

Référence courrier :
CODEP-DCN-2022-004121

Monsieur le Directeur
Division Production Nucléaire
EDF
Site Cap Ampère – 1, place Pleyel
93 282 SAINT-DENIS CEDEX

Montrouge, le 7 mars 2022

Objet : Réacteurs électronucléaires – EDF – Tous paliers

Méthodologie d'évaluation des conséquences radiologiques des rejets atmosphériques accidentels –
approche statistique (méthode PASTA)

Références : [1] Lettre EDF D305919001570 du 24/07/2019
[2] Note d'étude EDF D305919005003 indice A - Méthodologie d'évaluation des
conséquences radiologiques des rejets atmosphériques accidentels - approche
statistique
[3] Note d'étude EDF D305919006292 indice A - Evaluation des conséquences
radiologiques de l'accident de RTGV4 -VD4 900 à l'aide d'une méthode statistique
[4] Courrier EDF – D305921012622 du 22 octobre 2021 : « Instruction de la nouvelle
méthode d'évaluation des conséquences radiologiques des rejets atmosphériques
accidentels - Envoi des Positions/Actions ».

Monsieur le Directeur,

Par lettre citée en référence [1], vous avez transmis à l'ASN les notes citées en références [2] et [3] qui
présentent la nouvelle méthode d'évaluation des conséquences radiologiques des rejets atmosphériques
accidentels, s'appuyant sur un traitement statistique, que vous prévoyez d'utiliser à partir du quatrième
réexamen périodique des réacteurs nucléaires de 1300 MWe.

Cette méthode est applicable pour les études du domaine de dimensionnement, du domaine
complémentaire, des accidents graves et des situations « noyau dur », y compris résultant d'une
agression, pour tous les réacteurs en fonctionnement et pour le réacteur EPR de Flamanville.

Cette méthode ne s'applique que pour les rejets atmosphériques. L'ASN a pris note qu'une méthode
d'évaluation des conséquences radiologiques pour des rejets en rivière était en cours d'élaboration et
serait disponible à l'horizon du quatrième réexamen périodique des réacteurs nucléaires de 1300 MWe
(RP4 1300). Concernant les rejets directs en mer et dans les sols, vous avez indiqué que les études
engagées étaient encore au stade de la recherche et développement, et qu'ils ne seront donc pas
disponibles à cette échéance.

Cette nouvelle méthode s'appuie sur un outil de calcul scientifique appelé « PASTA » qui permet de réaliser des études de conséquences radiologiques pour chaque centrale en intégrant un traitement statistique des données météorologiques propres à chaque site, contenues dans la base « SEMENCE ».

La méthodologie de calcul des conséquences radiologiques, pour chacun des accidents étudiés, repose sur les étapes suivantes:

- simulation du rejet en faisant glisser sa date de début sur une période météorologique de cinq ans avec un pas de temps horaire ;
- chaînage de la dispersion atmosphérique avec le calcul de dose pour chaque simulation ;
- réalisation d'un post-traitement statistique de ces résultats.

Pertinence des bibliothèques de données utilisées

L'outil PASTA s'appuie sur l'utilisation de bibliothèques de données de rejets et sur des bases de données météorologiques.

Concernant les bibliothèques de données de rejet, EDF s'est engagée à compléter la liste des isotopes représentatifs des accidents utilisés dans les calculs. L'ASN prend note de cet engagement.

Concernant les bases de données météorologiques utilisées par EDF, elles contiennent des mesures (directions et vitesses de vent, précipitations) enregistrées sur chacun des sites par les stations météorologiques sur une durée de cinq ans. Toutefois, ces données sont parfois incomplètes. EDF a indiqué que ces bases de données seront complétées par interpolation. L'ASN note que le choix de la méthode d'interpolation retenue pour le comblement des données de précipitation pourrait avoir une influence notable sur les résultats obtenus, compte tenu de leur fréquence moins importante. **Ce sujet fait l'objet de la remarque n° 1 en annexe.**

L'ASN prend également note des efforts d'EDF pour fiabiliser la transmission des données issues des stations météorologiques.

Méthodes d'évaluation des doses et de la contamination des denrées alimentaires

Le calcul de dispersion atmosphérique réalisé par le code ADMS représente l'appauvrissement du panache de rejet par le dépôt des polluants au sol (dépôt sec) et par l'entraînement des polluants par les précipitations (dépôt humide). L'ASN considère que la modélisation utilisée pour les dépôts humides est à l'état de l'art (utilisation d'un taux de lessivage). Concernant le dépôt sec, celui-ci dépend de la vitesse de dépôt propre à chaque radionucléide retenue. L'expertise de cette nouvelle méthode a montré une très grande sensibilité des doses calculées lors des évaluations de conséquences radiologiques à ce paramètre (notamment les doses à court terme). Concernant les aérosols, qui constituent l'essentiel des contributeurs à la dose, l'ASN considère qu'EDF doit retenir une valeur plus pénalisante de ce paramètre dans l'attente de la fourniture d'une démonstration étayée de la pertinence de la valeur de vitesse de dépôt sec actuellement prise en compte pour les aérosols. **Ce sujet fait l'objet de la demande n° 1 en annexe.**

L'ASN prend note de l'engagement d'EDF de réévaluer la vitesse de dépôt sec retenue pour l'iode moléculaire.

Concernant la modélisation de la dispersion atmosphérique en situations de vents calmes, le choix de retenir une solution radiale symétrique est susceptible de sous-estimer les concentrations dans l'axe du panache et donc les valeurs de doses calculées, notamment pour les sites pour lesquels les proportions de situations de vent calme sont importantes. L'ASN considère que la modélisation des situations de vents calmes devrait être améliorée ou qu'à défaut une correction des évaluations de doses calculées dans ces situations devrait être apportée. **Ce sujet fait l'objet de la demande n° 2 en annexe.**

Le calcul de doses qui est réalisé à l'étape suivante du calcul se fonde sur un certain nombre d'hypothèses et de paramètres (durées et voies d'exposition, classes d'âge, habitudes de vie, régimes alimentaires, facteur de protection).

Concernant la contamination des denrées alimentaires, EDF propose une méthodologie de calcul des activités massiques des radionucléides transférés dans les denrées agricoles qui constitue une approche satisfaisante.

Concernant les voies d'exposition, l'ASN considère que celles retenues pour le calcul de la dose efficace sont pertinentes.

L'ASN note que, dans le rapport de sûreté, la vérification de l'atteinte des objectifs du réexamen repose sur les calculs de dose lors de la phase d'urgence radiologique et ne valorise pas les calculs de la dose efficace « quatre voies » à partir de sept jours ; de plus le calcul de la dose équivalente à la thyroïde ne prend pas en compte la voie ingestion pour tous les types d'accident.

Toutefois, l'ASN considère que les indicateurs proposés pour apprécier l'atteinte des objectifs de rejets qu'EDF se fixent dans le cadre du réexamen RP4 1300 (à savoir, pour les accidents sans fusion du cœur, viser des conséquences radiologiques inférieures au seuil de mise en œuvre de mesures de protection des populations et, pour les accidents avec fusion du cœur, tendre vers des mesures de protection des populations limitées dans l'espace et dans le temps), ainsi que la démarche de vérification et de validation de l'outil PASTA sont satisfaisants.

Approche statistique et utilisation de la méthode PASTA dans le cadre d'une démonstration de sûreté

À partir des résultats de calcul de doses (ou de contaminations des denrées alimentaires) obtenus en considérant une période météorologique de cinq ans, EDF présente les résultats des évaluations de conséquences radiologiques pour le percentile 90. Cela signifie que les 10 % de doses les plus importantes sont écartées, ce qui revient également à écarter les 10 % des conditions météorologiques réellement observées menant à ces résultats les plus élevés. L'ASN considère qu'il convient de vérifier que, pour un site donné, le choix de ce percentile n'exclut pas des valeurs de doses correspondant à des conditions météorologiques récurrentes (en particulier, les situations de vents calmes qui peuvent conduire aux conséquences les plus élevées à courte distance). **Ce sujet fait l'objet de la demande n° 3 en annexe.**

Compte tenu de la difficulté industrielle de mise en œuvre de la méthode PASTA à l'ensemble des sites et pour l'ensemble des accidents du rapport de sûreté, EDF propose de ne mettre en œuvre cette méthode de manière complète que pour le site le plus pénalisant pour chaque type de réacteur. Celui-ci sera sélectionné sur la base de l'indicateur de doses à court terme à 24 h calculé à 500 mètres dans la

direction pénalisante. En complément, EDF réalisera bien un calcul de conséquences radiologiques avec la méthode PASTA pour les accidents susceptibles d'entraîner les rejets les plus importants sur l'ensemble des sites (accidents avec fusion du cœur, APRP4 et RTGV 4). L'ASN considère cette démarche satisfaisante compte tenu des objectifs du réexamen.

Néanmoins, l'ASN considère que les calculs de doses à sept jours, à moyen et long termes et la contamination des denrées alimentaires pourraient être plus élevés pour d'autres sites que pour le site considéré pénalisant par EDF. **Ce sujet fait l'objet de la remarque n° 2 en annexe.**

Sous réserve de la prise en compte des demandes figurant en annexe et du respect de vos engagements en référence [4], **l'ASN considère que cette nouvelle méthode d'évaluation des conséquences radiologiques constitue une amélioration méthodologique.**

Compte tenu des demandes et remarques de l'ASN, l'ASN vous demande, à échéance de la clôture du réexamen RP4 1300, de lui transmettre une note de bilan d'application de la méthode PASTA afin de justifier de la bonne prise en compte des limites et incertitudes identifiées lors de l'expertise. **Ce sujet fait l'objet de la demande n° 4 en annexe.**

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Directeur, l'expression de ma considération distinguée.

*Signé par le directeur de la direction des centrales
nucléaires,*

Rémy CATTEAU

Demandes de l'ASN

Vitesse de dépôt des aérosols

Le modèle de dispersion atmosphérique utilisé dans la méthode PASTA est un modèle gaussien de panache stationnaire dit de « nouvelle génération ». L'appauvrissement du panache par le dépôt des polluants au sol (dépôt sec) est représenté par une vitesse de dépôt propre à chaque radionucléide.

Pour les aérosols, qui constituent l'essentiel des contributeurs à la dose, vous proposez de retenir une vitesse de dépôt sec de 2.10^{-3} m/s, en justifiant ce choix (courrier [4]) par le fait que cette valeur est « *proche de la valeur moyenne mesurée pour des aérosols micrométriques lors de campagnes d'essais récentes ce qui conforte la pertinence de cette valeur* ». L'ASN considère que cette justification n'est pas suffisamment étayée.

L'IRSN estime que cette valeur de vitesse de dépôt sec peut être considérée comme réaliste, au regard de la littérature, pour une certaine distribution granulométrique et un certain type de sol. Cette valeur peut donc être adaptée dans certaines situations, et non adaptée dans d'autres.

Il a été démontré lors de l'expertise une très grande sensibilité des doses calculées lors des évaluations de conséquences radiologiques à ce paramètre (notamment les doses à court terme). Par exemple, dans le cas du calcul des conséquences radiologiques pour une RTGV4 sur le site du Bugey, la baisse de la vitesse de dépôt des aérosols de 5.10^{-3} à 1.10^{-3} m/s a pour effet d'augmenter d'un facteur 3 la dose efficace totale à 24 h et d'un facteur 3,5 la dose équivalente à la thyroïde à 24 h.

Compte tenu de cette grande sensibilité et de l'incertitude associée à la détermination de ce paramètre, l'IRSN recommande de prendre une valeur plus faible (1.10^{-3} m/s) mais néanmoins réaliste et documentée dans la littérature, afin de limiter le risque de sous-estimer les conséquences radiologiques.

Demande n° 1 : L'ASN vous demande, dans le cadre de l'application de la méthode PASTA pour le RP4 1300, de retenir la valeur de 1.10^{-3} m/s pour la vitesse de dépôt sec des aérosols.

Modélisation des vents calmes

L'ASN note la prise en compte, dans cette nouvelle méthode, des situations de vents calmes, ceci constituant une amélioration par rapport à la méthode utilisée lors du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe. Cependant, pour les vitesses de vent inférieures à 1 m/s, la modélisation des rejets par le code ADMS se fait totalement ou en partie en représentant la dispersion atmosphérique par une solution radiale symétrique (en étalant les rejets sur 360°). Cette modélisation sous-estime nécessairement les concentrations dans l'axe du panache en situation de vents calmes, et donc *in fine* les valeurs de doses calculées, notamment pour les sites pour lesquels la proportion de situations de vent calme est importante.

Vous avez indiqué dans le courrier [4] avoir engagé un programme expérimental de mesures en situations de vents calmes. Ce programme, dont les résultats sont attendus pour 2024, a pour but de constituer une base de données dans ces situations jusqu'à quelques centaines de mètres du point d'émission. L'ASN prend note de cette démarche.

Demande n° 2 : L'ASN vous demande, dans le cadre de l'application de la méthode PASTA pour le RP4 1300, et en attendant les résultats de votre programme expérimental, d'améliorer le traitement des situations de vents calmes pour lesquelles les conséquences radiologiques sont actuellement sous-estimées. Dans cet objectif, vous adapterez la modélisation ou vous appliquerez une pénalisation aux évaluations de dose permettant de compenser cette sous-estimation.

L'ASN considère qu'EDF devra s'assurer que le programme expérimental de mesures en conditions de vents calmes sera en mesure de fournir une appréciation de la performance du code ADMS en conditions de vents calmes dans un domaine représentatif de son utilisation par la méthode PASTA (en termes de distances et d'occupation des sols).

Choix du percentile 90

À partir des résultats de doses (ou de contaminations des denrées alimentaires) obtenus en considérant une période météorologique de cinq ans, EDF présente les résultats des évaluations de conséquences radiologiques pour le percentile 90. Cela signifie que les 10 % de doses les plus importantes sont écartées, ce qui revient également à écarter les 10 % des conditions météorologiques réellement observées menant à ces résultats les plus élevés. L'ASN considère qu'il convient de vérifier que, pour un site donné, ce choix de percentile n'exclut pas des valeurs de doses correspondant à des conditions météorologiques récurrentes (en particulier, les situations de vents calmes qui peuvent conduire aux conséquences les plus élevées à courte distance).

Demande n° 3 : l'ASN vous demande de prendre en compte la limitation induite par l'utilisation du percentile 90 dans les enseignements que vous tirez des évaluations des conséquences radiologiques.

Note de bilan de l'application de la méthode PASTA

Demande n° 4 : l'ASN vous demande, dans le cadre de la clôture du RP4 1300, de lui transmettre une note de bilan d'application de la méthode PASTA afin de justifier de la bonne prise en compte des limites et incertitudes identifiées lors de l'expertise.

Observations de l'ASN

Comblement des bases de données météorologiques

Les bases de données météorologiques utilisées par EDF contiennent des mesures (directions et vitesses de vent, précipitations) enregistrées sur chacun des sites par les stations météorologiques sur une durée de cinq ans. Ces données sont parfois incomplètes. EDF a indiqué que cette base de données serait complétée par interpolation. L'ASN considère que le choix de la méthode d'interpolation retenue pour le comblement des données de précipitation pourrait avoir une influence notable sur les résultats obtenus, compte tenu de leur fréquence moins importante.

Remarque n° 1 : l'ASN considère qu'il sera nécessaire de tenir compte des incertitudes, induites par le comblement de la base de données météorologiques en ce qui concerne les précipitations, dans l'utilisation qui sera faite des résultats des évaluations des conséquences radiologiques.

Limites de l'approche palier

Afin de permettre un déploiement industriel des études et limiter le nombre de calculs, EDF propose de déployer la méthode PASTA sur le site le plus pénalisant du palier. Le site le plus pénalisant sera choisi sur la base de l'indicateur de doses à court terme à 24 h évalué à 500 mètres dans la direction pénalisante.

Néanmoins, l'ASN considère que les doses à sept jours, à moyen et long termes et la contamination des denrées alimentaires pourraient être plus élevées pour d'autres sites que pour le site considéré comme le plus pénalisant par EDF.

Remarque n° 2 : l'ASN considère que l'utilisation qui sera faite des indicateurs à moyen et long terme et de la contamination des denrées alimentaires lors de la déclinaison de la méthode PASTA dans le rapport de sûreté associé à un palier donné devrait tenir compte de ces limitations.