

Fontenay aux Roses, le 25 novembre 2020

Le Directeur Général de l'autorité de sûreté nucléaire

## AVIS IRSN N° 2020-00188

**Objet :** Etude de risque sanitaire radiologique présentée par CISBIO International pour son établissement de Vandœuvre-lès-Nancy

- Réf. :**
- [1] Lettre ASN CODEP-DTS-2019-040969 du 26 septembre 2019.
  - [2] Rapport ARIA/2019.047, CIS BIO International – Etude de dispersion et évaluation des risques sanitaires liés au fluor 18, ARIA Technologie, 2019.
  - [3] Réponse de l'exploitant au questionnaire IRSN du 5 décembre 2019.
  - [4] Note DS/16-02-15 version 2 du 24-08-2016, Gestion des effluents gazeux radioactifs sur le site de Nancy, CIS BIO International.
  - [5] Hanna, S.R., Briggs, G.A., and Hosker, R.P. Jr. Handbook on atmospheric diffusion. United States: N. p., 1982. Web. doi:10.2172/5591108
  - [6] Tinarelli G., Brusasca G., Morselli M.G. (1994) : « Il modello Lagrangiano a particelle SPRAY –Descrizione generale e validazioni », relazione ENEL/CRAM N. E1/94/10.
  - [7] Arrêté du 1er septembre 2003 définissant les modalités de calcul des doses efficaces et des doses équivalentes résultant de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants.
  - [8] Rapport Federal Guidance n°12, External exposure to radionuclides in air, water and soil, 1993.
  - [9] Publication n°66 de la CIPR, Human respiratory tract model for radiological protection, 1994.

L'installation de production de radiopharmaceutiques de CISBIO international sur le site de Nancy (dénommée CISBIO Nancy dans le présent avis) est située au sein de l'hôpital de Brabois de Vandœuvre-lès-Nancy (54). Il s'agit d'une plateforme d'imagerie au sein de laquelle sont produits des radionucléides ( $^{18}\text{F}$ ,  $^{15}\text{O}$  et  $^{11}\text{C}$ ) au moyen d'un cyclotron. Par lettre citée en référence [1], vous avez sollicité l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur l'évaluation de l'impact sanitaire radiologique présentée par CISBIO Nancy dans le rapport en référence [2]. Vous souhaitez en particulier que l'IRSN analyse la méthodologie et les hypothèses ainsi que les résultats de l'exploitant au regard de sa propre estimation de l'impact sanitaire associé aux rejets de l'installation. Dans cet objectif, l'IRSN a en particulier réalisé des calculs sur la base d'une modélisation du transfert et des dépôts des rejets autour du site indépendante de celle réalisée par l'exploitant.

De cette analyse et de ses propres calculs, l'IRSN retient les principaux éléments exposés ci-après<sup>1</sup>.

# 1. PERTINENCE DE LA METHODOLOGIE APPLIQUEE ET DES HYPOTHESES RETENUES PAR CISBIO NANCY ET RESULTATS

## 1.1. NATURE ET CONDITIONS DE REJET

L'exploitant suppose que le <sup>18</sup>F est rejeté sous forme particulaire avec un diamètre aérodynamique médian en activité (DAMA) de 1 µm, sans l'avoir justifié dans son dossier [2]. Au cours de l'instruction [3], l'exploitant a précisé que, d'après lui, le comportement des particules de diamètre inférieur à 10 µm est le même que celui des polluants gazeux et que le choix de la forme gazeuse ou particulaire des rejets n'impacte pas le calcul de la dispersion atmosphérique.

L'IRSN ne partage pas cette analyse car, en premier lieu, les processus de dépôt des gaz et des particules diffèrent. Les vitesses de dépôt utilisées pour paramétrer les modèles de dispersion atmosphérique doivent donc être choisies en cohérence avec la forme gazeuse ou particulaire des radionucléides dans l'atmosphère. En second lieu, l'IRSN souligne que la forme physicochimique des radionucléides impacte le choix des doses engagées par unité d'incorporation (DPU) à utiliser pour les calculs de dose efficace.

Par ailleurs, l'IRSN indique qu'une campagne de mesure réalisée en juillet 2019 par l'IRSN autour du cyclotron de Beuvry montre que le <sup>18</sup>F est présent dans l'environnement sous forme gazeuse. Comme CISBIO Nancy met en œuvre les mêmes procédés qu'à Beuvry, il pourrait être considéré que le <sup>18</sup>F rejeté par CISBIO Nancy l'est sous forme gazeuse.

**En conséquence, l'IRSN recommande que l'exploitant s'assure de la forme physicochimique des rejets dans l'environnement ou à défaut justifie que son hypothèse est prudente<sup>2</sup> (R1).**

L'exploitant suppose que les effluents sont rejetés dans l'atmosphère à une température de 20°C. Cette température n'est pas une mesure à la cheminée et correspond à la température régulée dans les bâtiments [4]. La vitesse d'éjection est 4,5 m.s<sup>-1</sup>. L'IRSN estime possible que la température réelle des effluents soit différente. La vitesse d'éjection et la température des rejets sont des paramètres qui rentrent en compte pour évaluer la hauteur effective des rejets (ou sur hauteur). Celle-ci conditionne la hauteur du panache en champ proche et donc l'exposition interne par inhalation du panache et l'exposition externe due à l'immersion dans le panache pour les personnes situées à faible distance de l'émissaire. **Il conviendrait que l'exploitant justifie que les hypothèses retenues pour la vitesse d'éjection et la température des effluents sont prudentes vis-à-vis de l'exposition des populations (O1).**

L'exploitant indique que les rejets ont lieu entre 1h45 et 15h45 cinq jours par semaine et 50 semaines par an. Au cours de l'instruction [3] l'exploitant a précisé qu'il ne dispose pas d'indication précise quant aux heures de rejets.

---

<sup>1</sup> Les recommandations, indexées par la lettre R, et les observations, indexées par la lettre O, sont rappelées en annexe du présent avis.

<sup>2</sup> Dans le présent avis, l'IRSN utilise la notion de prudence lorsqu'il s'agit d'évaluer si les hypothèses et les choix de modélisation, compte tenu des incertitudes et diverses options possibles, sont de nature à majorer le calcul de dose plutôt qu'à le minorer.

Les mesures des activités volumiques rejetées à l'émissaire sont enregistrées et utilisées pour vérifier mensuellement le respect de l'autorisation de rejet [4]. L'IRSN note que ces enregistrements permettent de définir plus précisément la temporalité des rejets (durée, débit de rejet et heure de rejet). A cet égard, l'IRSN souligne qu'une bonne connaissance des instants où les rejets ont lieu est d'autant plus nécessaire que les modèles utilisés pour la dispersion atmosphérique simulent précisément les écoulements de vent autour des bâtiments à partir de chroniques météorologiques à fréquence horaire. Or, la dispersion de l'activité rejetée est conditionnée par l'écoulement de vent calculé au moment du rejet. Donc, plus les rejets sont modélisés finement dans le temps et plus l'impact calculé sera précis et représentatif des conditions réelles de dispersion dans l'atmosphère et donc de l'influence des bâtiments (ce qui est un des buts recherché par ce type d'évaluation d'impact).

**L'IRSN recommande que l'exploitant exploite les résultats de mesure à la cheminée afin de préciser la temporalité des rejets en cohérence avec l'utilisation des conditions météorologiques (R2).**

## **1.2. CARACTERISTIQUES DE L'ENVIRONNEMENT A PROXIMITE DE L'EMISSAIRE ET CHOIX DU MODELE DE CALCUL**

Le site de CISBIO Nancy est implanté au sein de l'hôpital de Brabois dans une zone péri-urbaine. L'émissaire unique est situé à quelques dizaines de mètres de bâtiments dont les hauteurs varient entre 10 m et 50 m. L'exploitant doit donc tenir compte de la présence de personnes à proximité de l'émissaire dans une zone où la dispersion du panache est fortement influencée par la présence de ces bâtiments [5]. Dans la configuration de CISBIO Nancy, il apparaît nécessaire de tenir compte du bâti pour modéliser la dispersion du panache en champ proche.

L'exploitant met en œuvre le modèle Micro SWIFT SPRAY (MSS) [6] qui permet de simuler les écoulements tridimensionnels des masses d'air, en tenant compte de manière explicite de la présence des bâtiments et du relief. **L'IRSN estime que, compte tenu de l'urbanisation du site de CISBIO Nancy, la mise en œuvre du modèle MSS capable de tenir compte de la présence de bâtiments à proximité du point de rejet est adaptée.**

## **1.3. CONDITIONS METEOROLOGIQUES**

Les données météorologiques proviennent de la station Météo France Nancy-Essey située à environ 7 km au nord-est du site. Ce sont des mesures horaires sur la période du 1er janvier au 31 décembre 2018. L'exploitant compare la rose des vents reconstruite à partir de ces données à la rose des vents décennale et conclut qu'elle est représentative sur la zone d'étude. Au cours de l'instruction, il a été précisé que l'ensemble des conditions météorologiques a été modélisé. **Le choix de la station météorologique et le choix des données météorologiques simulées n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.**

## 1.4. DEFINITION DE LA PERSONNE REPRESENTATIVE

L'exploitant recense, dans une zone autour du point de rejet, les premières habitations, la présence potentielle de personnes sensibles et vulnérables (enfants, personnes âgées, malades,...) et les installations recevant du public (terrain de sport,...). Il identifie ainsi 9 points « de vie » d'intérêts (l'entrée principale du CHU de Brabois, l'institut de cancérologie, l'hôpital pour adultes et l'hôpital pour enfants du CHU de Brabois, la faculté de médecine, l'université, les terrains de sport, l'école maternelle et élémentaire de Brabois ainsi que la crèche hospitalière de Brabois) auxquels il ajoute un point « de passage », le long du bâtiment CISBIO.

L'exploitant calcule, pour ces 10 points, les activités volumiques moyennes dans l'air et les concentrations surfaciques sur les sols et identifie ainsi les zones les plus exposées. L'impact radiologique est ensuite calculé uniquement pour les zones les plus exposées, à savoir : le point « de passage » dit « le plus exposé », le long du bâtiment CISBIO (situé à une dizaine de mètres de la cheminée), la zone habitée la plus exposée (qui correspond à l'hôpital pour adultes de Brabois, situé à une vingtaine de mètres de la cheminée) et l'école la plus exposée (l'école maternelle et élémentaire de Brabois située à environ 500 m de la cheminée). **La cartographie présentée par l'exploitant montrant la répartition spatiale des activités volumiques intégrées sur l'année confirme que l'exploitant a bien identifié les zones les plus exposées et ces résultats n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.**

S'agissant du choix des personnes représentatives et des paramètres de mode de vie associés, l'IRSN observe les points suivants.

En premier lieu, l'IRSN s'étonne du choix de l'exploitant de considérer l'hôpital comme un lieu de vie du type habitat privé, alors que des habitats privés sont identifiables à proximité de l'installation. L'hôpital devrait être conservé comme lieu de travail soumis à l'impact des rejets, et les personnels comme travailleurs les plus exposés. En second lieu, l'exploitant considère des personnes représentatives associées à chacune des zones les plus exposées, présentes toute l'année, soit 100 % du temps. Il ne tient pas compte d'un budget-temps réaliste basé sur le temps passé dans chacune des zones selon la catégorie des personnes pouvant s'y trouver : par exemple le temps de travail des travailleurs, le temps passé à l'école par l'instituteur et les enfants, le temps passé dans une zone de passage comme c'est le cas pour la zone le long du bâtiment CISBIO ou le temps passé chez eux par les habitants. **Aussi, compte tenu des remarques précédentes, l'IRSN recommande que l'exploitant distingue dans son évaluation les personnes travaillant à proximité de l'installation et celles y résidant et adapte leurs paramètres d'exposition de telle sorte qu'ils soient davantage représentatifs de leur occupation des lieux, ce qui constitue la pratique habituelle de la démonstration d'impact sanitaire (R3).**

L'impact radiologique est calculé pour les trois classes d'âges à savoir, l'adulte, l'enfant de 1 an à 2 ans et l'enfant de 8 ans à 12 ans pour l'ensemble des zones les plus exposées.

L'IRSN souligne que la classe d'âge [1 an à 2 ans] n'est pas cohérente avec l'âge des enfants susceptibles d'être accueillis à l'école Brabois qui est une école allant de la maternelle au primaire ; donc accueillant des enfants ayant des âges compris entre 3 ans et 10 ans. De même, l'IRSN indique que, pour les personnes travaillant à proximité de l'installation, seule la classe d'âge adulte est pertinente. Néanmoins, même s'il n'est pas réaliste, le choix de l'exploitant reste pénalisant dans la mesure où il ne conduit pas à sous-estimer l'exposition des

populations. **Toutefois, l'IRSN estime qu'il conviendrait que l'exploitant retienne des classes d'âges cohérentes avec le type de population retenue pour son évaluation et avec leur occupation des lieux (O2).**

Les débits respiratoires retenus par l'exploitant sont issus de la publication 66 de la CIPR citée en référence [9], soit :

- 0,96 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> pour l'adulte ;
- 0,64 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> pour l'enfant de 10 ans ;
- 0,22 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> pour l'enfant de 1 à 2 ans.

L'IRSN observe que le débit respiratoire retenu pour l'adulte correspond au débit respiratoire des femmes pour des activités modérées d'après le tableau B16.B de la publication 66 de la CIPR. L'hypothèse de retenir une femme pour représenter l'adulte n'est pas prudente dans la mesure où les débits respiratoires des hommes sont par nature plus importants. Par ailleurs, le choix de considérer une activité modérée n'est pas cohérent avec les valeurs retenues pour les autres classes d'âge qui correspondent au débit respiratoire moyen sur une journée. L'IRSN estime que ce mélange d'hypothèses, qui est inhabituel, n'est pas justifié. **L'IRSN recommande que l'exploitant retienne les débits respiratoires cohérents pour l'ensemble des classes d'âge ainsi qu'avec le contexte socio-professionnel des personnes représentatives qu'il considère (R4).**

## 1.5. VOIES D'EXPOSITION ET COEFFICIENTS DE DOSE

L'exploitant retient comme voies d'exposition l'inhalation (estimée avec les DPUI de l'arrêté du 1<sup>er</sup> septembre 2003 [7]) et l'exposition externe par immersion dans le panache formé par les rejets atmosphériques ainsi que l'exposition externe aux dépôts générés par ces rejets (estimées avec les coefficients de doses du Federal Guidance n°12 [8]). L'exploitant ne précise pas le type d'absorption pulmonaire qu'il a considéré dans l'évaluation. Or, l'exposition due à l'inhalation de radionucléides dépend du type d'absorption pulmonaire (qui détermine le choix des DPUI pour l'inhalation), dont la valeur est liée à la forme chimique de l'élément considéré. L'arrêté du 1<sup>er</sup> septembre 2003, définissant les modalités de calcul des doses efficaces et des doses équivalentes précise que les types M, F ou S peuvent être retenus pour le fluor. **L'IRSN recommande que l'exploitant précise et justifie le type d'absorption pulmonaire retenu pour son évaluation. (R5)**

## 1.6. RESULTATS DES CALCULS DE L'EXPLOITANT

La dose efficace moyenne annuelle calculée par l'exploitant en fonctionnement normal, pour les personnes les plus exposées, est au maximum de l'ordre de 60 µSv le long du bâtiment CISBIO, de l'ordre de 2 µSv pour la zone dite habitée la plus exposée et de l'ordre de 0,1 µSv pour l'école la plus exposée. Les doses sont essentiellement dues à l'exposition externe au dépôt. Ces résultats sont discutés dans le chapitre qui suit.

## 2. ESTIMATION DE L'IMPACT DOSIMETRIQUE PAR L'IRSN ET ANALYSE DES RESULTATS DE L'EXPLOITANT

L'IRSN a calculé les doses efficaces moyennes annuelles susceptibles d'être reçues par les populations dans le cadre du fonctionnement normal de l'installation. L'IRSN a réalisé les calculs de dispersion atmosphérique avec le code fluidyn-PANACHE®, logiciel commercial de mécanique des fluides (fondé sur l'approche « Computational Fluid Dynamics » ou CFD) dédié à la modélisation de la dispersion atmosphérique des polluants gazeux ou particulaires en tenant compte de la topographie et des obstacles à l'écoulement de l'air. Il est adapté à la dispersion en milieu urbain.

Comme l'exploitant, l'IRSN retient la présence de personnes le long du bâtiment CISBIO, l'hôpital pour adultes ainsi que l'école maternelle et élémentaire de Brabois. En revanche, l'approche de l'IRSN se distingue de celle de l'exploitant dans la mesure où, pour les personnes représentatives vivant à proximité de l'installation, l'institut retient un lieu d'habitation. Par ailleurs, des calculs sont réalisés aussi pour la zone industrielle et la cimenterie. Les DPUI inhalation retenues sont les valeurs calculées par l'IRSN pour les formes volatiles de  $^{18}\text{F}$  pour la classe de gaz SR-1. En effet, ni la CIPR, ni l'arrêté du 1er septembre 2003, ne recommandent de valeurs de DPUI pour le  $^{18}\text{F}$  gazeux.

Les résultats de l'IRSN montrent que l'exposition des travailleurs et des personnes résidant dans le voisinage de CISBIO Nancy est très faible et au maximum d'une dizaine de  $\mu\text{Sv}$  le long du bâtiment CISBIO et de l'ordre de la dizaine de nSv pour les habitations et l'école de Brabois. L'exposition externe par les dépôts est prépondérante.

L'IRSN observe que ses propres résultats de l'impact sanitaire des personnes les plus exposées autour de l'installation CISBIO sont en accord avec ceux de l'exploitant. Certaines différences sont expliquées par certains choix de modélisation différents entre l'IRSN et l'exploitant, ce qui tend à renforcer la compréhension de la démarche de modélisation de l'exploitant et conforte l'analyse de l'IRSN quant au bienfondé des résultats présentés par l'exploitant.

**Sur la base de l'analyse des hypothèses et du modèle retenus par l'exploitant et de ses propres calculs, l'IRSN confirme les ordres de grandeur des impacts radiologiques sanitaires calculés par l'exploitant.**

### 3. CONCLUSION

L'IRSN considère que l'évaluation de l'exploitant permet d'apprécier l'ordre de grandeur des doses susceptibles d'être reçues par les populations présentes autour de l'installation en fonctionnement normal. Sur la base des informations transmises par l'exploitant et de ses propres évaluations, l'IRSN confirme que les expositions des personnes autour de l'installation sont très faibles, et n'a pas identifié d'enjeu de nature à remettre en question les conditions de protection des populations autour de l'installation.

Dans un objectif d'amélioration de la démarche utilisée par l'exploitant pour évaluer l'impact dosimétrique des rejets autorisés, l'IRSN considère que l'exploitant devrait, lors d'une prochaine mise à jour de son étude d'impact, tenir compte des recommandations et observations figurant en annexe du présent avis.

Pour le directeur général, par délégation

Christophe SERRES

Chef du Service d'expertise et d'étude en radioprotection des populations et de la radioactivité dans l'environnement

## **ANNEXE A L'AVIS IRSN N° 2020-00188 DU 25 NOVEMBRE 2020**

### **Recommandations et observations de l'IRSN**

#### **Recommandation n° 1**

L'IRSN recommande que l'exploitant s'assure de la forme physicochimique des rejets dans l'environnement ou à défaut justifie que son hypothèse est prudente.

#### **Recommandation n° 2**

L'IRSN recommande que l'exploitant exploite les résultats de mesure à la cheminée afin de préciser la temporalité des rejets en cohérence avec l'utilisation des conditions météorologiques.

#### **Recommandation n° 3**

L'IRSN recommande que l'exploitant distingue dans son évaluation les personnes travaillant à proximité de l'installation et celles y résidant et adapte leurs paramètres d'exposition de telle sorte qu'ils soient davantage représentatifs de leur occupation des lieux.

#### **Recommandation n° 4**

L'IRSN recommande que l'exploitant retienne des débits respiratoires cohérents pour l'ensemble des classes d'âge ainsi qu'avec le contexte socio-professionnel des personnes représentatives qu'il considère.

#### **Recommandation n° 5**

L'IRSN recommande que l'exploitant précise et justifie le type d'absorption pulmonaire retenu pour son évaluation.

#### **Observation n° 1**

Il conviendrait que l'exploitant justifie que les hypothèses retenues pour la vitesse d'éjection et la température des effluents sont prudentes vis-à-vis de l'exposition des populations.

#### **Observation n° 2**

Il conviendrait que l'exploitant retienne des classes d'âges cohérentes avec le type de population retenue pour son évaluation et avec leur occupation des lieux.