

Fontenay-aux-Roses, le 26 septembre 2017

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2017-00296

Objet : Transport - Méthode d'estimation des conséquences radiologiques d'un accident de transport de substances radioactives pour la population riveraine d'une infrastructure de transport

Réf. Lettre ASN CODEP-DTS-2017-003552 du 14 février 2017

Par lettre citée en référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) demande l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur la méthode à recommander pour évaluer les conséquences radiologiques d'un accident de transport de substances radioactives pour la population riveraine d'une infrastructure de transport. En particulier, l'ASN demande à l'IRSN de préciser notamment les paramètres importants devant être pris en compte dans cette méthode ainsi que, le cas échéant, les valeurs à recommander et les exigences sur le logiciel de calcul à utiliser.

Cette demande s'inscrit dans l'objectif de l'ASN d'établir un guide à l'usage des gestionnaires d'infrastructures de transport concernés par le transport de substances radioactives, qui sont assujettis à la réalisation de l'étude de dangers imposée par l'article L. 551-2 du code de l'environnement.

1 CONTEXTE

Le décret 2007-700 du 3 mai 2007 relatif aux études de dangers (EDD) applicables aux infrastructures de stationnement, chargement ou déchargement de matières dangereuses impose aux gestionnaires de ces infrastructures de transmettre au préfet concerné une telle étude tenant compte de la présence des matières dangereuses définies dans l'arrêté TMD dont celles relatives aux substances radioactives (classe 7). Les infrastructures spécifiées dans ce décret sont des aires de stationnement sur autoroute, des zones de triage ferroviaires, des installations portuaires ou de navigation intérieure et des installations multimodales, dans lesquelles transitent des quantités importantes de matières dangereuses.

Selon ce décret, les gestionnaires d'infrastructure doivent évaluer chaque risque identifié, en termes de probabilité d'occurrence et de conséquences sanitaires. Cette évaluation vise à vérifier l'acceptabilité des risques sur la base d'une matrice de criticité (probabilité /

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

conséquence). Concernant les conséquences radiologiques associées aux substances radioactives, une valeur de référence correspondant à une dose efficace de 50 mSv est retenue, conformément à l'arrêté du 18 décembre 2009 relatif aux critères techniques et méthodologiques à prendre en compte pour les études de dangers des ouvrages d'infrastructures de transport où stationnent, sont chargés ou déchargés des véhicules ou des engins de transport contenant des matières dangereuses.

Dans ce cadre réglementaire, l'ASN souhaite formaliser dans un guide les éléments à prendre en compte par les gestionnaires d'infrastructures de transport pour l'évaluation des conséquences radiologiques relatives à des situations accidentelles affectant des colis de transport de substances radioactives situés dans une infrastructure de transport.

Conformément à la demande de l'ASN, l'IRSN a formalisé, dans le présent avis, les principaux éléments de la méthode qui est préconisée pour effectuer cette évaluation. À cet égard, l'IRSN tient à souligner que la méthode d'évaluation présentée ci-après traite uniquement des risques radiologiques. Or, certaines substances radioactives (uranium notamment) présentent également un risque chimique, qui doit être pris en considération par les gestionnaires des infrastructures de transport dans les études de dangers. Ce point devra être précisé dans le guide de l'ASN. En outre, l'IRSN tient également à souligner que la méthode d'évaluation des conséquences radiologiques, présentée ci-après, concerne uniquement la population riveraine des infrastructures de transport et n'a pas vocation à s'appliquer aux intervenants à ces structures.

2 METHODE D'EVALUATION DES CONSEQUENCES RADIOLOGIQUES EN SITUATION ACCIDENTELLE

La méthode présentée ci-après vise à présenter les principaux éléments qu'un gestionnaire doit considérer dans le cadre de l'établissement d'une étude de dangers relative aux transports de substances radioactives. Ils ont été établis en respectant le principe que le gestionnaire de l'infrastructure de transport est responsable des éléments présentés dans son étude de dangers, en particulier le choix des situations accidentelles retenues, l'estimation de la probabilité d'occurrence de ces situations ainsi que les paramètres nécessaires à l'évaluation des conséquences radiologiques.

Les éléments de la méthode d'évaluation des conséquences radiologiques que l'IRSN propose d'intégrer dans le guide de l'ASN sont présentés en annexe au présent avis. Cette méthode repose sur les grandes étapes évoquées ci-dessous.

La première étape consiste à sélectionner les colis de substances radioactives à considérer dans l'étude de dangers. À cet égard, compte tenu de la diversité des colis susceptibles d'être présents sur l'infrastructure de transport, l'IRSN propose que l'étude de dangers soit élaborée sur la base de colis représentatifs, dénommés par la suite « colis phare », en termes de dangerosité (quantité de substances radioactives, robustesse du colis...) et de fréquence de transport. À cet égard, l'IRSN estime suffisant qu'un seul « colis phare » soit retenu par famille de colis ; toutefois, celui-ci doit être sélectionné dans le but de maximiser les risques de cette famille de colis.

La deuxième étape concerne la sélection des scénarios d'accidents susceptibles de concerner ces « colis phares ». Les scénarios d'accident à considérer sont ceux susceptibles de conduire à une rupture du confinement assuré par le colis, une dégradation des écrans de protection radiologique ou à une perte de la configuration sous-critique. Dans l'annexe au présent avis, l'IRSN présente les principaux événements à considérer susceptibles de conduire à ces défaillances ainsi que les éléments à prendre en compte par le gestionnaire pour évaluer la quantité de substances

radioactives rejetées dans l'environnement en cas de perte du confinement ou le débit d'équivalent de dose autour du colis en cas de dégradation des écrans de protection radiologique ou d'un accident de criticité.

La troisième étape concerne l'évaluation proprement dite des conséquences radiologiques associées aux situations accidentelles retenues. À cet égard, l'IRSN propose de retenir une méthode d'évaluation similaire à celle retenue par l'IRSN pour l'évaluation des conséquences radiologiques associées à la phase d'urgence radiologique des installations nucléaires de base. Les voies d'exposition différées des personnes, liées par exemple à la consommation de produits contaminés, ne sont donc pas considérées. Ainsi, seules les voies d'exposition suivantes sont à considérer :

- l'exposition interne par inhalation dans le panache radioactif ;
- l'exposition externe due au panache radioactif ;
- l'exposition externe due aux dépôts radioactifs ;
- l'exposition externe due au colis dont la protection radiologique est détériorée.

Dans l'annexe au présent avis, l'IRSN présente les éléments à prendre en compte pour l'évaluation des conséquences radiologiques dues au rejet de substances radioactives dans l'environnement ou l'exposition externe liée à une dégradation de la protection radiologique du colis.

Pour ce qui concerne le rejet de substances radioactives, les éléments à considérer, une fois le terme source défini, sont :

- la durée du rejet qui va dépendre notamment de la défaillance considérée du colis ;
- la hauteur du rejet ; l'IRSN propose de considérer que le rejet s'effectue au niveau du sol, y compris en cas d'incendie, ce qui assure un caractère enveloppe à l'évaluation ;
- les conditions météorologiques définies sur la base des données locales, qui doivent être raisonnablement enveloppes des conditions observées localement sur le site de l'infrastructure de transport (vitesse du vent, condition de diffusion, pluviométrie) ; à cet égard, l'IRSN souligne l'importance, pour le gestionnaire, de s'assurer du domaine de validité de l'outil utilisé (code de calcul, abaque...), en particulier pour des calculs à courte distance du point de rejet ;
- la durée d'exposition des personnes ; à cet égard, l'IRSN propose de retenir une durée minimale correspondant au temps nécessaire pour évacuer la population dans un périmètre déterminé. Cette durée devra être augmentée si le gestionnaire de l'infrastructure considère qu'elle n'est pas cohérente avec la densité de la population à évacuer de la zone environnant l'infrastructure de transport et la mobilité de cette population ;
- les personnes du public potentiellement exposées, en considérant leur éloignement au point de rejet et les classes d'âge des personnes concernées ; l'IRSN propose que l'estimation du niveau de gravité des conséquences conformément à l'arrêté du 18 décembre 2009 soit réalisée en considérant les personnes susceptibles de recevoir les doses efficaces les plus importantes parmi l'ensemble de celles exposées.

En outre, dans l'annexe au présent avis, l'IRSN présente les sources d'information à retenir pour la détermination des coefficients de dose, qui permettent de convertir, en dose efficace, l'activité radiologique du rejet de substances radioactives à laquelle sont exposées les personnes.

Pour ce qui concerne l'exposition externe liée à une dégradation de la protection radiologique du colis, les éléments à considérer concernent principalement la détermination de la dégradation de cette protection. L'IRSN propose

d'intégrer au guide de l'ASN des abaques permettant, pour les principaux radioéléments concernés, d'estimer le débit d'équivalent de dose en fonction de la distance au colis et des épaisseurs résiduelles des écrans.

3 CONCLUSION

En réponse à la demande de l'ASN, l'IRSN a formalisé la méthode d'évaluation des conséquences radiologiques qui pourrait être intégrée dans le guide destiné à la réalisation des études de dangers dans les infrastructures de transport concernées par le transport de substances radioactives. Celle-ci est présentée en annexe au présent avis.

L'IRSN suggère que, dans le cadre de la finalisation du guide de l'ASN, un échange ait lieu avec l'ensemble des parties prenantes concernées par ce guide sur les attendus de cette méthode et, plus globalement, sur l'étude de dangers selon la nature de la matière dangereuse considérée (radiologique, chimique, toxique).

Pour le directeur général, par délégation

Jean-Paul DAUBARD

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Annexe 1 à l'Avis IRSN n° 2017-00296 du 26 septembre 2017

Cette annexe présente la méthode d'évaluation des conséquences radiologiques que l'IRSN propose d'intégrer dans le guide de l'ASN.

1 Colis à considérer

Compte tenu de la diversité des colis de substances radioactives transportés, il est recommandé que le gestionnaire retienne un seul colis par type de substance radioactive et donc par type de risque. Ce colis est dénommé « colis-phare » par la suite.

Le « colis-phare » est choisi parmi les colis d'une même famille de façon à maximiser le risque à évaluer en considérant à la fois :

- les contenus en quantités les plus importantes en termes de danger potentiel (conséquences radiologiques ou toxiques),
- les colis dont les fréquences de transport sont significatives,
- les colis dont la robustesse est la plus « faible ».

La réglementation des transports de substances radioactives¹ impose une gradation pour les dispositions de prévention de la perte des fonctions de sûreté d'un colis, en fonction du danger que présente intrinsèquement la substance radioactive transportée. Schématiquement, plus l'activité de la substance transportée ou plus la quantité de matière fissile est importante, plus les exigences requises en termes de performance du colis sont élevées.

L'IRSN suggère d'intégrer un rappel des performances requises par la réglementation en vigueur pour les différents types de colis et un tableau qui fait la correspondance entre le type de colis et le numéro ONU du colis.

Aussi, en se basant sur la réglementation des transports de substances radioactives¹, les colis à considérer dans les études de dangers sont :

- les colis de « type B » et/ou « chargés de matière fissile »,
- les colis « industriels »,
- les colis industriels chargés d'hexafluorure d'uranium non fissile,
- les colis de « type A » lorsqu'ils sont transportés en nombre.

Sur cette base, le gestionnaire présente dans l'étude de dangers les colis-phares retenus et justifie leur pertinence, à la fois en termes de dangerosité et de probabilité de présence dans l'infrastructure de transport. La robustesse de conception est également un critère important à considérer, notamment pour le choix des « colis phare » de type B.

¹ La réglementation transport de matières dangereuses en France se base sur l'arrêté du 29 mai 2009 modifié relatif aux transports de marchandises dangereuses par voies terrestres (dit « arrêté TMD ») et repose sur le règlement AIEA - SSR-6 édition de 2012 : « Règlement de transport des matières radioactives »

2 Situations à retenir (scénarios)

Le choix des événements à retenir est de la responsabilité du gestionnaire de l'infrastructure. Il lui appartient d'en déterminer la nature, d'en caractériser la sévérité maximale et d'en évaluer la probabilité d'occurrence. Parmi les scénarios envisageables, il peut être examiné notamment :

- la chute sur le colis-phare d'un objet manutentionné au-dessus de ce dernier, avec une sévérité cohérente avec les hauteurs de manutention autorisées dans l'infrastructure de transport et les masses manutentionnées,
- l'impact sur le colis-phare d'un projectile à la suite d'une explosion provenant notamment d'un véhicule ou d'une installation proche,
- la collision avec un véhicule circulant à l'intérieur de l'infrastructure avec une sévérité cohérente avec les vitesses et les masses des véhicules circulant usuellement dans l'infrastructure,
- la chute du colis-phare d'une hauteur cohérente avec les hauteurs de manutention autorisées,
- l'incendie affectant le colis-phare, avec une sévérité (température et durée) cohérente avec les risques d'incendie existants dans l'infrastructure (nature des matières combustibles, quantités mobilisables...) et les moyens d'intervention existants.

Pour les scénarios ayant pour événement initiateur une agression externe, la sévérité dépend des conditions dans lesquelles ces événements peuvent survenir dans l'infrastructure étudiée. Ils varient d'une infrastructure à l'autre et le choix des paramètres de sévérité doit être justifié par le gestionnaire.

Dans le cas de la présence de colis contenant de la matière fissile dans l'infrastructure, la présence d'eau (forte pluie ou provenant des moyens de lutte contre l'incendie) est un facteur aggravant à prendre en compte pour chacun des scénarios envisagés par le gestionnaire de l'infrastructure, en raison des risques de criticité que l'apport d'eau est susceptible de générer.

Le taux de présence de tous les colis représentés par les colis-phare retenus est à considérer pour estimer les probabilités d'occurrence des scénarios étudiés pour ce type de colis.

Pour tous les colis à considérer, un choc mineur ne doit apporter aucun risque notable de rejet radioactif ou de fuite de rayonnement. En effet, la réglementation du transport à laquelle sont soumis ces colis prévoit qu'ils résistent à des épreuves simulant des situations incidentelles qui permettent de couvrir les chocs mineurs. Les vitesses d'impact considérées par la réglementation sont comprises entre 2,5 et 17 km/h en fonction de la masse du colis.

De plus, pour les colis de type B ou chargés de matière fissile, des chocs et des feux de sévérités inférieures à celles engendrées respectivement par une chute libre de 9 mètres sur une surface indéformable et un feu totalement enveloppant à 800 °C pendant 30 minutes ne doivent pas avoir de conséquences significatives en termes d'exposition externe ou de criticité. Cependant, un relâchement limité de substances radioactives est possible et ses conséquences, en termes d'impact radiologique, sont à évaluer.

3 Types de défaillances

Trois types de défaillance des colis peuvent être à l'origine de conséquences radiologiques :

- les ruptures de confinement,
- les dégradations d'écrans de protection contre les rayonnements ionisants,

- la perte de la configuration sous-critique.

Les termes-sources qui peuvent en résulter (quantité de matières radioactive rejetée ou débit d'équivalent de dose autour du colis) dépendent de la sévérité de ces défaillances.

3.1 Ruptures de confinement

L'amplitude des ruptures de confinement dépend de la sévérité de l'agression du colis. Elle varie de la simple défaillance d'un joint d'étanchéité à l'ouverture d'une brèche plus ou moins grande dans l'enveloppe de confinement.

Dans tous les cas, il sera en particulier tenu compte dans le calcul des doses efficaces par inhalation induites par l'exposition au panache, de la quantité de substances radioactives mises en suspension dans le colis et susceptibles d'être relâchées par la rupture de confinement considérée.

- Colis de « type A », colis industriels et colis d'hexafluorure d'uranium :

Lors d'un accident de sévérité supérieure aux épreuves représentatives des situations incidentelles, le gestionnaire d'infrastructure devra estimer la taille de la brèche de l'enveloppe de confinement, puis évaluer la quantité de substances radioactives relâchées. Si le gestionnaire utilise des données disponibles dans la littérature scientifique (coefficients de mise en suspension des substances radioactives notamment), il devra s'assurer qu'elles sont représentatives de la situation considérée ; en tout état de cause, le caractère raisonnablement pénalisant des hypothèses retenues est à justifier. À défaut, il devra être retenu un relâchement d'une quantité enveloppe des substances radioactives contenues dans le colis qui sont sous une forme disséminable (gaz, poudre...) à la suite de la situation accidentelle.

Par ailleurs, le gestionnaire doit cumuler les quantités de substances radioactives en cas de dommage simultané à plusieurs colis.

- Colis de « type B » :

Pour des événements de sévérité supérieure aux épreuves représentatives des situations incidentelles et inférieure à celle des situations accidentelles, les dégradations de l'enceinte de confinement sont, par conception, de telles sorte que le rejet de substances radioactives est limité à 1A2/semaine. Le gestionnaire devra alors évaluer la durée du rejet au regard de la détection et de la mitigation de l'évènement considéré pour déterminer la quantité de substances radioactives rejetée dans l'environnement (terme-source) à prendre en compte dans son évaluation des conséquences radiologiques.

Pour des événements plus sévères que les épreuves représentatives des situations accidentelles, le niveau de défaillance de l'enceinte de confinement est un paramètre sensible qu'il revient au gestionnaire d'infrastructure d'évaluer. Le gestionnaire doit donc estimer la taille de la brèche de l'enveloppe de confinement, puis évaluer la quantité de substances radioactives relâchées. Si le gestionnaire utilise des données disponibles dans la littérature scientifique (coefficients de mise en suspension des matières radioactives notamment), il devra s'assurer qu'elles sont représentatives de la situation considérée ; en tout état de cause, le caractère raisonnablement pénalisant des hypothèses retenues est justifié. À défaut, il devra être retenu un relâchement d'une quantité enveloppe des substances radioactives contenues dans ce colis, qui sont sous une forme disséminable à la suite de la situation accidentelle (gaz, poudre...).

Par ailleurs, le gestionnaire doit cumuler les quantités de substances radioactives en cas de dommage simultané à plusieurs colis.

3.2 Dégradations des écrans de protection contre les rayonnements

L'amplitude des défaillances des écrans de protection contre les rayonnements ionisants dépend de la sévérité de l'agression du colis.

- Colis de « type A », colis industriels et colis d'hexafluorure d'uranium

Pour des événements de sévérité supérieure à celle des situations incidentelles, l'écran de protection radiologique des colis de type A ou industriels peut être affecté. L'efficacité résiduelle de l'écran doit être estimée par le gestionnaire de l'infrastructure².

Si, pour simplifier son évaluation, le gestionnaire ne souhaite pas déterminer l'efficacité résiduelle de l'écran, il peut majorer les conséquences en utilisant les données correspondant aux événements de sévérité comparable à celles des situations accidentelles dites sévères. Les colis de type A ou industriels sont alors supposés ruinés avec mise à nu des substances radioactives contenues. Dans ces conditions, le débit d'équivalent de dose maximal autour du colis est inférieur à 100 mSv/h et 10 mSv/h respectivement à 1 mètre d'un colis de type A et à 3 mètres d'un colis industriel. Pour une extrapolation à d'autres distances, une formule de correction proportionnelle à l'inverse de la distance (en $1/d$), ou l'inverse du carré de la distance à la substance radioactive (en $1/d^2$) selon le cas, peut être utilisée pour les rayonnements électromagnétiques (rayonnement gamma notamment). Pour utiliser l'inverse de la distance (en $1/d$), la source doit être grande comparée à la distance d'exposition. Pour utiliser l'inverse du carré de la distance (en $1/d^2$), la source doit être suffisamment petite pour être considérée comme ponctuelle. Par ailleurs, ces valeurs sont à cumuler en cas de dommage simultané à plusieurs colis.

- Colis de « type B »

Pour des événements de sévérité supérieure à celle des situations incidentelles et inférieure à celle des situations accidentelles, les dégradations des écrans de protection contre les rayonnements sont limitées, par conception, de sorte que le débit d'équivalent de dose maximal reste inférieur à 10 mSv/h à 1 mètre du colis.

Pour les colis de type B soumis à des conditions plus sévères que les épreuves réglementaires définies pour simuler les accidents, le niveau de défaillance des écrans de protection est un paramètre sensible qu'il revient au gestionnaire d'infrastructure d'évaluer. Le gestionnaire doit donc, à défaut de supposer la perte totale de l'écran, estimer la réduction d'efficacité consécutive à l'accident, en fonction de la sévérité du scénario enveloppe qu'il aura défini pour son infrastructure, afin de déterminer le débit d'équivalent de dose autour du colis. L'efficacité résiduelle de l'écran doit être estimée par le gestionnaire de l'infrastructure².

3.3 Perte de la configuration sous-critique

La « robustesse » de conception des colis chargés de matière fissile garantit le maintien de la configuration sous-critique pour des conditions d'agression de sévérité comparable aux épreuves réglementaires définies pour simuler les accidents. Si les conditions d'agression sont plus sévères, un accident de criticité ne peut pas être exclu.

La perte de la configuration sous-critique de colis chargés de matières fissiles peut survenir du fait :

- de déformations importantes des structures internes du colis,

² Des abaques, donnant les débits d'équivalent de dose en fonction de la distance pour différentes épaisseurs de protection radiologique, pourraient être insérés dans le guide pour les radionucléides potentiellement les plus concernés.

- de la pénétration d'eau ou d'une autre matière hydrogénée (carburants, polymères...) à l'intérieur du colis,
- de la dispersion d'une quantité significative de matière fissile à l'extérieur du ou des colis.

En cas d'accident de criticité, en l'absence de protection, la dose efficace individuelle de 50 mSv peut être atteinte sur un rayon de l'ordre de 400 mètres autour du lieu de l'accident.

4 Méthodes d'évaluation des conséquences radiologiques

Afin d'évaluer les conséquences radiologiques pour la population riveraine de l'infrastructure de transport concernée, il est nécessaire de définir les éléments ci-après.

4.1 Voies d'exposition

Les voies d'exposition à considérer sont les suivantes :

- l'exposition interne par inhalation dans le panache radioactif,
- l'exposition externe due au panache radioactif,
- l'exposition externe due au dépôt radioactif,
- l'exposition externe due au colis dont la protection radiologique est détériorée.

À noter que l'importance de chacune des voies d'exposition dépend des radionucléides considérés dans l'étude. Des voies d'exposition peuvent être écartées selon les scénarios retenus dans l'évaluation.

Les conséquences radiologiques sont évaluées pour un temps de présence (ou temps d'exposition) correspondant au temps nécessaire pour évacuer la population dans un périmètre déterminé.

Pour le temps nécessaire pour évacuer la population, il est proposé de retenir une durée minimale de 5 heures. Cette durée correspond au temps nécessaire pour procéder à l'évacuation des personnes menacées dans un rayon de 500 mètres en zone urbaine lors de la préparation du guide d'élaboration des plans ORSEC-TMR³. Toutefois, un délai plus important d'exposition devra être retenu par le gestionnaire de l'infrastructure de transport notamment si la densité de la population à évacuer de la zone environnant l'infrastructure de transport et la mobilité de cette population apparaissent incohérentes avec cette durée minimale d'évacuation.

4.2 Estimation de l'exposition externe due au colis

L'estimation de l'exposition externe due au colis nécessite d'évaluer successivement :

- les quantités de substances radioactives impliquées dans l'accident,
- la dégradation des écrans de protection du colis.

Les éléments à prendre en compte pour effectuer l'estimation de la dose efficace sont présentés au paragraphe précédent 3.2 relatif aux dégradations des écrans de protection contre les rayonnements.

4.3 Estimation de l'exposition due au rejet de substances radioactives

L'estimation des rejets par voie atmosphérique (terme-source) nécessite d'évaluer successivement :

- les quantités de substances radioactives impliquées dans l'accident,

³ Guide pratique pour l'élaboration et la mise en application du plan de secours spécialisés « transports de matières radioactives » annexé à la circulaire interministérielle du 6 novembre 2003

- leur mise en suspension dans le colis et le taux de transfert en dehors du colis,
- la durée et la hauteur des rejets.

L'estimation du terme source et la durée du rejet dépendent du type de colis et de la défaillance considérée. Les éléments à considérer pour effectuer cette estimation sont présentés dans le paragraphe précédent 3.1 relatif aux ruptures de confinement.

Il est proposé de considérer que le rejet de substances radioactives s'effectue au niveau du sol dans tous les cas, y compris en cas d'incendie, ce qui permet de couvrir de façon simplifiée et enveloppe les incertitudes associées aux phénomènes de rabattement du panache, notamment pour l'évaluation des conséquences radiologiques relatives à des distances proches de la zone de rejet.

a. Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques liées au site sont à définir dans la mesure où elles ont un impact sur la diffusion des rejets radioactifs dans l'atmosphère liés à l'accident. Celles-ci sont définies par plusieurs paramètres :

- la condition de diffusion : diffusion faible (qui conduit à une faible dispersion du panache) ou diffusion normale (qui conduit à une dispersion significative du panache),
- la vitesse du vent (m/s),
- la pluviométrie : hauteur de précipitations (mm/h), début et fin de la zone de pluie.

L'évaluation des conséquences radiologiques doit s'appuyer sur les conditions météorologiques locales (obtenues sur la base des données d'organismes de référence tels que Météo France). Ces conditions doivent être raisonnablement pénalisantes au regard des variations (conditions de diffusion, vitesse de vent, précipitations) observées sur le site. Pour déterminer les conditions météorologiques raisonnablement pénalisantes, plusieurs évaluations sont généralement à effectuer en combinant les paramètres mentionnés ci-dessus.

Les évaluations des conséquences radiologiques en situation accidentelle nécessitent de disposer d'un outil adapté d'évaluation de la dispersion atmosphérique (abaques, code de dispersion atmosphérique...). À cet égard, une attention particulière est à apporter par le gestionnaire au domaine de validité du modèle de calcul utilisé, notamment pour ce qui concerne les calculs à courtes distances (inférieures à 100 mètres) qui seraient nécessaires en raison de l'implantation de l'infrastructure de transport en zone urbaine (gare, port).

L'IRSN suggère d'intégrer dans le guide un exemple de sélection de conditions météorologiques afin de terminer celles raisonnablement pénalisantes.

b. Personnes exposées

Parmi toutes les personnes potentiellement exposées par un rejet de substances radioactives, il doit être recherché celles susceptibles d'être les plus exposées. Ces personnes sont définies comme étant les « personnes représentatives »⁴. Chaque personne représentative est définie par sa distance au point de rejet et par son âge.

Pour une infrastructure située en zone urbaine, la distance minimale à considérer peut correspondre aux limites de l'infrastructure, ce qui correspond au « champ proche » (courte, voire très courte distance).

Les différentes classes d'âge à considérer pour les personnes représentatives sont :

- l'enfant de moins de 1 an (nourrisson),

⁴ Définition issue de la directive 2013/59/Euratom du 5 décembre 2013 fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants

- l'enfant de 1 an à 2 ans,
- l'enfant de 3 ans à 7 ans,
- l'enfant de 8 ans à 12 ans,
- l'adolescent de 13 ans à 17 ans,
- l'adulte.

Pour l'exposition interne par inhalation, la publication 66 de la CIPR⁵ ou la publication 71 de la CIPR⁶ donnent les débits respiratoires associés à chaque classe d'âge.

L'IRSN suggère d'intégrer au guide un exemple de sélection de « personnes représentatives ».

Pour chaque groupe de personnes représentatives, les calculs sont à réaliser pour la classe d'âge la plus sensible afin d'estimer la dose efficace maximale. Cette approche est à retenir pour l'estimation du niveau de gravité des conséquences conformément à l'arrêté du 18 décembre 2009, c'est-à-dire, dans la déclinaison faite aux risques radiologiques, du nombre de personnes susceptibles de recevoir une dose efficace supérieure à la valeur de référence de 50 mSv.

En outre, ces calculs doivent être réalisés en considérant, de façon pénalisante, que les personnes représentatives exposées sont immobiles et ne bénéficient d'aucun moyen de protection, ni contre l'irradiation, ni contre l'inhalation (en particulier, aucune action de protection d'urgence n'est supposée mise en œuvre). Cette hypothèse est à privilégier en raison des difficultés à garantir l'efficacité de mesures de protection des personnes (mesures constructives notamment) avant leur évacuation. À défaut, le gestionnaire devra justifier les hypothèses de protection retenues des personnes représentatives.

c. Coefficients de dose

Pour évaluer la dose efficace reçue par les personnes représentatives, il est nécessaire d'utiliser des coefficients de dose pour l'exposition externe ou des doses efficaces engagées par unité d'incorporation (DPUI) pour l'exposition interne. Ces facteurs permettent (par une simple multiplication) de convertir l'activité en becquerels à laquelle sont exposées les personnes à la dose efficace.

La sélection des coefficients de dose et DPUI dépend des éléments définis précédemment (caractérisation du rejet, voies d'exposition, classe d'âge...). Les sources de données suivantes peuvent être retenues :

- le rapport *Federal Guidance n°12*⁷ pour les coefficients de dose retenus pour l'exposition externe (panache et dépôts) ;
- l'arrêté du 1^{er} septembre 2003⁸ pour les doses efficaces engagées par unité d'incorporation (DPUI) pour l'exposition interne (inhalation).

Pour les calculs de dose due à l'exposition externe, les coefficients de dose sont identiques pour les différentes classes d'âge.

⁵ ICRP publication 66, volume 24 n° 1-3 de 1994 : « Human respiratory tract - Model for radiological protection »

⁶ ICRP publication 71, volume 25 n° 3-4 de 1995: « age-dependent doses to members of the public from intake of radionuclides - part 4: inhalation dose coefficients ».

⁷ Federal guidance report n°12 - Environmental Protection Agency - EPA 402-R-93-081, September 1993: « External exposure to radionuclides in air, water and soil ».

⁸ 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.

Pour l'inhalation, le type d'absorption pulmonaire retenu est celui préconisé pour la forme chimique du (des) radionucléide(s) considéré(s) dans le terme-source⁸. En l'absence de préconisation, le type d'absorption pulmonaire conduisant à la dose par inhalation la plus élevée est à retenir.