 60.

- Débit de dose

Les rejets sont ici assimilés à une source ponctuelle de Co60 dont l'activité correspond à celle rejetée lors du polissage PIPS (cas le plus pénalisant), soit :

$$A_0 = A_{PIPS}^* \times N = 0,0125\text{MBq}$$

avec $N = 20$ échantillons par an et $A_{PIPS} = 0,25\text{MBq}$ (cf parties précédentes).

Le débit de dose à une distance d de la cheminée est donc :

$$\dot{E} = dp \times A_0 \times \left(\frac{0,3}{d}\right)^2$$

En considérant le dp du cobalt 60 et une distance de 1m, on obtient :

$$\dot{E} = 4,4 \cdot 10^{-3} \mu\text{Sv}/h = 3,2 \mu\text{Sv}/\text{mois}.$$

Ainsi, à une distance de 1m des cheminées (ce qui implique de se trouver sur le toit du bâtiment), pendant l'étape la plus critique en terme de rejet de radionucléides (polissage PIPS), le débit de dose reste très inférieur à la limite nécessitant une zone règlementée.

- Dose engagée

Les radioéléments rejetés par les cheminées peuvent être inhalés. Supposons qu'à une distance D de la cheminée, ces radioéléments se répartissent dans une hémisphère de rayon D (figure 2)

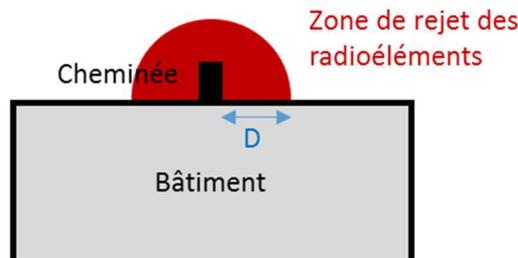


Figure 2 : Représentation schématique du volume d'air contenant des radioéléments à 1m de la cheminée

L'activité rejetée étant égale à 0,3MBq en 2000h (1 an de travail), une personne restant 1h à une distance D des cheminées inhale une activité A_{in} :

$$A_{in}(\text{en MBq}) = \frac{0,3}{2000} \times \frac{3}{2\pi D^3} \times V_{in} \text{ avec } V_{in} = 0,01\text{m}^3 \text{ le volume inhalé en 1h}$$

La dose engagée au bout d'un temps t (en h) est alors donnée par

$$E(\text{en } \mu\text{Sv}) = A_{in} \times t \times 9600$$

où 9600 est la dose engagée par unité d'incorporation de Co60 exprimée en $\mu\text{Sv}/\text{MBq}$.

Le tableau donne des valeurs de dose engagée dans différents cas.

Tableau 2 : Dose engagée du fait de l'inhalation de cobalt 60 dans différents cas de figure ⁽¹⁾ Dans le cas du « riverain », on considère la totalité des 0,3MBq dans le calcul.

Cas de figure	Distance aux cheminées (m)	Durée (h)	Dose engagée (μSv)
Travailleur intervenant sur le toit	1	8	0,055
Travailleur situé dans le bureau le plus proche	10	2000	0,014
Riverain ⁽¹⁾	100	8800	$1,3 \cdot 10^{-5}$

Dans tous les cas de figure la dose engagée est inférieure au dixième de μSv ce qui est négligeable en comparaison de la radioactivité naturelle.