

Fontenay-aux-Roses, le 5 octobre 2018

Monsieur le président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN/2018-00268

Objet : Évaluation de l'impact radiologique des rejets de plutonium en Loire par les installations de Saint-Laurent A suite aux évènements de 1969 et 1980

Réf. 1. Courrier ASN CODEP-OLS-2017-047516 du 22 novembre 2017  
2. Note IRSN du 17 mars 2016 relative à la recherche d'un marquage dans une archive sédimentaire collectée à Montjean-sur-Loire le 21 juillet 2015

Par courrier cité en première référence, l'ASN a sollicité l'avis de l'IRSN sur les études réalisées par EDF pour évaluer l'impact sanitaire et écologique des rejets de plutonium dans la Loire, suite aux accidents survenus sur le site de Saint-Laurent-des-Eaux en 1969 et 1980. Ces accidents concernent la fusion d'éléments combustibles intervenue les 17 octobre 1969 et 13 mars 1980, respectivement sur les réacteurs A1 et A2 de Saint-Laurent, ainsi que l'éclatement d'un conteneur de combustibles usés, le 21 avril 1980, dans les piscines d'entreposage du réacteur A2.

Dans son courrier, l'ASN demande plus particulièrement à l'IRSN d'évaluer :

- les hypothèses adoptées par l'exploitant pour justifier les quantités de plutonium qu'il retient dans ses évaluations d'impact ainsi que leur composition isotopique ;
- le modèle de transport du plutonium dans la Loire ;
- la cohérence entre les activités massiques en plutonium obtenues à partir de ce modèle et celles mesurées par l'IRSN dans les sédiments prélevés en 2015 à Montjean-sur-Loire, à l'aval du site de Saint-Laurent-des-Eaux ;
- la méthode utilisée pour estimer l'impact sanitaire et environnemental des rejets de plutonium dans la Loire.

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 8 440 546 018

Les points principaux issus de l'examen du dossier fourni par l'exploitant ainsi que des échanges techniques au cours de son expertise sont présentés ci-après.

## 1. Quantités rejetées

Dans son dossier, EDF indique que les mesures d'activité en émetteurs alpha dans les rejets ne sont consignées dans les registres du site de Saint-Laurent-des-Eaux que depuis 1980. Avant cette date, l'exploitant précise que les seules données disponibles sont les activités totales rejetées annuellement. Sur la base de ces données, l'exploitant indique que l'activité totale rejetée dans les années 1980 est près de cinq fois plus élevée que celle rejetée en 1969. À partir de données plus complètes sur la période 1980-1983<sup>1</sup>, il note également que la proportion des émetteurs alpha dans les rejets d'effluents liquides est constante en moyenne annuelle. Des éléments précédents, EDF conclut que les rejets de plutonium intervenus au début des années 1980 sont supérieurs à ceux consécutifs à l'accident de 1969 et choisit de focaliser son évaluation de l'impact sanitaire et environnemental sur la période 1980-1983.

À l'issue de l'examen des éléments qui lui ont été communiqués, l'IRSN relève que l'activité présentée comme l'activité totale rejetée en 1969 correspond en réalité à la mesure de l'activité due aux seuls émetteurs bêta. Il considère, de ce fait, que la comparaison directe des activités inscrites dans les registres du site pour l'année 1969 et le début des années 1980 n'est pas pertinente. Dans l'objectif d'apprécier néanmoins l'importance relative des rejets associés aux accidents de 1969 et de 1980, l'IRSN a exploité les données de mesure réalisées sur la colonne de sédiments prélevée dans la Loire, à Montjean-sur-Loire, en aval d'Angers. L'examen de ces mesures, dont la synthèse et les conclusions figurent dans la note IRSN en deuxième référence, met en évidence deux pics d'activité massique en plutonium-238 correspondant aux deux années d'intérêt (cf. Figure 1 en annexe). Après prise en compte des activités massiques liées aux retombées atmosphériques des essais militaires et des rapports d'activité  $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$  caractéristiques des rejets du site EDF<sup>2</sup>, il est possible d'attribuer ces pics aux accidents intervenus sur le réacteur de Saint-Laurent A en 1969 et 1980. L'IRSN relève ainsi que l'activité massique en plutonium imputable aux rejets de 1969 pourrait être jusqu'à deux fois plus élevée que celle correspondant aux rejets du début des années 1980.

**Au vu des éléments précédents, l'IRSN considère comme insuffisamment justifiée et potentiellement erronée l'hypothèse d'EDF quant au caractère enveloppe des rejets intervenus au début des années 1980.** L'incidence de cette hypothèse sur l'évaluation d'impact sanitaire et écologique réalisée par EDF est analysée dans les paragraphes 5 et 6 ci-après.

## 2. Composition isotopique

Concernant la composition isotopique des rejets en plutonium, EDF s'appuie sur les résultats d'analyses réalisées en janvier 1984 sur les eaux des piscines d'entreposage des combustibles usés de Saint-Laurent A. Les méthodes d'analyse mises en œuvre par l'exploitant lui permettent de déterminer les activités volumiques pour les couples de radionucléides ( $^{238}\text{Pu}+^{241}\text{Am}$ ) et ( $^{239}\text{Pu}+^{240}\text{Pu}$ ). Dans une approche simplificatrice et majorante, EDF fait ensuite l'hypothèse que les activités en émetteurs alpha mesurées dans les rejets sont intégralement dues au plutonium et composées pour 1/3 de  $^{238}\text{Pu}$  et pour 2/3 de  $^{240}\text{Pu}$ .

L'IRSN souligne que les mesures sur lesquelles s'appuie EDF ont été réalisées sur des échantillons d'eau des piscines d'entreposage des combustibles usés prélevés plus de trois années après l'éclatement d'un container renfermant du combustible non étanche. Ces données ne peuvent de ce fait pas être considérées comme a priori représentatives de la composition radiologique des rejets consécutifs aux accidents de fusion d'éléments combustibles de 1969 et de

<sup>1</sup> Les accidents survenus en 1980 ont conduit à des rejets de Pu dans la Loire qui se sont prolongés jusqu'au redémarrage du réacteur en octobre 1983.

<sup>2</sup> Les mesures réalisées sur des matières en suspension prélevées dans les eaux de la Loire, entre avril 1979 et mai 1983, en plusieurs stations de la Loire dont Montjean-sur-Loire, conduisent à un rapport isotopique  $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$  compris entre 0,2 et 0,8.

1980. Néanmoins, l'IRSN note que le rapport d'activité entre les isotopes 238 et 240 du plutonium contenus dans l'eau des piscines (égal à 0,5) est comparable à celui estimé sur la base des mesures effectuées sur les matières en suspension prélevées dans la Loire entre 1979 et 1983 (compris entre 0,2 et 0,8). L'IRSN estime par ailleurs que les hypothèses retenues par EDF conduisent à majorer l'impact dosimétrique à la population en renforçant le poids relatif des radionucléides les plus pénalisants que sont les isotopes du plutonium.

**Compte-tenu des éléments précédents, l'IRSN considère que la composition isotopique simplifiée retenue pour les rejets constitue une hypothèse adaptée pour estimer l'ordre de grandeur de l'impact sanitaire et écologique.**

### 3. Modèle de transport du plutonium en Loire

Le modèle de transport du plutonium en Loire utilisé par EDF pour son évaluation d'impact est basé sur le modèle fluvial monodimensionnel de la plateforme SYMBIOSE. Celui-ci dépend de plusieurs paramètres sédimentaires (charge des matières en suspension...), géométriques (largeur de la rivière, pente...), hydrauliques (coefficient de frottement, distance de bon mélange...) et radio-écologiques (facteur de fractionnement solide-liquide, décroissance radioactive). Pour la plupart de ces paramètres, l'exploitant retient les valeurs par défaut proposées par l'outil SYMBIOSE V2.1.3. Afin de majorer les concentrations calculées dans la colonne d'eau, EDF retient, par ailleurs, les débits minimums de la Loire sur la période 1980-1983. Pour ce qui concerne la distance de bon mélange (distance à partir de laquelle la concentration en radionucléides est homogène en tout point de la section du fleuve), EDF retient une valeur de 7 km.

**Compte-tenu des caractéristiques du rejet (rejet en berge) et du milieu récepteur (la Loire), l'IRSN considère pertinents les choix du modèle et des valeurs de paramètres par défaut effectués par l'exploitant. S'agissant de la distance de bon mélange, l'IRSN considère la valeur retenue par l'exploitant cohérente avec celles usuellement associées aux conditions de faible débit retenues pour la modélisation du transport.**

### 4. Comparaison des activités massiques en plutonium calculées et mesurées dans les sédiments

Pour justifier du caractère enveloppe des résultats issus de son modèle de transport du plutonium dans la Loire, EDF indique que les activités massiques calculées dans les sédiments pour la période 1980-1983 sont supérieures aux activités mesurées dans les sédiments prélevés à Montjean-sur-Loire.

L'IRSN rappelle que les résultats de mesure utilisés pour la comparaison sont issus de sédiments prélevés sur une marge alluviale de la Loire qui n'est immergée que pendant les épisodes de crue. Les activités massiques mesurées dans ces sédiments sont donc représentatives de conditions de forts débits, qui interviennent entre 20 et 40 jours par an sur la Loire, alors que la modélisation effectuée par EDF repose sur des conditions de faible débit. Cette différence limite la pertinence de la comparaison entre les résultats de calcul et les mesures effectuées sur les sédiments. En revanche, l'IRSN note que les activités massiques calculées par EDF sont plus élevées que les activités massiques mesurées sur les matières en suspension prélevées à Montjean-sur-Loire entre 1979 et 1983, ce qui constitue une comparaison plus probante.

**Ainsi, l'IRSN note que la comparaison des données de mesure disponibles et des résultats de calcul produits par EDF suggère que la modélisation définie par l'exploitant conduit à une estimation a priori majorante des activités volumiques en plutonium présentes dans la Loire après l'accident de 1980.**

### 5. Évaluation de l'impact sanitaire

EDF évalue l'impact sanitaire des rejets liquides de plutonium dans la Loire en considérant les principales voies d'exposition suivantes :

- l'ingestion d'eau (eau prélevée dans la Loire pour alimenter la commune de Blois),
- l'ingestion d'aliments contenant des émetteurs alpha (poissons pêchés en aval du site, légumes issus de cultures irriguées par l'eau de la Loire, produits issus d'animaux élevés au voisinage de la commune de Saint-Laurent-Nouan en aval du site),
- l'exposition externe due aux sédiments des berges et aux sols irrigués à partir d'eau prélevée dans la Loire en aval du point de rejet.

Le groupe de référence retenu est composé d'adultes, d'enfants de 10 ans et d'enfants de 1 an résidant sur la commune de Saint-Laurent-Nouan. Les régimes alimentaires et les budgets temps des membres de ce groupe sont définis à partir des données de la base CIBLEX (banque de données d'information sur les modes de vie développée par l'ADEME et l'IRSN) pour les rations alimentaires (hors eau de boisson) des adultes et des enfants de 10 ans, de l'étude Fantino (étude alimentaire spécifique aux nourrissons et aux enfants, menée en France en 2008) pour la ration alimentaire (hors eau de boisson) des enfants de 1 an, des publications de l'Organisation Mondiale de la Santé pour les consommations d'eau et des données INSEE de 1991 pour les taux d'autoconsommation.

Les coefficients de dose utilisés sont issus de l'arrêté du 1<sup>er</sup> septembre 2003 pour l'exposition interne et du Federal Guidance n° 12 pour l'exposition externe.

Les doses efficaces annuelles estimées par l'exploitant sur la base des hypothèses évoquées dans les paragraphes précédents sont comprises entre 2 µSv/an et 20 µSv/an pour les différentes classes d'âge prises en compte.

L'IRSN estime que les différentes hypothèses retenues par EDF dans son calcul sont pertinentes et adaptées à l'estimation de l'ordre de grandeur de l'impact consécutif aux rejets survenus au début des années 1980. Les scénarios considérés ainsi que les rations alimentaires, les budgets temps et les taux d'autoconsommation retenus par EDF tiennent compte, en particulier, de la présence de polycultures et de polyélevages dans le secteur localisé à l'aval du site et de la diversité des voies d'exposition envisageables.

Comme indiqué au paragraphe 2, pour ses calculs d'impact, EDF suppose que l'intégralité de l'activité rejetée est attribuable aux isotopes 238 et 240 du plutonium. Compte-tenu de la radiotoxicité élevée de ces deux radionucléides, cette hypothèse conduit à une majoration de la dose calculée.

**En dépit des diverses sources d'incertitude, les éléments qualitatifs précédents ainsi que les résultats des estimations effectuées par l'IRSN sur la base de ses propres hypothèses, et en considérant un jeu plus large de voies d'exposition (y compris la baignade et l'ingestion de sédiment par inadvertance), conduisent à conforter le niveau très faible des doses susceptibles d'avoir été reçues par les populations suite aux accidents survenus en 1980.**

Comme indiqué au paragraphe 1, il ne peut être exclu que l'accident de 1969 ait occasionné des rejets plus importants que ceux survenus au début des années 1980, et ainsi, que les résultats obtenus par EDF, à partir des rejets de la période 1980-1983, puissent éventuellement sous-estimer la dose réellement reçue par la population suite à l'évènement de 1969. Toutefois, l'IRSN considère que cette incertitude n'est pas en mesure de remettre en cause l'ordre de grandeur des doses estimatives et donc le niveau très faible des expositions.

## 6. Évaluation de l'impact environnemental

Comme pour l'impact sanitaire, EDF a évalué l'impact environnemental des rejets liquides en <sup>238</sup>Pu et <sup>240</sup>Pu dans la Loire. L'évaluation repose sur le calcul des indices de risque pour l'ensemble des organismes de référence définis

dans l'outil ERICA (outil d'évaluation d'impact environnemental développé au niveau européen) aux trois localisations suivantes :

- à la station multiparamètres située en zone de mauvais mélange à 5,5 km en aval,
- au niveau du captage d'eau potable de Blois, localisé sur la Loire, à 24 km à l'aval du site et
- à Montjean-sur-Loire.

Pour ces trois points, EDF évalue des indices de risque aux écosystèmes très inférieurs à 1 en se basant sur les activités volumiques calculées à partir des débits minimums de la Loire. EDF conclut ainsi que l'impact sur les écosystèmes associé aux rejets liquides en émetteurs alpha dans la Loire, pour la période 1980-1983, est négligeable.

L'IRSN note que, contrairement à l'évaluation d'impact sanitaire, le choix de ne retenir que les deux isotopes 238 et 240 du plutonium ne peut être considéré comme conservatif. D'un point de vue environnemental, l'américium-241 ( $^{241}\text{Am}$ ), associé au plutonium 238, est en effet plus pénalisant en termes de dose que l'isotope du plutonium. Afin d'évaluer l'incidence de l'hypothèse retenue par EDF, l'IRSN a évalué l'impact des rejets liquides en  $^{240}\text{Pu}$  ainsi qu'en  $^{241}\text{Am}$ , avec l'outil ERICA V1.2.1 et pour la même période 1980-1983. **Les résultats de ces calculs ne remettent pas en cause les valeurs très inférieures à 1 des indices de risque calculés et confirment l'absence de risque significatif pour les écosystèmes.**

De la même manière que pour l'impact sanitaire, les incertitudes associées à l'estimation de l'activité ayant pu atteindre la Loire consécutivement à l'accident de 1969 ne paraissent pas de nature à remettre en cause les conclusions précédentes.

## 7. Conclusion

En conclusion, l'IRSN estime que les études réalisées par EDF fournissent un ordre de grandeur raisonnablement enveloppe des impacts sanitaire et écologique liés aux rejets de plutonium des installations de Saint-Laurent-des-Eaux A intervenus en 1969 et 1980. Sur la base de l'évaluation d'EDF et de ses propres estimations, et en dépit des diverses sources d'incertitudes associées aux données disponibles, l'IRSN considère que les rejets en plutonium dans la Loire liés aux différents événements survenus sur le site sont restés suffisamment faibles pour que les impacts sanitaires et environnementaux en aval du site puissent être considérés comme négligeables.

Pour le Directeur général et par délégation,

Didier GAY

Adjoint au directeur de l'environnement

Figures

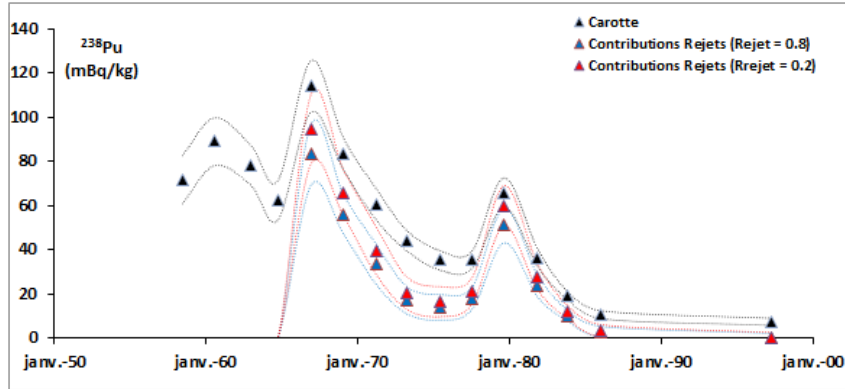


Figure 1 : Contribution des rejets aux activités massiques en  $^{238}\text{Pu}$  mesurées sur la carotte de sédiments de Montjean-sur-Loire estimées pour les rapports isotopiques de 0,2 et 0,8