

Fontenay-aux-Roses, le 10 février 2022

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2022-00027

Objet : Evaluation de l'impact radiologique des rejets dans l'environnement présentée par CURIUM PET France pour son établissement de Marseille dans le cadre de son fonctionnement normal

Réf. : Saisine ASN SAISI-DTS-2021-0123 et courrier CODEP-DTS-2021-025454 du 02 juin 2021

Par lettre citée en référence, vous avez sollicité l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté Nucléaire sur l'évaluation de l'impact radiologique présentée par CURIUM PET France pour son établissement de Marseille.

Cet établissement utilise un cyclotron afin de produire du fluor-18, par irradiation d'une cible d'eau enrichie en oxygène-18 par un faisceau de protons d'énergie supérieure à 10 MeV. Des étapes de synthèses radiochimique sont ensuite réalisées afin d'obtenir divers radiopharmaceutiques. Cet établissement est dédié principalement à la fabrication de fluorodésoxyglucose (FDG), largement utilisé en médecine nucléaire pour le diagnostic de cancers par tomographie par émission de positrons (TEP). Lors des étapes d'irradiation, de transfert et de synthèse du produit radiopharmaceutique, des radionucléides sont produits et rejetés dans l'atmosphère. L'environnement urbain de l'établissement présente un caractère mixte, associant dès les premières dizaines de mètres à la fois des bâtiments d'entreprises, des bâtiments d'habitat collectif et de l'habitat individuel avec jardins. La maison la plus proche de l'établissement est située à 30 mètres environ à l'est du bâtiment.

Par votre demande, vous souhaitez que l'IRSN examine la méthodologie d'évaluation appliquée par l'exploitant, les hypothèses retenues et les résultats obtenus. Une comparaison du résultat des calculs de l'exploitant avec ceux réalisés par l'IRSN est également attendue.

De son analyse, l'IRSN retient les éléments exposés ci-après.

1. METHODOLOGIE, HYPOTHESES ET RESULTATS PRESENTES PAR L'EXPLOITANT

La démarche d'évaluation, faite par l'exploitant, de l'impact des rejets radioactifs à l'atmosphère de son établissement de Marseille consiste en :

- une analyse des données du site (terrain, bâtiments aux alentours, émissions de l'installation, météorologie),

- la construction d'un modèle de simulation à trois dimensions représentant la topographie, les obstacles, et l'occupation du sol, projeté sur un maillage fin d'un domaine étendu autour de son émissaire,
- la réalisation d'un calcul de dispersion intégrant une météorologie représentative avec un outil qualifié (code PANACHE) pour évaluer l'activité volumique et le débit de dépôt en tous points de son maillage,
- une analyse des voies d'exposition pour évaluer la dose efficace annuelle due à ses rejets.

Les conclusions de l'exploitant suite à son évaluation sont que, quels que soient la zone étudiée et le profil de population (enfant de 1 à 2 ans ou de 10 ans ou adulte), la dose efficace annuelle totale due au rejet de fluor-18 est au maximum de 15 μSv pour la zone la plus exposée, et de 5 μSv pour le bâtiment le plus exposé.

L'IRSN estime que la démarche générale de l'exploitant est satisfaisante et constate que les valeurs de doses efficaces annuelles de la population sont largement inférieures à la limite réglementaire de 1 mSv par an, fixée par le code de la santé publique. Toutefois, un certain nombre de points méthodologiques de l'étude d'impact méritent d'être soulignés, pour être corrigés à l'occasion d'une révision de cette étude :

1. L'exploitant considère dans son analyse un rejet constant annuel de 120 GBq, composé uniquement de fluor-18 sous forme d'aérosols. La composition réelle des rejets pourrait être plus complexe, du fait de l'activation de la cible par le faisceau de protons, et de celle de l'air par les neutrons secondaires. L'exploitant indique d'ailleurs avoir déjà mesuré de l'azote-13 lors d'une campagne de mesure. Le choix de ne retenir que le fluor-18 est jugé pénalisant par l'exploitant car sa période radioactive est plus importante que celle des autres radionucléides pouvant être produits par activation et parce qu'il s'agit du radionucléide présent en quantité la plus importante.

Une analyse préliminaire de l'IRSN menée sur l'impact radiologique d'autres radionucléides potentiellement présents dans les rejets indique que cet impact serait vraisemblablement secondaire devant celui du fluor-18. Cela étant, l'IRSN considère que ce point doit être confirmé par l'exploitant sur la base d'une évaluation d'impact radiologique complète, qui prendrait en compte l'ensemble des radionucléides susceptibles d'être rejetés par l'installation.

Par ailleurs, lors de l'instruction, l'exploitant a précisé que la forme chimique du fluor rejeté n'est pas connue et qu'il considère donc une forme particulière afin de fixer les paramètres de dispersion dans l'atmosphère. L'IRSN fait remarquer qu'une campagne préalable de mesure de fluor-18 rejeté par une installation similaire (cyclotron de Beuvry (62) en 2019) n'a fait état que de fluor gazeux dans l'environnement. L'IRSN fait également remarquer que la vitesse de dépôt sec retenue par l'exploitant pour une forme particulière de fluor pourrait être inférieure à celle à retenir pour du fluor gazeux.

En conséquence, l'IRSN recommande que l'exploitant présente, à l'occasion d'une révision de son évaluation, la justification des hypothèses retenues concernant le spectre de ses rejets, en démontrant le caractère majorant de l'assimilation des rejets à la seule forme particulière du fluor-18. (Recommandation n°1)

2. L'exploitant a réalisé une maquette numérique du terrain et des bâtiments autour de son installation afin de rendre compte de leurs effets sur l'écoulement de l'air et donc sur la dispersion des rejets. Les bâtiments situés dans un rayon de 200 mètres autour de l'émissaire sont modélisés de façon explicite en 3 dimensions car ils représentent la plus forte source d'influence sur l'écoulement de l'air autour de l'installation. L'IRSN a constaté lors de l'analyse de l'environnement autour du site de Marseille que la zone est en évolution et que plusieurs terrains adjacents à la parcelle de l'exploitant ont fait l'objet de dépôt de permis de construire. Si ces constructions devaient effectivement voir le jour, elles pourraient exercer une

influence sur la dispersion locale des rejets de l'établissement mais également modifier le positionnement des personnes les plus exposées (habitations plus proches ou hauteur plus élevée par exemple) et donc influencer sur la validité de son étude d'impact.

L'IRSN estime que la maquette numérique présentée par l'exploitant représente correctement l'environnement du site à la date de la réalisation de son étude. Cependant, l'IRSN indique que toute évolution du bâti proche de l'installation nécessitera une vérification par l'exploitant de la validité de son étude d'impact et, le cas échéant, sa mise à jour. (Observation n°1)

3. Les données météorologiques utilisées par CURIUM dans son analyse proviennent de Meteoblue, société de service de surveillance météorologique et environnementale, et sont issues d'un modèle de prévision pour une période de 30 années et basé sur des mailles de 30 x 30 km. Or la topographie autour de la ville de Marseille est complexe en raison notamment de la proximité de la mer Méditerranée au sud-ouest et de la présence d'un petit massif montagneux au nord. Une météorologie moyennée sur une zone aussi large pourrait ne pas être représentative des conditions locales rencontrées autour du site. La comparaison de la rose des vents réalisée par l'exploitant avec des données issues d'observation à la station Météo-France de Marseille Marignane située à 20 km au nord-ouest montre des différences significatives.

L'IRSN recommande que l'exploitant s'assure de la représentativité de la rose des vents qu'il retient. (Recommandation n°2)

4. Afin de modéliser l'état de l'atmosphère dans la couche limite atmosphérique, l'exploitant a choisi de retenir une condition de stabilité neutre, état moyen le plus couramment rencontré en basse couche de l'atmosphère. L'exploitant justifie cette hypothèse en argumentant qu'en milieu urbain, les obstacles provoquent un mélange de l'air dans leur proximité immédiate, qui prédomine par rapport à la turbulence atmosphérique. L'IRSN remarque que la densité actuelle du bâti autour de l'établissement de Marseille n'est peut-être pas suffisante pour affirmer que l'état de l'atmosphère est plus gouverné par la turbulence locale dues aux bâtiments que par la turbulence générale de l'atmosphère. De plus, les données météorologiques obtenues par l'IRSN suggèrent une fréquence d'apparition non négligeable de chacune des conditions de stabilités, avec notamment des effets journaliers et d'autres liés à la présence de la mer.

L'IRSN estime que l'exploitant devrait présenter une analyse plus robuste de la turbulence locale pour justifier de la pertinence des conditions de stabilité de l'atmosphère qu'il retient. (Observation n°2)

5. Après avoir examiné l'environnement de son établissement, l'exploitant choisit de retenir comme scénario d'exposition une personne présente 100% du temps sur la zone la plus exposée en dehors des limites de site, ou sur la zone habitée la plus exposée. Trois classes d'âge sont envisagées pour la personne exposée : le nourrisson (1-2 ans), l'enfant représentatif de la tranche 7 à 12 ans, et l'adulte (17 ans et plus). L'exploitant indique que l'activité retenue pour l'évaluation de l'exposition au panache (interne et externe) est l'activité moyenne annuelle maximale au droit de la zone, toute altitude confondue. L'IRSN constate que l'exploitant a retenu d'évaluer une borne supérieure de l'exposition en cherchant les lieux pour lesquels celle-ci est la plus élevée avec des scénarios pénalisants, plutôt que d'appliquer rigoureusement l'article R1333-23 du code de la santé publique qui requiert d'évaluer l'exposition de la personne représentative avec des scénarios aussi réalistes que possible. L'utilisation de personnes représentatives permet de se rapprocher au plus près de l'exposition des populations, afin notamment de les en informer. Une approche consistant à évaluer uniquement la borne supérieure de l'exposition n'est pas suffisante.

L'IRSN estime que la méthode de l'exploitant permet de garantir que l'exposition de la personne représentative sera inférieure à la valeur maximum qu'il évalue. Cependant, elle devrait être complétée par une analyse réaliste de l'exposition de la population basée sur l'utilisation de personnes représentatives, tel que demandé dans l'article R1333-23 du code de la santé publique.

(Observation n°3)

6. L'exploitant évalue la dose efficace annuelle par exposition externe au panache et au dépôt de fluor-18 à l'aide, respectivement, d'un coefficient de dose efficace par immersion dans l'air et d'un autre par irradiation provenant d'un dépôt surfacique, tous deux issus de la publication Federal Guidance 12. Or ces coefficients ont été mis à jour en 2019 afin de prendre en compte notamment l'influence de l'âge sur la radiosensibilité de la personne considérée. Les nouveaux coefficients de dose efficace par exposition externe pour le fluor-18 encadrent l'ancien coefficient de dose à 20% près pour l'irradiation par immersion dans de l'air contaminé, et sont inférieurs de 15 à 35% pour l'irradiation à partir d'un dépôt surfacique.

Bien que l'utilisation de ces nouveaux coefficients ne soit pas de nature à remettre en cause les conclusions de l'exploitant, l'IRSN estime que celui-ci devrait utiliser les coefficients de dose par exposition externe par immersion dans de l'air contaminé et par présence sur un sol contaminé les plus récents et les plus conformes à l'état de l'art. (Observation n°4)

2. EVALUATION PAR L'IRSN DE L'IMPACT RADIOLOGIQUE ET COMPARAISON AVEC LES RESULTATS DE L'EXPLOITANT

En complément de l'examen de la pertinence de la méthodologie, des hypothèses et des résultats présentés par l'exploitant, l'ASN a demandé à l'IRSN de comparer les résultats de ses propres calculs avec ceux de l'exploitant. Pour faire ses calculs de dispersion atmosphérique, l'IRSN a utilisé deux types de codes de calculs différents : l'un (code PANACHE) utilise une méthode numérique de mécanique des fluides, l'autre (code CONDOR) utilise un modèle gaussien dont les limites pour modéliser la dispersion en champ proche avec un bâti conséquent sont connues. Bien que le code PANACHE soit a priori mieux adapté à la dispersion atmosphérique autour de cet établissement, l'IRSN a fait son évaluation avec les deux codes afin de vérifier le caractère majorant de la modélisation avec le code CONDOR. Les doses évaluées à partir des activités volumiques moyennes annuelles sont calculées de manière identique avec les deux codes.

L'IRSN reprend, pour la modélisation du rejet et de l'environnement, un grand nombre des hypothèses et paramètres d'entrée fournis par l'exploitant dans son analyse. En revanche, il a choisi des valeurs paramétriques différentes en ce qui concerne les conditions météorologiques, le choix de la forme physico chimique du fluor-18, la vitesse de dépôt sec, la méthode de calcul de la dose et le choix des coefficients de dose. En l'absence de données suffisantes et afin de pouvoir se comparer avec les résultats présentés par l'exploitant, l'IRSN a évalué les doses pour le seul fluor-18 et n'a pas recherché de personnes représentatives mais uniquement la zone d'exposition maximale et le bâtiment le plus exposé.

Les doses efficaces annuelles ainsi calculées par l'IRSN avec le code PANACHE dans l'environnement proche de l'établissement de CURIUM PET France à Marseille sont très inférieures à 1 mSv par an, limite réglementaire pour l'exposition du public aux rayonnements ionisants d'origine artificielle. La dose par exposition externe prévaut largement, à plus de 85%, répartie de façon presque équivalente entre l'irradiation par le panache et celle par le dépôt. Les valeurs estimées avec le modèle gaussien du code CONDOR (avec des paramètres d'entrée identiques) sont largement plus élevées, d'un facteur 40 pour les zones les plus exposées et d'un facteur 5 pour les bâtiments les plus exposés, confirmant le caractère majorant de l'approche gaussienne utilisée dans ce contexte.

En comparant son évaluation issue du code PANACHE à celle de l'exploitant pour un rejet égal à altitude égale, l'IRSN constate que :

- les modélisations mises en œuvre s'accordent sur l'ordre de grandeur de la valeur maximale de l'activité volumique moyenne et du débit de dépôt moyen, ainsi que sur leur distance approximative de l'émissaire (moins d'une centaine de mètres) ;
- les emplacements déterminés pour la zone la plus exposée et pour le bâtiment le plus exposé par rapport à l'émissaire sont significativement différents. Une analyse des roses des vents utilisées par l'exploitant et par l'IRSN montre que les directions de vent dominant ne sont pas identiques et sont certainement à l'origine de ces différences ;
- les résultats de l'IRSN sur l'impact sanitaire des personnes les plus exposées autour de l'installation CURIUM PET France sont du même ordre de grandeur que ceux de 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 que l'exposition de la population avoisinant l'établissements Marseille est faible, de l'ordre d'une dizaine de microsieverts.

3. CONCLUSION

L'IRSN considère que l'évaluation de l'impact radiologique menée par l'exploitant permet d'apprécier convenablement 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 faibles, et qu'il n'a pas identifié d'enjeu de nature à remettre en question les conditions de protection des populations autour de l'installation. Ces conclusions pourraient être remises en cause en cas d'évolution du bâti ou de l'occupation des zones voisines du point de rejet. C'est pourquoi, l'exploitant devra vérifier la validité et, le cas échéant, actualiser son étude d'impact si l'environnement de l'installation devait évoluer significativement, à court ou moyen terme. Dans le cadre d'une révision de cette étude d'impact, l'exploitant prendra soin de tenir compte des recommandations et observations en annexe du présent avis.

L'IRSN souligne par ailleurs que cette analyse de l'impact aux populations des rejets radioactifs de l'établissement Curium de Marseille est sans préjudice de tout effort d'optimisation et notamment de réduction des rejets dans l'environnement, qui n'a pas été présentée à l'analyse.

Pour le Directeur général et par délégation,
François PAQUET
Chef du service d'étude et d'expertise en radioprotection des populations
et de la radioactivité dans l'environnement

ANNEXE 1 A L'AVIS IRSN N° 2022-00027 DU 31 JANVIER 2022

Recommandations de l'IRSN

Recommandation n° 1

L'IRSN recommande que l'exploitant présente, à l'occasion d'une révision de son évaluation, la justification des hypothèses retenues concernant le spectre de ses rejets, en démontrant le caractère majorant de l'assimilation des rejets à la seule forme particulière du fluor-18.

Recommandation n° 2

L'IRSN recommande que l'exploitant s'assure de la représentativité de la rose des vents qu'il retient.

ANNEXE 2 A L'AVIS IRSN N° 2022-00027 DU 31 JANVIER 2022

Observations de l'IRSN

Observation n° 1

L'IRSN estime que la maquette numérique présentée par l'exploitant représente correctement l'environnement du site à la date de la réalisation de son étude. Cependant, l'IRSN indique que toute évolution du bâti proche de l'installation nécessitera une vérification par l'exploitant de la validité de son étude d'impact et, le cas échéant, sa mise à jour.

Observation n° 2

L'IRSN estime que l'exploitant devrait présenter une analyse plus robuste de la turbulence locale pour justifier de la pertinence des conditions de stabilité de l'atmosphère qu'il retient.

Observation n° 3

L'IRSN estime que la méthode de l'exploitant portant sur l'évaluation de l'exposition de la population devrait être complétée par une analyse réaliste basée sur l'utilisation de personnes représentatives, tel que demandé dans l'article R1333-23 du code de la santé publique.

Observation n° 4

L'IRSN estime que l'exploitant devrait utiliser les coefficients de dose par exposition externe, par immersion dans de l'air contaminé et par présence sur un sol contaminé, les plus récents et les plus conformes à l'état de l'art.