

Fontenay-aux-Roses, le 22 octobre 2012

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN N° 2012-00465

Objet : CIS bio international

INB n° 29 - Usine de production de radioéléments artificiels

Rejets gazeux des cyclotrons

Réf. : 1. **Lettre-saisine ASN/CODEP-OLS-2012-001198 du 9 janvier 2012**

2. Décision ASN n° 2009-DC-0157 du 15 septembre 2009 (homologuée par l'arrêté du 4 janvier 2010)

Par lettre citée en première référence, vous demandez l'avis et les observations de l'IRSN sur les documents transmis par CIS bio international (CISBIO) concernant les radionucléides présents dans les gaz émis par les cyclotrons de l'installation nucléaire de base (INB) n° 29 implantée sur le site de Saclay.

1. Contexte

L'INB n° 29 a pour principales missions la fabrication de produits radio pharmaceutiques sous forme de sources non scellées et la reprise de sources scellées usagées qui étaient utilisées notamment à des fins de radiothérapie. L'INB n° 29 est constituée de treize bâtiments, dont notamment le bâtiment 555. Ce bâtiment abrite deux cyclotrons (I et II) dans lesquels des cibles solides (cibles enrichies en ^{203}Tl , ^{68}Zn et ^{112}Cd) et gazeuses (cibles enrichies en ^{124}Xe) sont irradiées par des faisceaux de protons, afin de produire des radionucléides pour la fabrication de certains produits radio pharmaceutiques. Le bâtiment 555, muni d'un émissaire de rejets gazeux (E6), est équipé d'un réseau d'extraction d'air des enceintes, dit « extraction procédé », et de deux réseaux de ventilation des locaux, dits « extraction ambiance ». Les cyclotrons et les lignes de faisceaux dans lesquels sont positionnées les cibles de production sont maintenus sous vide à l'aide de pompes, dont le refoulement est connecté à la ventilation « procédé ». Une description du bâtiment 555 et du procédé mis en œuvre est présentée en annexe 1 au présent avis.

Adresse courrier
BP 17
92262 Fontenay-aux-Roses
Cedex France

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

Le 4 avril 2011, CISBIO a déclaré un événement significatif relatif au dépassement, à l'émissaire du bâtiment 555 (E6), des limites d'activité des rejets mensuels (pour février et mars 2011) et annuel (pour 2011) autorisées pour les rejets d'effluents gazeux radioactifs de l'ensemble de l'installation de la catégorie « autres émetteurs $\beta\gamma$ », fixées dans la décision ASN citée en deuxième référence. Dans le cadre des investigations menées pour l'analyse de cet événement, CISBIO a découvert que les effluents gazeux produits lors de l'irradiation dans le cyclotron I de cibles de thallium contenaient du

^{199m}Hg . CISBIO a indiqué que cet élément n'avait jamais été détecté auparavant puisque les mesures réalisées sur les cartouches des émissaires sont effectuées avec une périodicité hebdomadaire ; or, ce radionucléide a une période courte (41 minutes) et peut être confondu avec ^{123}I dans les mesures réalisées par spectrométrie gamma.

En juillet 2011, vous avez demandé à CISBIO d'établir une liste exhaustive des radionucléides rejetés ou susceptibles d'être rejetés à l'émissaire E6. En réponse à votre demande, dans sa lettre de septembre 2011, CISBIO a présenté la liste de radionucléides suivants : ^{82}Br , ^{123}I , ^{199m}Hg , ^{201}Tl , ^{201}Pb et ^{203}Pb et indiqué avoir engagé une étude bibliographique afin d'expliquer l'origine des rejets de mercure. Les résultats de cette étude ont été transmis en octobre et novembre 2011. Vous notez dans votre lettre citée en première référence que cette étude n'est pas concluante.

Dans votre lettre citée en première référence, vous demandez l'avis et les observations de l'IRSN sur les documents transmis par CISBIO concernant les radionucléides présents dans les gaz émis par les cyclotrons de l'INB n°29 et vous soulignez que, dans ce contexte, il est important que vous ayez connaissance :

- « des radionucléides potentiellement produits sous forme gazeuse ou d'aérosols au niveau des cibles utilisées dans les cyclotrons ;
- pour les radionucléides à considérer à la sortie de l'émissaire, c'est-à-dire les radionucléides autres que ceux à périodes suffisamment courtes pour lesquels la décroissance d'activité à la sortie de la cheminée est relativement significative pour ne pas les prendre en compte et abstraction faite des dispositifs d'épuration :
 - des formes de ces radionucléides ;
 - des capacités d'épuration de ces radionucléides par les systèmes de traitement en place dans les circuits de ventilation ;
 - d'une évaluation de l'adéquation des moyens de contrôle des rejets aux émissaires par rapport à la composition des radionucléides effectivement rejetés ;
 - de la comparaison des radionucléides supplémentaires rejetés par rapport aux limites de rejets actuellement autorisées ;
 - de la contribution relative de ces radionucléides supplémentaires rejetés au calcul de dose efficace pour le public ».

2. Radionucléides produits lors de l'irradiation des cibles

La liste de radionucléides présentée par CISBIO dans sa lettre de septembre 2011 a été établie sur la base du retour d'expérience de mesures réalisées ces dernières années et lors des analyses réalisées dans le cadre des investigations liées à l'événement d'avril 2011. Cette liste comprend quatre radionucléides (^{82}Br , ^{199m}Hg , ^{201}Pb et ^{203}Pb) qui n'étaient pas identifiés dans la demande d'autorisation de rejets et de prélèvement d'eau (DARPE) déposée en janvier 2007 par le CEA, alors exploitant nucléaire de l'INB n°29.

L'IRSN relève que ni les moyens de mesure actuellement utilisés pour la comptabilisation des rejets, ni ceux utilisés lors des analyses réalisées dans le cadre des investigations précitées, ne permettent

de détecter tous les radionucléides susceptibles d'être produits lors de l'irradiation des cibles (tels que le tritium, le ^{14}C ou les radionucléides ayant une courte période par exemple).

En se fondant sur les informations transmises par CISBIO concernant notamment les caractéristiques géométriques des cibles et des casemates, la composition isotopique des cibles, les caractéristiques des irradiations, l'IRSN a évalué numériquement, à titre d'illustration, l'activation de l'air au cours des irradiations, ainsi que l'inventaire radiologique des cibles irradiées (cibles solides de ^{203}Tl et ^{68}Zn et cibles gazeuses de ^{124}Xe , CISBIO ayant indiqué que l'irradiation de cibles de ^{112}Cd n'était plus réalisée actuellement).

Les résultats obtenus mettent en évidence que de nombreux radionucléides volatils se forment dans les cibles solides (tritium, gaz rares, halogènes, mercure...). En outre, ces résultats confirment la production des radionucléides détectés par CISBIO à l'émissaire E6 :

- le $^{199\text{m}}\text{Hg}$, qui est formé en quantité significative dans les cibles de ^{203}Tl (environ 130 GBq par cible irradiée) selon la réaction $^{203}\text{Tl} (p, n\alpha) ^{199\text{m}}\text{Hg}$. **L'IRSN relève que cette voie de formation n'a pas été identifiée par CISBIO dans son étude bibliographique précitée ;**
- le ^{82}Br , qui est produit par activation de l'air ou durant l'irradiation des cibles de ^{124}Xe , à partir des impuretés en Kr ;
- le ^{201}Pb , ^{201}Tl et ^{123}I qui sont les radionucléides utilisés pour fabriquer les produits radio pharmaceutiques.

L'IRSN estime que la liste de radionucléides établie par CISBIO ne permet pas de conclure sur les radionucléides produits dans les cyclotrons puisqu'elle ne repose que sur des mesures qui ne sont pas forcément adaptées pour détecter l'ensemble des radionucléides potentiellement produits dans les cibles (radionucléides de courte période, radionucléides « β de faible énergie »...). En outre, au cours de l'instruction, CISBIO a indiqué qu'il ne disposait pas, à ce jour, de moyens d'estimer, soit par le calcul, soit par la mesure, la liste exhaustive des radionucléides produits lors de l'irradiation des cibles dans les cyclotrons. Enfin, les estimations réalisées par l'IRSN à titre d'illustration confirment la production de radionucléides non identifiés dans l'étude bibliographique précitée.

3. Radionucléides à considérer à l'émissaire E6

Les radionucléides rejetés à l'émissaire E6 (effluents des réseaux « procédé » et « ambiance ») sont, d'une part ceux formés par l'activation de l'air qui sont captés par la ventilation « ambiance », d'autre part ceux formés dans les cibles, une fraction étant relâchée et captée par la ventilation « procédé ». L'efficacité des différents dispositifs de filtration de la ventilation du bâtiment 555 (filtres à très haute efficacité et pièges à iode) doivent également être considérés dans l'évaluation des radionucléides rejetés à l'émissaire.

Forme des radionucléides

S'agissant des cibles solides (cibles de ^{203}Tl et de ^{68}Zn), le rapport de sûreté indique que celles-ci peuvent atteindre des températures supérieures à 200 °C au cours des phases d'irradiation. Aussi, au vu des caractéristiques physico-chimiques des radionucléides qui sont formés dans les cibles solides au cours de leur irradiation, l'IRSN estime que les radionucléides suivants sont susceptibles d'être

présents sous forme gazeuse dans les effluents : tritium, halogènes (^{18}F , iodes), gaz (gaz rares, ^{15}O , ^{13}N , ^{11}C ...), ainsi que, pour les cibles de thallium, des isotopes du mercure (^{197}Hg , $^{197\text{m}}\text{Hg}$, $^{199\text{m}}\text{Hg}$, ^{203}Hg , ^{205}Hg ...).

En outre, l'IRSN considère, au vu de l'énergie déposée par le faisceau sur les cibles et leur support, qu'une fraction de leur inventaire radiologique peut se retrouver sous forme labile (effet de « sputtering »), puis mise en suspension sous forme d'aérosols. Les radionucléides concernés sont des produits d'activation du thallium (isotopes du plomb, du thallium...), du zinc (isotopes du zinc, du gallium, du cuivre...) et, dans une moindre mesure, des produits d'activation des impuretés des cibles. Sur la base du retour d'expérience d'installations similaires, l'IRSN a retenu que 1 % de ces radionucléides est susceptible d'être relâché par la cible.

Pour ce qui concerne le tritium, les gaz, les halogènes et les isotopes du mercure, l'IRSN a retenu de manière enveloppe que ces derniers sont relâchés en totalité dans les effluents gazeux.

S'agissant des cibles gazeuses, leur inventaire radiologique après irradiation montre la présence d'éléments gazeux tels que du tritium, des gaz rares ($^{83\text{m}}\text{Kr}$, $^{85\text{m}}\text{Kr}$, $^{127\text{m}}\text{Xe}$, $^{135\text{m}}\text{Xe}$, ^{135}Xe ...), des gaz (^{11}C , ^{13}N , ^{15}O) et des halogènes (iodes, ^{38}Cl , ^{39}Cl , isotopes du brome dont du ^{82}Br). Il montre également la présence possible de radionucléides sous forme d'aérosols. Il s'agit de produits d'activation des cibles gazeuses (dont les impuretés des cibles) et des fenêtres en molybdène des corps de cible (cf. description en annexe 1 au présent avis). L'IRSN a retenu les hypothèses suivantes pour évaluer l'inventaire radiologique des effluents gazeux :

- les radionucléides formés dans les fenêtres en Mo sont relâchés avec les mêmes facteurs que ceux retenus pour l'irradiation des cibles solides ;
- les radionucléides formés dans le gaz de la cible sont relâchés dans le réseau « procédé » en prenant en compte le débit de fuite maximal du corps de cible indiqué par CISBIO (à savoir 10^{-4} mbar.l/s). A cet égard, il convient de noter que les corps de cible font l'objet d'un contrôle d'étanchéité à vide avant chaque irradiation ; dans le cas où le contrôle n'est pas réalisé avec succès, les automatismes du cyclotron empêchent de débiter une séquence d'irradiation ;
- ces effluents gazeux sont entreposés dans un réservoir pour une durée de décroissance de 24 h avant rejet, durée minimale indiquée par CISBIO au cours de l'instruction. En fin d'instruction, CISBIO a indiqué que cette durée de 24 h était la durée de décroissance usuelle à ce jour compte tenu des cadences de production, mais que cette durée pouvait n'être que de 6 h. Une durée de 6 h conduirait à modifier l'estimation des rejets.

S'agissant de l'activation de l'air des casemates, l'IRSN retient que les radionucléides produits sont rejetés en totalité dans le réseau de ventilation « ambiance ».

Par ailleurs, l'IRSN n'a pas retenu, dans son estimation des rejets, les radionucléides de période inférieure à 2 min ou dont l'activité évaluée est inférieure à 1 Bq/cible.

Capacités d'épuration des systèmes de traitement des circuits de ventilation

Compte tenu des moyens de filtration mis en place sur les réseaux de ventilation du bâtiment 555 (cf. description en annexe 1 au présent avis), l'IRSN a retenu les coefficients d'épuration suivants :

- 10^{-3} pour les radionucléides sous forme d'aérosols (présence d'un niveau de filtration de très haute efficacité faisant l'objet d'un contrôle périodique sur les réseaux « ambiance » et « procédé ») et pour les iodes (présence d'un piège à iode sur le réseau « procédé » et l'extraction de la casemate C5) ;
- 10^{-2} pour les isotopes du mercure, du plomb et pour les halogènes autres que les iodes ;
- 1 pour le tritium et les gaz (gaz rares, isotopes du carbone, de l'oxygène et de l'azote...).

Comparaison des radionucléides supplémentaires rejetés par rapport aux limites de rejets actuellement autorisées

Il convient de rappeler que la DARPE transmise en janvier 2007 a été examinée par l'IRSN. Dans son avis, l'IRSN concluait ne pas être en mesure de formuler un avis circonstancié sur les limites demandées pour les rejets radioactifs, l'exploitant ne présentant ni d'analyse de l'expérience d'exploitation, ni d'estimation des rejets radioactifs pour une production représentative des activités de l'installation. Les limites des rejets radioactifs gazeux pour l'INB n°29 (quatre émissaires) ont été fixées dans la décision citée en deuxième référence.

L'IRSN a comparé les rejets estimés à l'émissaire E6 aux limites précitées, ainsi qu'aux limites demandées dans la DARPE transmise par le CEA en 2007. L'IRSN relève en particulier les points suivants.

- Pour les catégories « tritium » et « carbone 14 », ni la DARPE transmise en 2007, ni la décision citée en deuxième référence n'identifient de rejets pour ces radionucléides Or selon les évaluations de l'IRSN, du tritium et du ^{14}C sont susceptibles d'être présents dans les rejets gazeux de l'émissaire E6.
- Pour la catégorie « gaz rares radioactifs », la décision citée en deuxième référence fixe une limite annuelle de l'activité des effluents gazeux radioactifs de l'INB n°29 à $1,0 \cdot 10^{12}$ Bq/an. La DARPE identifie comme gaz rare rejeté uniquement le ^{133}Xe . Or, selon les estimations de l'IRSN, l'activation de l'air est susceptible de conduire notamment au rejet d' ^{41}Ar (de l'ordre du TBq/an).
- Pour la catégorie « iodes radioactifs », la décision citée en deuxième référence fixe une limite annuelle de l'activité des effluents gazeux radioactifs de l'INB n°29 en iodes à $6 \cdot 10^8$ Bq/an. Les limites demandées dans la DARPE prévoient des rejets en ^{123}I , ^{125}I et ^{131}I alors que, selon les estimations de l'IRSN, d'autres isotopes de l'iode sont susceptibles d'être rejetés. L'activité des rejets d'iode estimée par l'IRSN à l'émissaire E6 ne dépasse toutefois pas la limite précitée. Il convient de noter que l'activité de l'iode pourrait être plus élevée en considérant une plus courte durée de décroissance radioactive des effluents gazeux issus des irradiations des cibles gazeuses.
- Pour la catégorie « autres émetteurs β/γ », la décision citée en deuxième référence fixe une limite annuelle de l'activité des effluents gazeux radioactifs de l'INB n°29 à $6,0 \cdot 10^7$ Bq/an.

- Pour ce qui concerne les rejets en ^{13}N et ^{15}O , dans la DARPE transmise en 2007, CISBIO indique que ces rejets sont liés à la production de ^{18}F (à l'état de projet), les rejets de ^{13}N et de ^{15}O liées à l'activation de l'air n'avaient pas été identifiés. Selon les estimations de l'IRSN, l'activité des rejets de ^{13}N et ^{15}O liées à l'activation de l'air est supérieure à la limite annuelle d'activité des rejets d'effluents gazeux radioactifs de l'INB n°29 en « autres émetteurs β/γ ».
- Dans la DARPE transmise en 2007, CISBIO indique que les rejets de ^{18}F sont liés à la production de ^{18}F (à l'état de projet). Or, l'IRSN relève que ce radionucléide est produit au cours des irradiations dans les cyclotrons par activation de l'air. Selon les estimations de l'IRSN, l'activité des rejets de ^{18}F ne dépasse pas la limite annuelle d'activité des effluents gazeux radioactifs de l'INB n°29 en « autres émetteurs β/γ ».
- Selon les évaluations de l'IRSN, certains radionucléides émetteurs β/γ sont susceptibles d'être présents dans les rejets alors qu'ils n'ont pas été identifiés dans la DARPE transmise en 2007. En outre, l'activité des rejets en « autres émetteurs β/γ » pourraient dépasser la limite autorisée pour cette catégorie.

Par ailleurs, l'IRSN souligne que les rejets d'effluents gazeux issus des cibles solides ne sont pas optimisés ; compte tenu de la présence majoritaire de radionucléides à vie courte dans ces effluents gazeux, la mise en œuvre de réservoirs tampons, comme c'est le cas dans des installations similaires, permettrait de réduire les activités rejetées.

Contribution relative de ces radionucléides supplémentaires rejetés au calcul de dose efficace pour le public

Pour rappel, les doses efficaces totales évaluées par l'IRSN liées aux rejets d'effluents gazeux radioactifs présentés pour l'ensemble de l'INB n°29 dans la DARPE transmise en 2007, sont respectivement de 1 $\mu\text{Sv}/\text{an}$ pour un adulte et de 1,5 $\mu\text{Sv}/\text{an}$ pour un enfant de 1 an à 2 ans vivant au lieu-dit du Christ de Saclay.

A titre indicatif, l'IRSN a évalué, selon une méthode standardisée, les doses efficaces totales pour le même groupe de référence, sur la base des rejets qu'il a estimés en tenant compte des radionucléides produits par l'exploitation des cyclotrons, présentés ci-avant. La dose efficace totale liée aux rejets d'effluents produits lors des irradiations des cibles (rejets liés à l'activation de l'air compris) serait de l'ordre de quelques $\mu\text{Sv}/\text{an}$ pour le groupe de référence. Pour les rejets induits par l'activation de l'air, non considérés par l'exploitant, la dose efficace totale serait de 0,75 $\mu\text{Sv}/\text{an}$ pour le groupe de référence sélectionné.

L'IRSN considère donc que les estimations de dose présentées dans la DARPE de 2007, en appui aux autorisations des rejets en vigueur de l'INB n°29, sont sous-estimées et devront être révisées sur la base d'une évaluation des effluents consolidée.

Adéquation des moyens de contrôle des rejets aux émissaires par rapport à la composition des radionucléides effectivement rejetés

Les évaluations de l'IRSN mettent en évidence que les effluents gazeux provenant de l'irradiation des cibles et de l'activation de l'air susceptibles d'être rejetés à l'émissaire du bâtiment 555 pourraient

être constitués notamment des radionucléides suivants sous forme gazeuse : tritium, ^{11}C , ^{14}C , ^{13}N et ^{15}O , gaz rares (^{41}Ar , ^{125}Xe , ^{137}Xe ...) et halogènes (^{38}Cl , ^{39}Cl , ^{82}Br ...). Or, les moyens de mesure équipant l'émissaire E6 utilisés pour la comptabilisation des rejets ne permettent ni la comptabilisation spécifique du tritium et du ^{14}C , ni celle des radionucléides ayant une courte période de décroissance. La nécessité ou non de compléter les dispositifs de comptabilisation et de surveillance des rejets ne pourra être examinée que lorsque CISBIO aura réalisé une nouvelle estimation de l'activité des effluents gazeux rejetés à l'émissaire E6 et évalué la contribution de ces radionucléides à l'impact dosimétrique global de l'INB n°29.

4. Conclusion

Les évaluations réalisées par l'IRSN mettent en évidence la présence, dans les rejets à l'émissaire E6, de plusieurs radionucléides non identifiés jusqu'à présent. Aussi, l'IRSN recommande que CISBIO transmette un dossier présentant une évaluation de l'activité des rejets gazeux à l'émissaire E6 de l'INB n°29 fondée sur un inventaire radiologique exhaustif des rejets induits par l'exploitation des cyclotrons dans le domaine de fonctionnement autorisé (fabrication de ^{201}Tl , ^{67}Ga , ^{123}I et ^{111}In). Les hypothèses retenues dans l'évaluation et l'optimisation des rejets devront être justifiées. Le cas échéant, CISBIO demandera une modification des limites d'activité des rejets de l'INB n°29. A l'appui de cette demande, CISBIO transmettra l'étude d'impact associée et proposera des moyens de mesure pour comptabilisation et des moyens de surveillance à l'émissaire adaptés.

Dans l'attente de la transmission de ce dossier, l'IRSN recommande que CISBIO étudie d'ores et déjà la mise en œuvre de dispositions visant à optimiser les rejets de certains radionucléides à vie courte à l'émissaire E6 qui pourraient aujourd'hui être non identifiés ou sous-estimés (par exemple, la mise en œuvre de réservoirs d'entreposage pour gérer les effluents gazeux issus de la ventilation « procédé » du bâtiment 555 par décroissance radioactive).

A cet égard, CISBIO devra transmettre, sous trois mois, les résultats de cette étude et le plan d'actions retenu.

Pour le Directeur général de l'IRSN, et par délégation,
le Directeur adjoint de l'Expertise de Sûreté

P. COUSINOU

P.J. : 2 annexes

Copies :

- M. Le Directeur général de l'Autorité de sûreté nucléaire
- Mme La Directrice de l'ASN/DRC - FAR (2 exemplaires)
- M. Le Chef de la Division ASN/Orléans

Description des cyclotrons

Description du bâtiment 555

Le bâtiment 555 est constitué de deux parties :

- une partie ancienne, construite en 1979, qui abrite le cyclotron I ;
- une extension, construite en 1992, qui abrite le cyclotron II.

Le sous-sol abrite les salles des cyclotrons (salles CYC1 et CYC2), les casemates des cibles (C1, C2 et C3, C4, C5 et C6), le laboratoire de chimie (salle 012) qui contient une enceinte blindée, l'atelier de maintenance et les locaux des réfrigérants des cyclotrons, des cibles et des arrêts de faisceau.

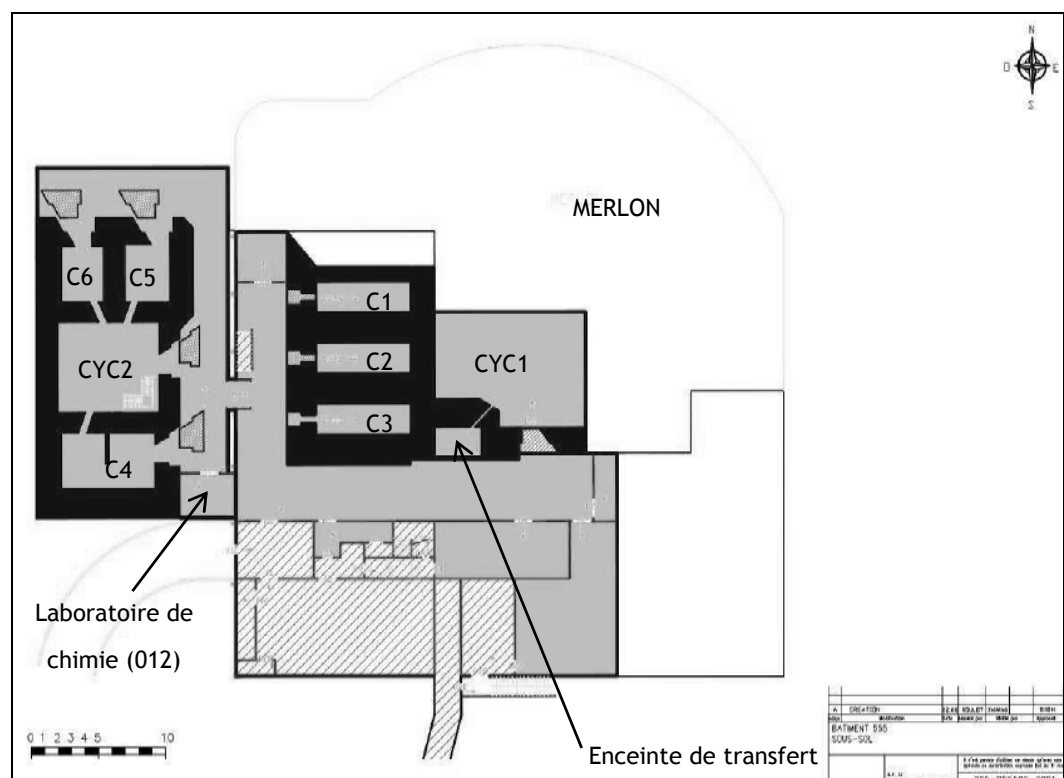


Figure 1 : Vue des casemates des cyclotrons

Depuis 1993, les casemates C1, C2 et C3 ne sont plus utilisées pour l'irradiation de cibles, mais pour l'entreposage de matériels irradiants en cours de décroissance.

La salle CYC1 contient essentiellement le cyclotron I, un dispositif d'irradiation en cible interne et les équipements nécessaires au fonctionnement du cyclotron.

La salle CYC2 comprend deux niveaux :

- un sous-sol technique comprenant notamment les pompes à vide, le groupe de réfrigération des arrêts de faisceau et de la cible à gaz ;
- le niveau abritant le cyclotron II, les trois voies de faisceau et leurs éléments de sécurité.

Les casemates C4 et C6 contiennent les cibleries solides (boîte de tir et système de diagnostic) et le système de transfert des navettes d'irradiation. La casemate C5 abrite une cible à gaz et le départ du tube capillaire permettant le transfert de la solution d' ^{123}I vers l'enceinte de chimie (salle 012).

Une enceinte de transfert permet le montage et le démontage des cibles sur leurs supports avant et après l'irradiation, ainsi que les transferts des cibles par réseaux pneumatiques.

Principe de fonctionnement des cyclotrons

Trois radio-isotopes sont actuellement fabriqués à partir de cibles solides ou gazeuses dans les cyclotrons de l'INB n° 29 :

- le ^{201}Tl , obtenu par irradiation d'une cible solide d'oxyde de thallium enrichi en ^{203}Tl au moyen de protons de 29 à 33 MeV, suivant la réaction : $^{203}\text{Tl} (p, 3n) ^{201}\text{Pb} (\beta+) ^{201}\text{Tl}$;
- le ^{67}Ga , obtenu par irradiation d'une cible solide d'oxyde de zinc enrichi en ^{68}Zn au moyen de protons de 26 à 28 MeV, suivant la réaction : $^{68}\text{Zn} (p, 2n) ^{67}\text{Ga}$;
- l' ^{123}I , obtenu par irradiation d'une cible gazeuse de xénon enrichi en ^{124}Xe au moyen de protons de 30 MeV environ, suivant la réaction : $^{124}\text{Xe} (p, 2n) ^{123}\text{Cs} (\beta+) ^{123}\text{Xe} (\beta+) ^{123}\text{I}$.

CISBIO a indiqué lors de l'instruction que la production d' ^{111}In , obtenu en irradiant des cibles solides de ^{112}Cd , n'était plus réalisée actuellement.

Dans le cyclotron I, seules des cibles solides sont irradiées. La cible est placée, au moyen d'un bras télécommandé, dans une chambre d'accélération située dans le cyclotron.

Dans le cyclotron II, les faisceaux de particules sont extraits et transportés dans des casemates où sont irradiées les cibles solides ou gazeuses, placées sur les voies de faisceaux.

Les cibles solides et leurs supports, montés sur une navette d'irradiation, sont placés en position de tir sur la voie du faisceau dans la casemate.

Les cibles gazeuses sont constituées de xénon, provenant d'une bouteille de stockage, mis sous pression dans un conteneur étanche en aluminium nickelé intérieurement (corps de cible). Le corps de cible est refroidi avec de l'eau déminéralisée et est séparé du vide de la voie du faisceau par deux feuilles minces (appelées « fenêtres ») de molybdène refroidies par un flux d'hélium. Après irradiation, le gaz reste pendant 6 heures dans le corps de cible, pour permettre la décroissance du xénon en ^{123}I . L'iode formé sous forme solide se dépose sur les parois du corps de cible. Le xénon est alors extrait et transféré dans la bouteille de stockage, puis le corps de cible est rincé à l'eau distillée pour dissoudre l' ^{123}I . La solution obtenue est transférée par un tube capillaire dans l'enceinte de chimie (laboratoire 012) pour purification. La solution d' ^{123}I , ainsi récupérée, est transférée vers les enceintes blindées du bâtiment 549.

Un réservoir « tampon » permet de récupérer les fuites provenant des cibles gazeuses. Les effluents gazeux sont ainsi récoltés et entreposés pour décroissance radioactive, puis rejetés à l'émissaire avant la prochaine campagne d'irradiation suivante.

Ventilation du bâtiment 555

Le bâtiment 555 est équipé :

- d'un réseau d'extraction d'air des enceintes (enceinte de transfert et enceinte de chimie), dit « extraction procédé » ;
- de deux réseaux de ventilation des locaux, dit « extraction ambiance » : un réseau pour le cyclotron I, les casemates C1, C2 et C3, l'atelier de maintenance et le local des réfrigérants et un réseau pour le cyclotron II et les casemates C4, C5 et C6.

Les cyclotrons et les lignes de faisceaux dans lesquels sont positionnées les cibles de production sont maintenus sous vide à l'aide de pompes, dont le refoulement est connecté à la ventilation « procédé ». Cette dernière est équipée de deux filtres très haute efficacité (THE) et d'un filtre à charbons actifs ; seul le dernier niveau de filtration (DNF), constitué d'un filtre THE et du filtre à charbons actifs, fait l'objet d'un contrôle périodique.

La ventilation des locaux est assurée par le réseau « ambiance », dont le DNF est constitué d'un filtre THE. La casemate C5 (utilisée pour la production d'¹²³I) est équipée d'un filtre à charbons actifs.

Le bâtiment comporte une cheminée, l'émissaire de rejets E6.

Recommandations

1 Limites de rejet

Transmettre un dossier présentant une évaluation de l'activité des rejets gazeux à l'émissaire E6 de l'INB n°29 fondée sur un inventaire radiologique exhaustif des rejets induits par l'exploitation des cyclotrons dans le domaine de fonctionnement autorisé (fabrication de ^{201}Tl , ^{67}Ga , ^{123}I et ^{111}In). Les hypothèses retenues dans l'évaluation et l'optimisation des rejets devront être justifiées.

Le cas échéant, déclarer une modification des limites de rejets de l'INB n°29 et proposer des moyens de mesure pour comptabilisation et des moyens de surveillance à l'émissaire adaptés.

2 Optimisation des rejets gazeux radioactifs

Etudier la mise en place de dispositions visant à optimiser les rejets de certains radionucléides à vie courte à l'émissaire E6 (par exemple, des réservoirs d'entreposage pour décroissance radioactive des effluents gazeux issus de la ventilation « procédé » du bâtiment 555).

Transmettre, sous trois mois, les résultats de cette étude et le plan d'actions retenu.