



Berne, 8 décembre 2023

Analyses des défaillances dans les installations nucléaires et rayonnements ionisants à faibles doses

Rapport du Conseil fédéral
en réponse au postulat 18.4107 de la Commission de l'environnement, de l'aménagement du territoire et de l'énergie du Conseil des États du 13 novembre 2018

Sommaire

Résumé	3
1 Introduction	4
1.1 Situation actuelle	4
1.1.1 Contexte	4
1.1.2 Procédure devant le Tribunal administratif fédéral et le Tribunal fédéral	5
1.1.3 Genèse du postulat 18.4107 et objectifs du présent rapport.....	5
1.2 Le postulat 18.4107	6
1.2.1 Teneur du postulat.....	6
1.2.2 Proposition du Conseil fédéral.....	6
1.2.3 Examen par le conseil	6
2 Rapport d'analyse approfondie	6
2.1 Sélection des experts et de l'organisme chargé de l'analyse.....	6
2.2 Du cahier des charges au rapport d'analyse approfondie	7
2.3 Résumé du rapport d'analyse approfondie.....	8
2.3.1 Chapitre 3 «Informations complémentaires concernant la réponse de l'IRSN au-delà des questions 1 et 2»	9
2.3.2 Chapitre 4 «Raison d'être des critères associés aux situations d'exposition planifiées»	9
2.3.3 Chapitre 5 «Événements et critères de dose de rayonnement associés»	10
2.3.4 Chapitre 6 «Les effets des faibles doses».....	11
2.4 Évaluation des experts	11
2.4.1 Comparaison de la législation suisse avec les meilleures pratiques internationales	11
2.4.2 Comparaison du risque acceptable d'une centrale nucléaire avec celui d'autres sources de dissémination de la radioactivité	11
2.4.3 Discussions actuelles dans le domaine scientifique concernant les faibles doses de radiations ionisantes	12
2.4.4 Conclusions du rapport d'analyse approfondie élaboré par l'IRSN	12
3 Évaluation du Conseil fédéral	13
4 Annexes	13

Résumé

Les exploitants d'installations nucléaires doivent, dans le cadre de la prévention des défaillances, démontrer à l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN) que les valeurs de dose prescrites sont respectées en cas de défaillance. Par cette analyse des défaillances, ils prouvent que leur installation est suffisamment sûre. Le postulat 18.4107 CEATE-E «Valeurs limites de dose pour les installations nucléaires, le rayonnement radioactif et la radioprotection» a chargé le Conseil fédéral de soumettre l'analyse et les catégories de défaillances figurant dans l'ordonnance sur la radioprotection (ORaP) et dans l'ordonnance sur l'énergie nucléaire (OENu) à un contrôle approfondi par des experts indépendants du domaine de la radioprotection et du domaine médical.

L'Office fédéral de l'énergie (OFEN) a institué un groupe d'experts composé des présidents de la Commission fédérale de radioprotection (CPR) et de la Commission fédérale de sécurité nucléaire (CSN) ainsi que du responsable de la division de la radioprotection au Ministère de la Santé du Luxembourg. Ce groupe d'experts a fixé le cahier des tâches relatif à leur rapport d'analyse approfondie et choisi l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) comme organisme indépendant. Il s'agit de l'organisme français de recherche et d'expertise concernant les risques nucléaires et radiologiques. Il dispose de connaissances en analyse des défaillances dans les installations nucléaires et sur les effets, au niveau de la santé, de faibles doses de rayonnements. L'IRSN est par ailleurs indépendant vis-à-vis du législateur suisse.

Dans son rapport d'analyse approfondie, cet institut se penche sur le contexte et le champ d'application des dispositions suisses liées à l'analyse des défaillances. Il met en lumière les recommandations internationales concernant les différents critères de dose et leurs fonctions. Le rapport confirme que le système suisse d'analyse des défaillances correspond aux recommandations internationales. L'IRSN examine également les effets, sur la santé, de doses faibles de rayonnements et recense les constats les plus récents depuis la publication du rapport du Conseil fédéral élaboré en réponse au postulat 08.3475 Fehr «Rayonnement de faible intensité émis par les centrales nucléaires. Étude». Il soutient et consolide les conclusions dudit rapport du Conseil fédéral. Le rapport d'analyse approfondie de l'IRSN en déduit qu'il n'existe probablement pas de valeur seuil générale susceptible d'engendrer un cancer et que l'utilisation d'un modèle sans valeur seuil reste justifiée. Les limites de dose fixées dans l'ordonnance sur la radioprotection ainsi que les autres critères en matière de dose continuent de garantir que le risque pour la population est tolérable.

Dans son évaluation du rapport d'analyse approfondie de l'IRSN, le groupe d'experts parvient à la conclusion que celui-ci ne remet pas en question la législation suisse ni les valeurs de dose qui y sont prévues. Le Conseil fédéral conclut, quant à lui, que les prescriptions du Conseil des États, tant en matière d'indépendance des experts élaborant le rapport que concernant le contenu dudit rapport, ont été respectées. Il souligne globalement que les règles en vigueur dans la législation sur l'énergie nucléaire pour l'analyse des défaillances s'appuient sur un large consensus au niveau international et il n'est pas nécessaire de modifier davantage la législation.

1 Introduction

1.1 Situation actuelle

1.1.1 Contexte

Les exploitants d'installations nucléaires doivent, dans le cadre de la prévention des défaillances, prouver que leurs installations sont sûres, même en cas de défaillance. Ils doivent en particulier démontrer à l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN) que les valeurs de dose prescrites sont respectées dans un tel cas. Cette analyse des défaillances leur permet de prouver que leur installation est suffisamment protégée contre diverses défaillances possibles. Les exploitants doivent s'assurer que les valeurs des doses prescrites par la législation pour la population ne sont pas dépassées.

La Commission fédérale de sécurité nucléaire (CSN) a indiqué en 2012 que des clarifications étaient nécessaires au sujet des valeurs des doses prescrites à l'époque.¹ La pratique de l'IFSN étant alors incontestée et la sécurité juridique étant assurée malgré des dispositions à ce sujet rédigées de manière peu claire, le Conseil fédéral a dans un premier temps renoncé à modifier les bases légales.

En 2015, des riverains des centrales de Beznau 1 et 2 ainsi que des organisations environnementales ont exigé, dans une demande adressée à l'IFSN, qu'une valeur de dose nettement plus sévère que celle établie dans la pratique d'alors soit appliquée en cas de défaillance résultant d'un événement naturel. Cela aurait eu pour conséquence la mise à l'arrêt provisoire non seulement de Beznau 1 et 2, mais probablement aussi de toutes les autres centrales nucléaires.

L'IFSN a constaté, par décision du 27 février 2017, que la position des requérants ne correspondait ni à la pratique en vigueur des autorités de surveillance et d'autorisation, ni à l'intention initiale du Conseil fédéral en matière de réglementation. La procédure devant l'IFSN a toutefois mis en évidence la nécessité de modifier la législation, à savoir de remanier le libellé peu clair de l'art. 8 de l'ordonnance du 10 décembre 2004 sur l'énergie nucléaire (OENu; RS 732.11) concernant l'analyse déterministe des défaillances et de l'art. 44 OENu sur la mise hors service provisoire d'une centrale nucléaire, ainsi que de deux ordonnances du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC)² édictées sur cette base.

Début 2018, le Conseil fédéral a présenté une révision concernant les analyses des défaillances. Cette révision prévoyait de distinguer défaillances dues à la nature et défaillances d'origine technique. Les défaillances d'origine technique (par ex. défaillance du système) ont une probabilité d'occurrence discrète, c'est-à-dire unique et définie. La fréquence des événements naturels (séismes et inondations, par ex.) dépend, quant à elle, de la gravité de l'événement. Une règle spécifique a donc été créée; elle correspondait à la pratique de l'IFSN par rapport à l'analyse des défaillances dans les centrales nucléaires ainsi qu'à l'intention initiale du Conseil fédéral en matière de réglementation. Elle prévoit qu'il faut tenir compte des événements naturels survenant une fois tous les 1000 ans et de ceux survenant une fois tous les 10 000 ans. Une dose de 1, respectivement de 100 millisieverts (mSv) doit alors être démontrée.

Le projet a été fortement contesté durant la consultation publique, même s'il se calquait sur la pratique en vigueur jusque-là. Le Conseil fédéral a finalement mis en vigueur au 1^{er} février 2019 l'ordonnance

¹ Rapport de la CSN «Reaktorkatastrophe von Fukushima, Folgemassnahmen in der Schweiz» (KNS-AN-2435) (en allemand uniquement), mars 2012, p. 27.

² Ordonnance du DETEC du 16 avril 2008 sur la méthode et sur les standards de vérification des critères de la mise hors service provisoire d'une centrale nucléaire (RS 732.114.5); Ordonnance du DETEC du 17 juin 2009 sur les hypothèses de risque et sur l'évaluation de la protection contre les défaillances dans les installations nucléaires (RS 732.112.2).

Analyses des défaillances dans les installations nucléaires et rayonnements ionisants à faibles doses révisée sur l'énergie nucléaire comprenant les précisions apportées aux prescriptions liées aux analyses des défaillances.

1.1.2 Procédure devant le Tribunal administratif fédéral et le Tribunal fédéral

Les requérants ont déposé un recours auprès du Tribunal administratif fédéral contre la décision de l'IFSN du 27 février 2017. Ils y exigeaient l'annulation de la décision et la reconnaissance du fait que l'utilisation d'une valeur de dose de 100 mSv pour des défaillances dues à des événements naturels de fréquence supérieure à 10^{-4} fois par an est illicite. Par son arrêt du 22 janvier 2019 dans la procédure A-1969/2017, le Tribunal administratif fédéral a rejeté entièrement le recours des requérants, dans la mesure où il était recevable. Le Tribunal administratif fédéral a notamment confirmé le manque de clarté concernant la classification des séismes survenant tous les 10 000 ans et interprété le texte dans le sens que ce séisme devait être attribué à la catégorie de défaillance 3 (valeur de dose de 100 mSv). À l'aune des règles existant au niveau international, le Tribunal administratif fédéral a considéré que le niveau de sécurité était bon.

Les recourants ont ensuite déposé un recours en matière de droit public auprès du Tribunal fédéral contre l'arrêt du Tribunal administratif fédéral. Dans son arrêt du 25 mars 2021 relatif à la procédure 2C_206/2019, le Tribunal fédéral a entre autres procédé, lui aussi, à une interprétation des dispositions déterminantes de l'ordonnance. Il a confirmé l'attribution du séisme survenant tous les 10 000 ans à la catégorie de défaillance 3. Il a ainsi également confirmé la pratique de l'IFSN au sujet des valeurs de dose pour les séismes ainsi que les précisions apportées sur cette pratique dans la révision partielle contestée de l'ordonnance sur l'énergie nucléaire.

1.1.3 Genèse du postulat 18.4107 et objectifs du présent rapport

Durant la consultation portant sur la révision de l'ordonnance sur l'énergie nucléaire, le conseiller aux États Damian Müller a déposé le postulat 18.3175 «Valeurs limites de dose pour les centrales nucléaires». Le Conseil des États a décidé le 14 juin 2018 de transmettre le postulat à la Commission de l'environnement, de l'aménagement du territoire et de l'énergie du Conseil des États (CEATE-E) pour un examen préalable. Cette commission a alors procédé à des auditions avec des représentants des exploitants de centrales nucléaires et de l'IFSN ainsi que des experts de la protection de la population ou de la radioprotection et des spécialistes de l'Office fédéral de la justice.

La CEATE-E est arrivée à la conclusion qu'un rapport complet tel que celui demandé par l'auteur du postulat 18.3175 était pertinent. Elle estimait toutefois que la réflexion devait être élargie et qu'il convenait d'examiner les valeurs de dose retenues dans la révision de l'OENU et les valeurs figurant dans la législation et les stratégies de la Confédération dans le domaine de la radioprotection. À son avis, il fallait aussi établir des comparaisons avec les recommandations et valeurs limites en vigueur à l'échelon international ainsi qu'avec les conclusions scientifiques concernant les radiations ionisantes à faibles doses. Pour ce mandat au Conseil fédéral, la commission a déposé un nouveau postulat: 18.4107 Po. CEATE-E «Valeurs limites de dose pour les installations nucléaires, le rayonnement radioactif et la radioprotection». Elle a simultanément recommandé au Conseil des États de rejeter le postulat 18.3175. Lors des délibérations du 18 mars 2019, l'auteur du postulat 18.3175 l'a retiré au profit du postulat émis par la commission. Celui-ci a été accepté par le Conseil des États. Le rapporteur de la commission a notamment exprimé le souhait qu'une commission d'experts indépendante, dirigée par l'OFEN, soit chargée d'élaborer un rapport d'analyse approfondie. Il serait indispensable pour cela de faire aussi appel à des experts étrangers. L'OFEN a répondu à cette attente en demandant à l'Institut de Radioprotection et de Sécurité nucléaire (IRSN), organisme français, de rédiger un rapport d'analyse approfondie, lequel a ensuite été évalué par trois experts.

Analyses des défaillances dans les installations nucléaires et rayonnements ionisants à faibles doses

L'objectif du présent rapport en réponse au postulat 18.4107 est de résumer le rapport d'analyse approfondie fourni par l'IRSN ainsi que son évaluation par les experts, puis d'aborder les éventuelles modifications nécessaires dans la législation en vue d'une révision de l'ordonnance sur l'énergie nucléaire.

1.2 Le postulat 18.4107

1.2.1 Teneur du postulat

La CEATE-E a soumis au Conseil des États le postulat 18.4107 intitulé «Valeurs limites de dose pour les installations nucléaires, le rayonnement radioactif et la radioprotection» le 13 novembre 2018.

Texte déposé

Le Conseil fédéral est chargé de confier à des experts indépendants spécialisés dans les domaines de la radioprotection et de la médecine le mandat d'établir un rapport dans lequel ils analyseront de manière approfondie les conséquences pour la population des modifications prévues dans le cadre de la révision partielle du 10 janvier 2018 de l'ordonnance sur l'énergie nucléaire, de l'ordonnance du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC) sur la mise hors service d'une installation nucléaire et de l'ordonnance du DETEC sur les hypothèses de risque.

Il s'agira notamment de présenter le rapport entre les nouvelles valeurs limites proposées pour la mise hors service des installations et les valeurs figurant dans la législation, et les stratégies de la Confédération dans le domaine de la radioprotection ainsi que les mesures d'urgence qui y sont associées. Il faudra également établir des comparaisons avec les recommandations et valeurs limites en vigueur à l'échelon international ainsi qu'avec les conclusions scientifiques concernant les radiations ionisantes à faibles doses.

Le rapport devra aussi porter sur l'évolution de la pollution provoquée par les diverses sources de rayonnement radioactif. En outre, il devra montrer si les mesures de protection de la population contre le rayonnement radioactif sont proportionnées par rapport à l'utilité pour la société des technologies dans lesquelles la radioactivité entre en jeu.

Enfin, les stratégies en matière de radioprotection dont la Suisse s'est dotée seront comparées avec les recommandations, principes et normes en vigueur à l'échelon international.

1.2.2 Proposition du Conseil fédéral

Le 13 février 2019, le Conseil fédéral a proposé d'accepter le postulat.

1.2.3 Examen par le conseil

Le 18 mars 2019, le Conseil des États a adopté le postulat 18.4107.

2 Rapport d'analyse approfondie

2.1 Sélection des experts et de l'organisme chargé de l'analyse

Lors des délibérations au sein du Conseil des États sur le postulat, le rapporteur de la commission a exprimé le souhait qu'une commission d'experts indépendante, dirigée par l'OFEN, soit chargée d'établir un rapport d'analyse approfondie. L'OFEN, l'Office fédéral de la santé publique (OFSP), le président de la Commission fédérale de radioprotection (CPR) et celui de la Commission fédérale de sécurité nucléaire (CSN) ont alors convenu de la démarche suivante:

- Les présidents de la CPR et de la CSN siègent au comité chargé de répondre au postulat. Ils choisissent une troisième personne, qui siégera également au comité.

Analyses des défaillances dans les installations nucléaires et rayonnements ionisants à faibles doses

- Le comité définit le cahier des tâches que devra remplir le rapport d'analyse approfondie en se fondant sur les déclarations citées plus haut dans le projet de prise de position du Conseil fédéral sur le postulat. Le comité est seul responsable de la définition du cahier des tâches.
- Le comité détermine quel organisme (étranger) doit être mandaté pour réaliser le rapport d'analyse approfondie. Il veille à ce que cet organisme dispose de toutes les compétences requises pour le faire et soit aussi indépendant que possible. Le comité demande à cet institut d'établir une offre pour la réalisation du rapport d'analyse approfondie.
- Après réception de l'offre de l'organisme choisi, le comité informe l'OFEN pour convenir de la suite. Dès que toutes les questions ont été clarifiées, l'OFEN conclut le contrat avec l'organisme choisi en vue de l'élaboration du rapport d'analyse approfondie.
- Après (et éventuellement aussi pendant) l'élaboration du rapport d'analyse approfondie par l'organisme concerné, le comité vérifie la plausibilité dudit rapport puis rédige un texte d'accompagnement. Le comité remet ensuite à l'OFEN le rapport d'analyse approfondie ainsi que le texte d'accompagnement.
- Le rôle de l'OFEN consiste essentiellement, dans la réponse au postulat, à accompagner le comité (secrétariat).

Il a été possible de trouver le troisième membre du comité, c'est-à-dire le troisième expert, en 2019, en la personne du responsable de la division de la radioprotection au Ministère de la Santé du Luxembourg.

Les trois experts, l'OFEN et l'OFSP se sont rencontrés au printemps 2020 pour discuter d'un projet de cahier des charges et des organismes susceptibles d'élaborer le rapport d'analyse approfondie. Ils ont également convenu du calendrier, mais celui-ci a très vite été retardé en raison de la pandémie de COVID-19.

Durant l'été 2020, l'un des experts, ancien président de la CSN, s'est retiré du comité. Son poste a été repourvu par un membre de la CSN. Le groupe d'expert ainsi recomposé s'est finalement décidé pour l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN), organisme français, pour assumer ce mandat. Cet organisme dispose à la fois de connaissances en analyse des défaillances dans les installations nucléaires et sur les effets, au niveau de la santé, de faibles doses de rayonnements. Il est également indépendant vis-à-vis du législateur suisse. Jouissant d'une large expertise technique et scientifique et employant plus de 1800 personnes, il est l'organisation française de recherche et d'expertise sur les risques nucléaires et radiologiques.

Entre-temps, les trois experts ont mis au point le projet de cahier des charges relatif au rapport d'analyse approfondie. L'IRSN ayant accepté en 2021 d'assumer ce mandat, des échanges entre les experts et l'institut ont ensuite eu lieu pour régler les questions ouvertes.

2.2 Du cahier des charges au rapport d'analyse approfondie

En mars 2021, les experts ont défini, avec l'IRSN, le contenu sur lequel porterait l'invitation à formuler une offre («call for tender»), ainsi que le cahier des charges et les questions à clarifier, la procédure et les différentes étapes.

Les questions à clarifier étaient les suivantes:³

- 1) Comment la législation suisse en matière de radioprotection se compare-t-elle aux meilleures pratiques internationales?

³ Les questions déterminantes ont été formulées en anglais et se trouvent dans le document «Call for Tender», version 11.03.2021 (annexe 1 du rapport d'analyse approfondie).

Analyses des défaillances dans les installations nucléaires et rayonnements ionisants à faibles doses

- La stratégie générale de la Suisse en matière de radioprotection est comparée aux recommandations internationales (par ex. celles de la Commission internationale de protection radiologique [CIPR] , *EU-Basic Safety Standards*).
 - Les critères appliqués au niveau international concernant les doses (par ex. valeurs limites de dose, valeurs de référence, critères de protection numériques) sont présentés et leur application en Suisse est analysée de manière critique.
 - La distinction entre «évaluation des risques» (analyse des défaillances) et «gestion des risques» est expliquée et discutée.
 - La stratégie de gestion des risques dans au moins un pays de niveau économique comparable à la Suisse et comportant des centrales en fonction est présentée. Pour l'illustrer, une sélection de scénarios d'accidents touchant les installations en fonction, avec une fréquence d'occurrence par année située entre 10^{-3} et 10^{-6} , est présentée, avec les situations d'exposition d'urgence estimées qui en résultent. Une comparaison est effectuée avec la procédure en Suisse, en se concentrant sur les prescriptions concernant la prise de décision. La mise en œuvre du concept d'exposition potentielle doit également être abordée. La discussion doit se focaliser sur l'ordonnance sur la radioprotection (notamment l'art. 123 sur l'analyse des défaillances dans la conception des exploitations) et sa mise en œuvre pour les installations nucléaires dans l'ordonnance sur l'énergie nucléaire (notamment l'art. 8 sur les exigences pour la protection contre les défaillances).
- 2) Comment comparer les niveaux de risque acceptables d'une centrale nucléaire avec d'autres sources de dissémination de la radioactivité et d'irradiation externes?
- L'importance du risque, si possible exprimé sous la forme de dommages et de fréquence de survenance, doit être comparée avec diverses pratiques et situations d'exposition. Les «cellules chaudes» sises dans les instituts de recherche, l'industrie de manière générale, l'inhalation de radon ou les hôpitaux sont des exemples d'autres sources de radionucléides.
 - Le rapport compare aussi les doses possibles en cas d'accident nucléaire avec les doses reçues annuellement par la population, en prenant en compte les aspects somatiques et psychologiques.
- 3) Quelles sont les discussions actuelles dans les domaines de la science et de la recherche concernant les faibles doses de rayonnements ionisants?
- Un rapport détaillé présentant les effets de faibles doses de rayonnements sur les êtres humains et l'estimation du risque a été publié le 2 mars 2018 en réponse au postulat 08.3475 Fehr. La question posée dans le cadre de cet appel d'offres devait se limiter à des informations développées au cours des trois dernières années, soit depuis la publication du rapport élaboré en réponse au postulat Fehr, et se limiter également aux besoins en données ou à la recherche servant à réduire les incertitudes.

L'offre, ou proposition technique et financière («technical and financial proposal») définitive de l'IRSN était prête fin 2021. La première version du rapport d'analyse approfondie de l'IRSN était disponible en novembre 2022. L'IRSN a transmis son rapport définitif en mars 2023, après l'avoir mis au point avec les experts. Ceux-ci ont ensuite évalué ce rapport et soumis leurs conclusions à l'OFEN en juin 2023, sous la forme d'un rapport d'accompagnement.

2.3 Résumé du rapport d'analyse approfondie

Le rapport d'analyse approfondie se compose de six chapitres. Les chapitres 1 et 2 contiennent un bref résumé du contexte et du mandat, détaillés ci-avant. Les chapitres 3 à 6 sont résumés ci-dessous.

Analyses des défaillances dans les installations nucléaires et rayonnements ionisants à faibles doses

2.3.1 Chapitre 3 «Informations complémentaires concernant la réponse de l'IRSN au-delà des questions 1 et 2»

L'IRSN commence ce chapitre avec un aperçu des pratiques et prescriptions françaises concernant le risque accepté pour les centrales nucléaires. Les prescriptions françaises ne comprennent pas de critère lié à la dose radiologique justifiant une mise à l'arrêt, à la différence de la Suisse.

En France, le détenteur d'une autorisation d'exploitation de centrales nucléaires doit s'assurer que les risques soient maintenus à un niveau aussi faible que possible tout en étant économiquement acceptables. Concrètement, il faut, en cas de défaillance, que la dissémination de substances radioactives et ses conséquences sur l'être humain et l'environnement restent aussi faibles que raisonnablement possible. La fréquence estimée d'une fusion de combustible doit notamment être aussi faible que raisonnablement possible, et en tout état de cause, inférieure à 10^{-5} par an, en tenant compte de tous les types de défaillances (hors actes de malveillance). Enfin, les accidents ne doivent pas conduire à une contamination de larges étendues et à une pollution des milieux sur le long terme.

Le détenteur d'une autorisation d'exploitation doit apporter une «démonstration de sûreté» comprenant une évaluation des conséquences radiologiques. Dans ce cadre, les critères d'acceptation ne reposent pas sur des valeurs de dose prédéfinies mais sur les effets sur l'être humain et l'environnement suite à une défaillance, ces effets devant rester aussi minimes que raisonnablement possible. Les critères pertinents pour cet examen se réfèrent notamment à l'état des barrières entre matière radioactive et environnement. Si ces critères sont respectés dans les études portant sur les défaillances, alors les objectifs en termes radiologiques sont en principe atteints. Cependant, l'évaluation des conséquences radiologiques peut apporter d'utiles éléments d'évaluation pour atteindre les objectifs de la «démonstration de sûreté».

L'IRSN se penche aussi en détail, dans ce chapitre, sur le processus du quatrième réexamen périodique de sûreté de la série des réacteurs de 900 MWe français.

2.3.2 Chapitre 4 «Raison d'être des critères associés aux situations d'exposition planifiées»

Dans ce chapitre, le rapport d'analyse approfondie s'intéresse au contexte et au champ d'application de l'art. 123 de l'ordonnance du 26 avril 2017 sur la radioprotection (ORaP; RS 814.501) et de son équivalent dans l'ordonnance sur l'énergie nucléaire. Ces articles se réfèrent à des situations d'exposition planifiées d'installations autorisées au sens de la publication 103 de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR, ou *International Commission on Radiological Protection, ICRP*)⁴.

L'Agence internationale de l'énergie atomique et la Commission européenne⁵ définissent le seuil d'exemption de l'obligation de déclaration et de l'obligation d'obtenir une autorisation pour des activités ou pour une source en termes de conséquences réglementaires, du fait qu'en dessous d'un certain niveau de risque, il serait inefficace qu'une autorité exerce une surveillance. Le rapport donne un aperçu des différents critères de dose qui s'appliquent progressivement à une installation en situation d'exposition:

- Niveaux d'exemption et niveaux d'autorisation: ces valeurs fixent des seuils en dessous desquels une surveillance par une autorité n'est pas nécessaire et serait inefficace car le niveau de risque est faible. Les valeurs d'activité par radionucléide ont été définies avec un critère de dose de 10 μSv par année.

⁴ Les recommandations de la Commission internationale de radioprotection (CIPR) de 2007, publication CIPR 103, adoptée en mars 2007.

⁵ Commission of the European Communities, radiation protection 65, Principles and Methods for Establishing Concentrations and Quantities (Exemption values) Below which Reporting is not Required in the European Directive. 9/13

Analyses des défaillances dans les installations nucléaires et rayonnements ionisants à faibles doses

- Limites de dose: pour les personnes professionnellement exposées aux radiations, la valeur limite de dose est de 20 mSv par an pour un adulte. Concernant l'exposition de la population générale, la valeur limite de dose a été fixée plus basse, à 1 mSv par année.
- Contrainte de dose: les contraintes de dose sont des instruments d'optimisation des pratiques et devraient toujours être inférieures à la limite de dose concernée. En règle générale, les autorités fixent les contraintes de dose pour la population et l'employeur détermine les contraintes de dose pour les personnes professionnellement exposées aux radiations.
- Contraintes de risque: les contraintes de risque sont utilisées en lien avec une exposition potentielle. Elles découlent de la probabilité d'une défaillance causant une dose et de la probabilité d'une atteinte à la santé (détriment) en raison de cette dose. La CIPR recommande une contrainte de risque générale de 10^{-5} par an pour la population en général.

2.3.3 Chapitre 5 «Événements et critères de dose de rayonnement associés»

L'IRSN ouvre le chapitre 5 par une remarque qu'il considère importante: le rapport entre la fréquence estimée des défaillances et les critères de dose de rayonnement pouvant y être associés ne représente qu'une partie de l'approche globale de la sûreté. La sûreté est le résultat d'un ensemble de mesures techniques et organisationnelles prises à tous les stades de la vie d'une installation. Ces mesures sont prises pour qu'une installation présente des risques suffisamment faibles pour être considérés comme acceptables pour le personnel, le grand public et l'environnement. La garantie de la sûreté repose notamment sur des principes fondamentaux tels que la défense en profondeur (defence-in-depth), l'exécution des fonctions de sécurité et l'efficacité du nombre pertinent de barrières.

L'IRSN tient compte de cette réserve pour comparer la réglementation suisse qui figure dans la législation sur la radioprotection et sur l'énergie nucléaire avec les prescriptions internationales et avec les dispositions nationales allemandes, belges, canadiennes, finlandaises, hollandaises, suédoises, celles du Royaume-Uni et celles des États-Unis. Le rapport d'analyse approfondie parvient à la conclusion que lier les valeurs de dose pour le public à différents états de l'installation, avec la volonté d'être cohérent dans le regroupement des accidents, correspond à une pratique courante au niveau international. La manière dont ces valeurs de doses sont prises en compte peut toutefois varier.

Les valeurs numériques varient elles aussi d'un pays à l'autre. L'IRSN constate que la valeur de dose suisse de 1 mSv pour l'événement survenant tous les 1000 ans est parmi les plus basses de celles des pays considérés, alors que la valeur de 100 mSv pour l'événement survenant tous les 10 000 ans se situe parmi les valeurs de dose les plus élevées prises en compte.⁶ Parallèlement, l'IRSN indique que la valeur de 100 mSv se réfère à une dose intégrée sur une durée d'une année, alors que les pays connaissant des valeurs plus basses prennent en considération des durées souvent plus courtes, ce qui complique la comparaison.

Le rapport s'intéresse ensuite à la méthode de calcul de la dose, car celle-ci a une grande influence sur les valeurs de dose.⁷

La Suisse est le seul pays à appliquer strictement les critères de dose, dont le non-respect pourrait entraîner la fermeture temporaire de l'installation. Les intervalles de fréquence utilisés dans la réglementation suisse sont conformes à ceux recommandés par les organisations internationales et à ceux utilisés dans d'autres pays. Les valeurs de dose qui peuvent être dérivées des intervalles sont conformes aux recommandations de la CIPR énoncées concernant les expositions potentielles (voir contraintes de risque).

⁶ Avec jusqu'à 250 mSv en dose efficace pour certains événements, les États-Unis ont la valeur de dose la plus élevée autorisée dans la comparaison faite par l'IRSN.

⁷ En Suisse, la dose est calculée, pour toutes les installations nucléaires, conformément à la directive IFSN-G14.

Analyses des défaillances dans les installations nucléaires et rayonnements ionisants à faibles doses

Pour les installations utilisées en médecine, dans l'industrie ou dans la recherche et qui ne sont pas des installations nucléaires, les conséquences radiologiques dépassent rarement 1 mSv suite à une défaillance grave. Même si l'art. 123 ORaP est en principe aussi applicable à de telles installations, le calcul de la probabilité de situations anormales susceptibles de se produire n'est pas vraiment un problème.

2.3.4 Chapitre 6 «Les effets des faibles doses»

Dans ce chapitre, l'IRSN examine d'abord le rapport du Conseil fédéral élaboré en réponse au postulat 08.3475 Fehr Hans-Jürg «Rayonnement de faible intensité émis par les centrales nucléaires. Étude». Il souligne que la revue réalisée dans ce rapport est de bonne qualité, non-exhaustive mais complète et équilibrée.

L'IRSN fournit ensuite une synthèse de la littérature scientifique parue de 2018 à 2022 concernant les effets sur la santé d'une exposition à des rayonnements ionisants à faibles doses. Le rapport d'analyse approfondie renvoie aussi à diverses études épidémiologiques en cours susceptibles de livrer, ces prochaines années, de nouveaux résultats sur les risques liés aux faibles doses.

La synthèse comprise dans le rapport d'analyse approfondie conforte et consolide les conclusions du rapport du Conseil fédéral élaboré en réponse au postulat 08.3475. Les résultats obtenus durant les dernières années ont amélioré les connaissances scientifiques sur les effets des faibles doses de rayonnements. Ils montrent un risque accru de cancer à des niveaux de dose de l'ordre ou inférieurs à 100 mGy, au moins pour l'ensemble des cancers et également pour certains types de cancers.

L'IRSN conclut qu'il n'existe probablement pas de seuil général déclenchant le cancer et que l'utilisation d'un modèle sans seuil reste justifiée.

Pour les pathologies non cancéreuses («non-cancer diseases») également, les incertitudes restent très importantes et l'hétérogénéité des résultats limite la capacité de caractérisation des risques aux faibles doses.

Enfin, les recherches menées actuellement dans différents domaines devraient permettre d'améliorer la détermination des risques aux faibles doses.

2.4 Évaluation des experts

2.4.1 Comparaison de la législation suisse avec les meilleures pratiques internationales

Les experts ont vérifié la plausibilité du rapport d'analyse approfondie et résument ses points principaux dans leur rapport d'accompagnement. Ils indiquent que la valeur limite de dose ne doit pas être évaluée seule, mais en tenant compte de la prudence sous-jacente. La réglementation suisse doit selon eux être considérée comme prudente et est parfaitement en accord, de par son approche normative qui lie les valeurs de doses à des critères de mise à l'arrêt, avec les meilleures pratiques internationales pour la sûreté des installations nucléaires.

2.4.2 Comparaison du risque acceptable d'une centrale nucléaire avec celui d'autres sources de dissémination de la radioactivité

Les experts considèrent que l'approche suisse consistant à appliquer les mêmes critères quel que soit le type d'installation est tout à fait unique. Les pratiques internationales utilisent plutôt les évaluations probabilistes exclusivement pour les centrales nucléaires et, dans certains cas, pour d'autres installa-

Analyses des défaillances dans les installations nucléaires et rayonnements ionisants à faibles doses

tions du cycle du combustible nucléaire. Pour les installations de plus petite taille émettant des radiations ionisantes, des approches déterministes sont appliquées.

Les experts constatent que le rapport d'analyse approfondie ne comprend aucune comparaison concernant l'exposition au radon ni concernant les expositions d'ordre médical. Selon eux, le radon et la médecine causent tous deux, en Europe, une exposition annuelle moyenne de l'ordre de 1 à 3 mSv par personne, cette exposition s'accumule au cours d'une vie humaine pour atteindre plusieurs dizaines, voire dans des cas qui ne sont pas rares, plusieurs centaines de mSv. Selon les experts, il est toutefois important de noter la différence entre les expositions «réelles» et une exposition potentielle pouvant se produire avec une certaine probabilité et calculée à l'aide d'hypothèses plutôt prudentes. Il n'est donc pas pertinent à leurs yeux de déduire un risque pour une personne vivant à proximité d'une installation nucléaire sur la base d'un critère de dose juridiquement contraignant devant être déterminé dans le cadre d'une analyse des défaillances. S'y ajoute une dimension émotionnelle, les gens percevant les risques liés aux installations nucléaires comme étant très élevés alors que d'autres situations d'exposition, notamment médicale ou au radon, sont considérées comme présentant peu de risques.

2.4.3 Discussions actuelles dans le domaine scientifique concernant les faibles doses de radiations ionisantes

Les experts constatent que la question des faibles doses de radiations ionisantes traitée par l'IRSN est toujours d'actualité. Le chapitre 6 du rapport d'analyse approfondie fournit pour eux un excellent résumé des derniers chiffres épidémiologiques publiés depuis 2018 dans la littérature internationale sur les risques pour la santé liés aux faibles doses, comme les études sur les survivants d'Hiroshima et de Nagasaki, sur les patients soumis à l'imagerie médicale, sur les travailleurs exposés aux rayonnements ionisants, sur les expositions environnementales, ainsi que les synthèses et méta-analyses les plus récentes.

Ils indiquent que le niveau de dose de l'ordre ou inférieur à 100 mSv entraîne un risque accru de cancer et que ce niveau de dose correspond typiquement à ce qu'une personne vivant en Suisse reçoit en moyenne sur une période d'environ 20 ans. Ils ajoutent que plusieurs organisations internationales concluent qu'il existe de plus en plus de preuves des effets cancérogènes des rayonnements ionisants à faible dose. Pour les experts, les principales conclusions de l'IRSN sont donc que le rapport en réponse au postulat 08.3475 reste tout à fait pertinent. Elles viennent renforcer le contenu dudit rapport étant donné que les études épidémiologiques les plus récentes soutiennent la pertinence du modèle linéaire sans seuil comme base de la radioprotection.

2.4.4 Conclusions du rapport d'analyse approfondie élaboré par l'IRSN

Les experts en concluent que la législation suisse est conforme aux recommandations internationales et au cadre juridique des pays présentant un niveau de développement comparable. Ils constatent que l'IRSN ne fait explicitement aucune comparaison car les approches diffèrent d'un pays à l'autre.

D'après eux, en comparant malgré tout, dans les analyses des défaillances, la valeur de dose de 100 mSv, on constate que cette valeur est certes l'une des plus élevées, mais que cette situation est contrebalancée par le scénario très prudent d'un enfant vivant à proximité de la centrale et mangeant des aliments locaux. Ils font par ailleurs remarquer que l'application de valeurs de dose comme critère de mise à l'arrêt est un cas unique.

Ils estiment que les conclusions du rapport en réponse au postulat 08.3475 restent valables. Le modèle linéaire sans seuil, qui sert de base prudente à la radioprotection suisse, garantit selon les experts, avec les valeurs de dose et les limites de dose prévues par la loi, un risque tolérable pour la population.

Analyses des défaillances dans les installations nucléaires et rayonnements ionisants à faibles doses

Enfin, ils considèrent que le rapport d'analyse approfondie ne remet pas en cause la législation suisse et les valeurs de dose qui lui sont associées, et ils sont d'accord avec cette conclusion de l'IRSN.

3 Évaluation du Conseil fédéral

La CEATE-E a formulé, à l'attention du Conseil fédéral, le souhait qu'une commission d'experts indépendante, sous la direction de l'OFEN, soit chargée d'établir le rapport. Le Conseil fédéral y a entièrement répondu. L'OFEN, qui s'est vu confier la gestion de ce projet, a tout d'abord désigné un comité formé de trois experts indépendants qui, de manière autonome et sans intervention des autorités fédérales sur le contenu, a élaboré le cahier des charges relatif au rapport d'analyse approfondie à obtenir. Le comité a fait de même pour choisir l'institution chargée de l'analyse approfondie. L'IRSN, en tant qu'institution étrangère, n'est pas impliquée dans le processus législatif suisse et jouit donc de l'indépendance requise par ce mandat.

Le Conseil fédéral considère que les exigences quant au contenu formulées dans le postulat 18.4107, en particulier celles de présenter les conditions imposées par les règles suisses et de les comparer aux recommandations internationales, ont été entièrement remplies. Le rapport d'analyse approfondie et l'évaluation des experts se penchent de manière convaincante sur les règles en vigueur et leur contexte.

Sur la base du rapport d'analyse approfondie et du rapport d'accompagnement, le Conseil fédéral constate que ceux-ci confirment sa décision concernant la révision partielle de l'ordonnance sur l'énergie nucléaire. Les règles en vigueur dans la législation sur l'énergie nucléaire pour l'analyse des défaillances s'appuient sur un large consensus au niveau international et il n'est pas nécessaire de modifier davantage la législation.

Enfin, le Conseil fédéral prend connaissance des derniers développements dans le monde scientifique au sujet des faibles doses de radiations. Il prend note, en particulier, du fait que les études épidémiologiques les plus récentes confortent l'utilisation du modèle linéaire sans seuil comme base du système actuel de radioprotection en Suisse. Les limites de dose fixées dans l'ordonnance sur la radioprotection ainsi que les autres critères en matière de dose continuent de garantir que le risque pour la population est tolérable. Il n'est donc pas nécessaire de réviser la législation.

4 Annexes

IRSN, Rapport «Valeurs limites de dose pour les installations nucléaires, les rayonnements radioactifs et la radioprotection» du 6 mars 2023

FRANÇOIS BOCHUD, DIDIER GAVILLET, PATRICK MAJERUS, Rapport« Postulat 18.4107 : Valeurs limites de dose pour les installations nucléaires, le rayonnement radioactif et la radioprotection – Rapport d'accompagnement»