

Données instrumentales :

A partir des enregistrements des séismes récents, il est possible de définir l'épicentre, la profondeur, et la magnitude locale d'un séisme. Ces caractéristiques constituent les données instrumentales.

Epicentre :

Point à la surface du sol situé à la verticale du foyer d'un séisme: l'épicentre correspondant en général au point d'intensité maximale du séisme.

Foyer :

Point de l'intérieur de la terre considéré comme à l'origine de l'énergie dissipée par le séisme.

Intensité : Evaluation en un point donné de la surface du sol des effets d'un séisme, par référence à l'un des douze degrés d'une échelle descriptive, dérivée de celle que Mercalli a mise au point au début du siècle. Actuellement en France, on utilise la version de Medvedev-Sponheuer-Karnik (1964), dite échelle MSK.

Isoséiste :

Ligne séparant deux zones où l'intensité d'un même séisme diffère d'un degré.

Linéament :

Trait tectonique à l'échelle régionale mis en évidence, en particulier, sur les photographies par satellite.

Magnitude :

Mesure de l'amplitude des ondes enregistrées par un sismographe, dans des conditions précisées par Richter; la magnitude fournit une estimation de l'énergie dissipée au foyer sous forme d'ondes sismiques. Parmi les différentes définitions de la magnitude, la présente règle fondamentale de sûreté utilise la magnitude locale.

I.2. Principes généraux de conception et d'installation

RÈGLE N° I.2 (Révision 1)

(19 juin 1984)

Tome I : Conception générale et principes généraux applicables à l'ensemble de l'installation.

Chapitre 2 : Principes généraux de conception et d'installation.

OBJET : Objectifs de sûreté et bases de conception pour les centres de surface destinés au stockage à long terme de déchets radioactifs solides de période courte ou moyenne et de faible ou moyenne activité massique.

Domaine d'application : Centres de surface destinés au stockage à long terme de déchets radioactifs de période courte ou moyenne et de faible ou moyenne activité massique.

Révision n° 1 : Date et référence du texte précédent : S.I.N. n° A 5350-82 du 8 novembre 1982.

Introduction particulière

Comme suite à l'avis émis (réf. 1) par le Conseil supérieur de la sûreté nucléaire (*) le 19 avril 1983 sur le programme général de gestion des déchets radioactifs pro-

(*) Lire: Conseil supérieur de la sûreté et de l'information nucléaires (décret n° 87-137 du 2 mars 1987).

Mouvement du sol :

Mouvement d'un point de la surface du sol non perturbé, c'est-à-dire en l'absence de toute installation.

Néotectonique :

Partie de la tectonique qui étudie les déformations pliocènes et quaternaires.

Profondeur focale :

Distance entre le foyer d'un séisme et l'épicentre.

Séisme proche :

Séisme à une distance focale du site inférieure à 10 kilomètres. Par convention, ne sont pris en compte dans la RFS pour cette définition que les séismes de la magnitude de l'ordre de 5 ou inférieure.

Spectres de réponse de résonateurs :

Courbe correspondant à l'amplitude maximale, en fonction de la fréquence, de la réponse d'oscillateurs simples pour un amortissement donné, lorsqu'ils sont sollicités par le mouvement du sol.

Tectonique :

Partie de la géologie qui étudie les déformations des terrains et analyse la géométrie des roches.

posé par le Commissariat à l'énergie atomique au ministre de l'industrie et de la recherche, la présente règle fondamentale de sûreté a été complétée et révisée, notamment dans un souci d'explicitation des objectifs de sûreté et des bases de conception des centres de surface.

Un titre 6 commentant, lorsque cela est apparu nécessaire, les dispositions de la règle a, en particulier, été rédigé.

1. Objet de la règle

La présente règle a pour objet de définir les objectifs de sûreté et les bases de conception pour les centres de surface destinés au stockage à long terme de colis de déchets radioactifs de période courte ou moyenne et de faible ou moyenne activité massique.

Elle ne préjuge pas les éventuelles dispositions complémentaires particulières de sûreté qui seraient prises pour tenir compte des caractéristiques de chaque site, ni les prescriptions qui seraient imposées à l'exploitant à la suite de l'examen des rapports de sûreté correspondants.

Outre les dispositions de la présente règle, les déchets solides doivent être conformes aux prescriptions applicables aux installations dont ils proviennent et, notamment, pour les installations nucléaires de base, aux pres-

criptions contenues dans les décrets d'autorisation de création et à celles imposées par le ministre chargé de l'industrie. Les déchets solides doivent en outre avoir été contrôlés, traités et, en tant que de besoin, immobilisés dans une matrice d'enrobage, conformément à des « descriptifs de procédés » établis ou agréés par l'exploitant du centre de stockage.

Le groupe permanent d'experts placé auprès du chef du Service central de sûreté des installations nucléaires et chargé des installations nucléaires de base autres que les réacteurs nucléaires a été consulté sur la présente règle.

2. Définition

2.1. Déchets concernés

Les déchets radioactifs dits à période courte ou moyenne et de faible ou moyenne activité massique, concernés par la présente règle, sont des déchets dont l'activité résulte principalement de la présence de radioéléments émetteurs bêta ou gamma à période courte ou moyenne (¹²⁹), et dont la teneur en radioéléments à période longue est très faible.

Seuls les déchets solides, ou rendus tels, peuvent être acceptés dans un centre de surface.

Ces déchets doivent être conditionnés et immobilisés dans une matrice d'enrobage remplissant aussi complètement que possible le volume de l'enveloppe dans laquelle ils sont disposés, et contenir une quantité aussi faible que possible de liquide aqueux libre à l'exclusion de liquides organiques. De plus, il doit être vérifié que ce liquide n'est pas agressif vis-à-vis des colis de déchets avoisinants et des colis susceptibles de contenir un tel liquide et vis-à-vis des matériaux constitutifs de l'ouvrage de stockage.

Par exception, les déchets de très faible activité, en dessous de seuils définis par l'exploitant et acceptés par le Service central de sûreté des installations nucléaires (voir 4.2.4), peuvent être stockés en fûts sans être immobilisés dans une matrice d'enrobage.

2.2. Stockage à long terme

On distingue dans la mise en œuvre d'un centre de surface destiné au stockage à long terme de déchets radioactifs solides de faible ou moyenne activité massique et de période courte ou moyenne, trois phases successives :

- exploitation du centre : c'est la phase de constitution des ouvrages contenant les déchets, de leur remplissage et de mise en place de la couverture ;
- surveillance du centre : c'est, après l'exploitation du centre, une phase de décroissance radioactive des radioéléments à période courte et moyenne pendant laquelle est exercée une surveillance destinée, d'une part, à contrôler toute défaillance éventuelle des systèmes de confinement et à prévenir toute dissémination de radioéléments pouvant conduire à des effets nocifs pour les personnes et l'environnement, d'autre part, à assurer la protection de l'installation contre les risques d'intrusion ;
- banalisation du centre : après la phase de surveillance, la décroissance de la radioactivité, à un niveau suffisamment faible pour ne plus présenter de risques significatifs pour les personnes et l'environnement, permet une banalisation des terrains telle qu'ils puissent retrouver un usage normal.

2.3. Systèmes de confinement

Au sens le plus général, un système de confinement est constitué par un ensemble de moyens ou de dispositifs assurant, pour des périodes de durée appropriée, le confi-

(129) Inférieure à trente ans ou de l'ordre de trente ans pour tenir compte de césium 137 de période légèrement supérieure à trente ans.

nement de la radioactivité, c'est-à-dire interdisant ou limitant, à un niveau suffisamment faible pour que ses conséquences soient acceptables, le transfert des matières radioactives vers l'environnement.

Dans le cas des centres de surface destinés au stockage à long terme de déchets radioactifs de faible ou moyenne activité et de période courte ou moyenne, on distingue trois systèmes de confinement.

Le premier système de confinement est constitué par la forme physicochimique du déchet, le plus souvent enrobé ou immobilisé. L'enveloppe dans laquelle sont disposés les déchets peut participer au confinement.

Le deuxième système de confinement est constitué par l'ensemble des ouvrages dans lesquels sont déposés les déchets et leurs dispositifs annexes incluant les matériaux de couverture rapportés sur ces ouvrages en cours ou en fin d'exploitation.

Le troisième système de confinement est constitué par les matériaux naturels en place (sol ou roche) au sein desquels ont été réalisés les ouvrages où sont déposés les déchets.

3. Objectifs fondamentaux

Les options de sûreté définies par l'exploitant du stockage devront viser à atteindre les objectifs fondamentaux suivants.

3.1. Protection des personnes et de l'environnement

La protection immédiate et différée des personnes et de l'environnement constitue le premier objectif fondamental assigné à tout centre de stockage de déchets radioactifs.

La protection immédiate couvre la phase d'exploitation du centre.

La protection différée couvre les phases de surveillance et de banalisation du centre.

Elles doivent être assurées envers les risques liés à la dissémination de substances radioactives, pendant toute la durée nécessaire et dans toutes les situations considérées comme plausibles.

3.2. Limitation de la durée nécessaire de surveillance

La limitation de la durée nécessaire de surveillance constitue le deuxième objectif fondamental assigné à tout centre de stockage de déchets radioactifs.

La durée minimale nécessaire de surveillance est proposée par l'exploitant, notamment à partir des études précisées au 4.2 ci-après, mais la banalisation du centre devra de toute façon pouvoir intervenir au plus tard 300 ans après le début de la phase de surveillance.

4. Bases de conception liées à la sûreté

Les options de sûreté définies par l'exploitant du stockage devront tenir compte des bases de conception suivantes.

4.1. Sûreté intrinsèque

Le stockage sera conçu de façon à posséder une sûreté intrinsèque, basée sur la fiabilité des deux premiers systèmes de confinement qui devront être conçus pour empêcher le transfert des radioéléments vers l'environnement dans toutes les situations considérées comme plausibles, pendant les phases d'exploitation et de surveillance, et au moins pendant 300 ans. La liste de ces situations considérées comme plausibles, et des probabilités associées, prises en compte par l'exploitant, devra être dressée et justifiée.

Après la banalisation du centre, la nocivité résiduelle des radioéléments à période courte ou moyenne deviendra, par suite de la décroissance radioactive, négligeable. Les traces de radioéléments à période longue, notamment alpha, présentes dans les déchets n'auront pas, par contre, subi de décroissance importante.

La sûreté intrinsèque du stockage reposera alors, d'une part, sur la limitation initiale de l'activité en émetteurs à période longue des déchets stockés, d'autre part, sur la capacité de rétention du troisième système de confinement qui limitera l'entraînement des radioéléments résiduels vers l'extérieur du stockage à un niveau suffisamment faible pour ne pas présenter de risques significatifs pour les personnes et l'environnement.

4.2. Définition de la nature et de la quantité des radioéléments pouvant être stockés

La détermination de la nature et de la quantité des radioéléments pouvant être acceptés dans le centre de stockage à long terme se fera en étudiant, pour toute la durée nécessaire à partir du début de l'exploitation du centre et dans toutes les situations considérées comme plausibles, les voies possibles de transfert vers l'environnement de ces radioéléments, en fonction de leur forme physicochimique, de leur répartition dans les colis et du mode d'enrobage des déchets. Ces études devront démontrer que ces transferts éventuels conduiraient à des expositions aussi faibles que possible, et en tout cas inférieures à celles acceptées par la réglementation en vigueur, pour les personnes du public, en application du premier objectif fondamental de sûreté précité. Elles devront également démontrer que la décroissance radioactive pendant la période de surveillance permettra de se conformer au deuxième objectif fondamental de sûreté relatif à la banalisation du site de stockage.

Ces études devront prendre en compte la présence éventuelle, de radioéléments à période longue, notamment émetteurs alpha, dans les déchets et permettre de fixer les valeurs limites, moyennes et maximales, de l'activité massique des colis de déchets en radioéléments à période longue et la quantité totale admissible de ces radioéléments dans le stockage, en fonction de la nature, de la forme physico-chimique et du conditionnement des déchets concernés, ainsi que des modalités de construction et de remplissage des installations de stockage.

Sans préjudice du résultat de ces études, l'activité massique moyenne en émetteurs alpha de l'ensemble des colis de déchets contenus dans le stockage, calculée à l'issue de la phase de surveillance proposée par l'exploitant, ne devra pas dépasser 0,01 Ci alpha par tonne (370 MBq alpha par tonne). De plus, l'activité massique maximale en émetteurs alpha de chaque colis de déchets (en prenant toujours la valeur qui sera obtenue à l'issue de la phase de surveillance) devra rester en règle générale inférieure à 0,1 Ci par tonne (3,7 GBq alpha par tonne) sans pouvoir en aucun cas dépasser 0,5 Ci par tonne (18,5 GBq alpha par tonne).

L'acceptation des colis correspondants à la tranche comprise entre 0,1 et 0,5 Ci alpha par tonne aura un caractère exceptionnel et devra faire l'objet d'un agrément spécifique de la part de l'exploitant du centre de stockage (voir commentaire en 6.2).

Ces études devront également tenir compte, si nécessaire, de la présence éventuelle de substances chimiques toxiques non radioactives dans les déchets.

Les études à conduire sont en particulier les suivantes :

4.2.1. Transfert vers l'environnement par l'eau :

Le transfert vers l'environnement des substances radioactives peut se faire par les eaux souterraines et les drains qui recueillent les eaux de ruissellement ou d'infiltration pouvant provenir de pluies ou de crues.

Les études correspondantes devront s'appuyer sur une bonne connaissance de l'hydrogéologie du site de stockage.

Elles comporteront, en particulier, les points suivants :

- études géomécaniques concernant le site de stockage et l'évolution de la stabilité géologique et de la stabilité du stockage proprement dit dans le temps. Ces études devront comprendre l'examen des effets d'un éventuel séisme sur le réseau hydrographique (position des exutoires) ;
- études de comptabilité chimique entre les matériaux constitutifs des déchets conditionnés, du remplissage, des ouvrages, des revêtements et des milieux naturels ;
- détermination des taux de lixiviation des radioéléments et des formes physicochimiques des lixiviats, et de leur évolution dans le temps en fonction de la stabilité des matériaux constitutifs des différents types de déchets dans des conditions représentatives du site retenu pour le stockage ;
- évaluation des vitesses et des taux de transfert des radioéléments dans les revêtements et les milieux naturels, autant que possible à partir d'études *in situ* ;
- études de transfert de radioactivité par les chaînes biologiques (plantes, lait...), notamment des voies de transfert critiques à partir des données démographiques, hydrologiques et agricoles disponibles relatives à la région.

4.2.2. Transfert par l'air :

Le transfert vers l'environnement des substances radioactives peut se faire par la dispersion ou la mise en suspension de poussières à l'occasion notamment d'incidents lors des phases d'exploitation et de surveillance ou à l'occasion de chantiers après la banalisation du centre, même dans l'hypothèse où le site de stockage ne paraîtrait pas, actuellement, susceptible d'être le siège de tels chantiers.

On étudiera en particulier les conséquences de grands chantiers de travaux publics (autoroute par exemple) et de la réalisation d'un habitat sur le site du stockage.

4.2.3. L'ensemble de ces études relatives aux transferts par l'eau ou par l'air devra être conduit avec des hypothèses volontairement pessimistes. En particulier, on considèrera que, dès la fin de la phase de surveillance du centre, les premier et deuxième systèmes de confinement n'offrent plus de résistance à une intrusion humaine et ont perdu leurs qualités de confinement. On considèrera également que l'information sur l'existence du stockage n'est plus disponible dès la fin de la période de surveillance.

Ces études devront être tenues à jour en fonction d'éventuels nouveaux éléments d'information pendant les phases d'exploitation et de surveillance.

4.2.4. A partir des études précisées ci-avant, l'exploitant définira les seuils d'activité en divers radioéléments, émetteurs bêta-gamma, admissibles pour les déchets dont un stockage est envisagé sans enrobage. Il définira également le seuil admissible de teneur en émetteur alpha de ces déchets pour les radioéléments naturels. Les déchets ne contiendront pas d'éléments transuraniens (sauf à l'état de traces, en quantités très inférieures aux limites fixées pour les déchets enrobés).

4.3. Surveillance, entretien et interventions

La conception du centre devra permettre une surveillance fiable, suivie et efficace, pendant les phases d'exploitation et de surveillance, de l'absence de toute dissémination de substances radioactives, en particulier au moyen d'un contrôle des eaux de ruissellement, des eaux infiltrées et drainées et des eaux souterraines. Ce contrôle devra permettre la localisation de la partie du stockage éventuellement à l'origine d'une dissémination.

La conception et la réalisation des ouvrages de stockage et des dispositifs de contrôle devront permettre, pendant les phases d'exploitation et de surveillance, une intervention efficace, y compris une reprise des déchets, si nécessaire, dans l'hypothèse de la constatation d'une

éventuelle dissémination de substances radioactives. Cette base de conception ne devra pas être prise en compte par des moyens susceptibles de nuire à la qualité des systèmes de confinement.

Pendant les phases d'exploitation et de surveillance, l'intégrité et les caractéristiques des matériaux de couverture qui constituent une partie du deuxième système de confinement devront pouvoir être maintenues.

4.4. Protection du stockage contre l'érosion et les intrusions humaines

L'épaisseur des matériaux de couverture devra être suffisante pour protéger les déchets à l'égard de l'érosion ainsi que contre d'éventuelles intrusions humaines pendant la phase de surveillance.

Le site choisi pour l'implantation du stockage ainsi que les matériaux utilisés pour sa construction et son revêtement ne devront pas contenir de ressources naturelles présentant un intérêt.

4.5. Protection du stockage contre les risques dus à l'intrusion de l'eau

Le choix du site et la conception des zones de stockage devront permettre d'éviter que la nappe phréatique et les eaux des cours d'eau avoisinants, même à leurs niveaux les plus bas, ne puissent atteindre les déchets.

Les eaux de ruissellement devront être collectées par un réseau de caniveaux aisé à vérifier et à entretenir.

Les eaux d'infiltration éventuelles devront être recueillies et évacuées par un réseau de drains spécifiques vers des ouvrages étanches permettant de les contrôler.

L'écoulement des eaux dans les réseaux de caniveaux et de drains devra se faire par gravité suivant la pente générale du relief.

En outre, les revêtements et le radier des ouvrages devront assurer une bonne protection des stockages contre l'eau.

4.6. Protection contre les séismes et stabilité du stockage

Le stockage devra être situé dans une zone de sismicité faible et stable tectoniquement.

L'exploitant devra prévoir les dispositions pour garantir, en cas de séisme, la sûreté des différents équipements de l'installation. Il précisera et justifiera ces dispositions. En particulier l'intégrité globale des structures, y compris les systèmes de collecte et de contrôle des eaux, devra être maintenue.

La stabilité du stockage pendant la phase de surveillance devra également être assurée en tenant compte de la constitution des ouvrages eux-mêmes (compacité, stabilité des colis de déchets, risques de tassements différentiels), de l'influence des ouvrages sur le terrain et des risques de mouvements de terrain liés notamment à la présence éventuelle de vides ou de cavités en profondeur du site.

4.7. Qualité des déchets et des ouvrages

L'exploitant veillera à obtenir, d'une part, pour la conception et la construction des structures, systèmes et composants de l'installation importants pour la sûreté, et, d'autre part, pour l'exploitation de l'installation, une qualité appropriée. Un système efficace sera mis en place permettant que la qualité à rechercher soit définie puis obtenue, que ce résultat soit contrôlé et que les erreurs éventuelles soient rectifiées. Ce système comportera la mise en œuvre d'un ensemble contrôlé d'actions planifiées et systématiques, fondé sur des procédures écrites et archivées.

4.7.1. Conditionnement et suivi des déchets stockés.

Pendant l'exploitation, ne seront acceptés pour leur stockage à long terme que des déchets présentés ou conditionnés selon des procédés dont la conception, la qualification et la mise en œuvre respecteront les principes exposés ci-dessus. Des clauses adéquates, figurant dans les contrats conclus entre les responsables des installations, traitant et conditionnant les déchets, et l'exploitant du centre de stockage, devront permettre à ce dernier de veiller à la mise en place et au respect effectif des dispositions propres à garantir la qualité des colis de déchets reçus sur le centre.

Le producteur attestera la nature des déchets, leur forme physicochimique, leur teneur massique en radioéléments et la bonne distribution des radioéléments dans les colis.

En outre, des contrôles supplémentaires des déchets seront effectués par l'exploitant. Ces contrôles porteront, en particulier, sur les teneurs en radioéléments des déchets.

L'exploitant s'efforcera de répartir les déchets provenant d'origine diverses de façon qu'il n'y ait pas d'ensemble de colis de déchets constituant une partie significativement importante et d'un seul tenant du stockage qui soit susceptible de dépasser sensiblement la limite moyenne d'activité massique de 0,01 Ci/t alpha fixée par la présente règle.

Les déchets non enrobés devront être stockés dans une (ou des) partie(s) spécifique(s) du stockage et ne devront pas être mélangés avec des déchets enrobés.

De même, afin d'assurer la stabilité à long terme des ouvrages du stockage, l'exploitant s'efforcera de constituer des ouvrages aussi homogènes que possible du point de vue du comportement mécanique à long terme des colis de déchets contenus dans ces ouvrages.

L'exploitant devra transmettre au Service central de sûreté des installations nucléaires la liste des producteurs de déchets et de leurs installations, dont il envisage d'accepter les déchets sur le centre en justifiant le caractère *a priori* acceptable de ces déchets, au regard des seuils définis pour chaque radioélément pour le centre. Cette justification s'appuiera sur la nature de ces installations, indépendamment des proportions respectives des volumes des déchets, produits par ces installations, devant être stockés dans le centre. Cette information devra être transmise avant l'acceptation des déchets, pour ceux d'entre eux provenant des installations nucléaires de base et *a posteriori*, de façon périodique, pour des autres déchets radioactifs.

L'exploitant devra transmettre au Service central de sûreté des installations nucléaires le recueil des « descriptifs de procédés » dont il accepte la mise en œuvre pour le contrôle, le traitement et le conditionnement des déchets dont le stockage est prévu sur le centre de surface concerné.

L'exploitant devra tenir une comptabilité qui fera apparaître la nature et les quantités de déchets stockés et permettra de connaître, à chaque instant, les radioactivités correspondantes et la localisation géographique précise de chaque colis.

Les documents comptables correspondants devront être archivés de manière sûre, en deux exemplaires, dont l'un sera conservé sur le site pendant la durée de l'exploitation de stockage.

4.7.2. Conception et réalisation des ouvrages.

L'exploitant devra procéder à la surveillance et au contrôle de l'action des constructeurs et des fournisseurs lors de la conception et de la réalisation des différents ouvrages.

Les notes de calcul, plans d'exécution, programme et procès-verbaux ainsi que les décisions concernant soit les structures, systèmes et composants importants pour la sûreté, soit les procédures de gestion et de contrôle de

l'installation devront être archivés par l'exploitant durant toute la durée de la construction, de l'exploitation et de la surveillance du stockage.

5. Intitulé de la règle

Le rapport préliminaire de sûreté déposé à l'appui d'une demande d'autorisation de création d'un centre de surface destiné au stockage à long terme de déchets radioactifs solides de période courte ou moyenne et de faible ou moyenne activité massique devra justifier que les options de sûreté choisies par l'exploitant permettront d'atteindre les objectifs fondamentaux définis par la présente règle et tiennent compte des bases de conception liées à la sûreté décrites par la présente règle. En particulier, ce rapport devra décrire de façon détaillée les dispositions visant à assurer une sûreté intrinsèque du stockage pendant les phases d'exploitation et de surveillance et présenter l'état des études visant à déterminer la nature et la quantité des radioéléments pouvant être acceptés dans le centre de stockage. Ce rapport devra également présenter la liste des situations considérées comme plausibles, et des probabilités associées, prises en compte pour les voies possibles de transfert des radioéléments vers l'environnement (pendant la phase de surveillance).

Le rapport provisoire de sûreté déposé à l'appui de la demande de mise en exploitation d'un centre de surface destiné au stockage à long terme de déchets radioactifs solides de période courte ou moyenne et de faible ou moyenne activité massique devra achever la description des dispositions prises pour respecter les bases de conception liées à la sûreté, décrites dans la présente règle.

Le rapport définitif de sûreté complètera cette description par la prise en compte de l'expérience d'exploitation et des enseignements qui en ont été tirés, en particulier pour ce qui concerne la détermination de la nature et de la quantité des radioéléments pouvant être acceptés dans le centre de stockage.

Le Service central de sûreté des installations nucléaires définira les modalités d'application de la présente règle au centre de stockage de la Manche.

6. Commentaires

6.1. Objectifs fondamentaux de sûreté

6.1.1. Protection des personnes et de l'environnement.

L'objectif fondamental en la matière est d'assurer immédiatement, comme à plus long terme, la radioprotection des personnes et de l'environnement contre la dissémination des substances radioactives.

Toutes dispositions devront être prises pour que la réglementation en vigueur dans ce domaine soit respectée, étant entendu que les limites fixées par cette réglementation ne devront être considérées que comme un maximum en dessous duquel il y aura lieu de se tenir toujours aussi bas que possible.

6.1.2. Banalisation et voie de transfert vers l'environnement des radioéléments.

Pendant les périodes d'exploitation et de surveillance du centre est exercée une surveillance du centre destinée à contrôler toute défaillance éventuelle des systèmes de confinement et à prévenir toute dissémination de radioactivité pouvant conduire à des effets nocifs pour les personnes et l'environnement. Les transferts éventuels des radioéléments à l'environnement sont alors liés à des défaillances éventuelles des systèmes de confinement. La liste des situations pouvant conduire à de telles défaillances, et considérées comme plausibles, et des niveaux de probabilités associés doit être dressée et justifiée par l'exploitant (§ 4.1).

Après banalisation, ce terme étant interprété dans la règle comme signifiant que le terrain du centre de stockage peut être utilisé sans restrictions, il est plus difficile

d'évaluer les probabilités des activités de nos descendants qui pourraient conduire à des intrusions sur le site, et la règle (§ 4.2.3) se place dans un cadre volontairement pessimiste pour les scénarios à prendre en compte.

Par contre, la règle accepte que les paramètres intervenant dans ces scénarios soient estimés en projetant dans l'avenir les activités humaines telles que nous les connaissons aujourd'hui (par exemple le taux d'empoussièrement lors de la traversée du site par un chantier autoroutier ou de la mise en place d'un habitat sur le centre de stockage banalisé), cette démarche étant la seule raisonnablement faisable.

On notera que le concept de banalisation, tel qu'il est interprété dans la règle, correspond ainsi à un objectif de sûreté très strict puisqu'il exclut notamment la prise en compte de la capacité de nos descendants à tenir sous contrôle les anciens centres de stockage (par exemple avec des règles d'urbanisme) pendant de très longues durées ainsi que les évolutions technologiques qui pourraient permettre de remettre sous contrôle un centre de stockage banalisé, dès lors qu'il pourrait être nocif pour les populations. On pourrait également imaginer que toutes les opérations d'urbanisme seront dans l'avenir précédées de contrôles de la radioactivité ambiante, cela étant valable aussi bien pour les terrains naturellement radioactifs que pour un site de stockage banalisé.

Il convient, néanmoins, de remarquer que la nocivité potentielle des centres de stockage après banalisation est liée aux traces de radioéléments à période longue présents dans les déchets dont l'élimination par décroissance radioactive nécessite des millénaires. C'est ce qui justifie l'exigence de banalisation, étant entendu qu'il ne s'agit pas de la rendre obligatoire, mais de s'assurer qu'elle sera possible au terme de la phase de surveillance (§ 2a).

6.2. Limites de teneurs en émetteurs alpha

Comme indiqué en 4.2, les valeurs limites, moyenne et maximale, de l'activité massique des colis de déchets en radioéléments à période longue sont fixées à partir des études de transferts à l'environnement des radioéléments.

Sans préjudice du résultat de ces études, la règle indique (4.2) a priori les bornes de 0,01 Ci alpha par tonne, en moyenne, pour le stockage et de 0,1 Ci alpha par tonne maximum par colis en règle générale, tout en admettant que sur la base d'agrément au cas par cas puissent être acceptés des déchets d'activité massique alpha supérieure à cette valeur, mais toujours inférieure à 0,5 Ci par tonne. L'objectif ainsi visé est de couvrir la réalité des processus industriels de production de déchets susceptibles de contenir des émetteurs alpha et pour lesquels un stockage en surface est prévu. Ces processus doivent être conçus et exploités de telle façon que la très grande majorité des colis de déchets produits ne dépassent pas la teneur de 0,1 Ci alpha par tonne. Cependant, s'agissant de processus industriels, on ne peut exclure que cette teneur soit dépassée pour une petite proportion des colis produits. Ces colis pourront cependant être acceptés dans le cadre de la procédure à caractère exceptionnel précisée par la règle. Ces valeurs s'entendent à la banalisation (donc en tenant compte notamment de l'Am 241 obtenu par filiation du Pu 241).

Ces valeurs découlent de l'analyse des conséquences radiologiques de voies possibles de transfert vers l'environnement des radioéléments résiduels après la phase de surveillance.

L'étude de ces voies possibles montre que ce sont les transferts par la dispersion ou la mise en suspension (4.2.2) de poussières qui sont à prendre en compte pour la fixation des limites d'activité massique en émetteurs alpha.

Les transferts par l'eau (voir référence 4) sont, quant à eux, à prendre en compte pour la détermination de la quantité totale d'émetteurs alpha acceptable sur le site (capacité radiologique), tout au moins pour des centres d'importance analogue à celle du centre de la Manche (400 000 mètres cubes pour fixer les idées).

Parmi les divers scénarios possibles de transfert par l'air, ont été considérés comme volontairement pessimistes sans être irréalistes les deux scénarios suivants :

a) Traversée du site de stockage par un grand chantier routier ;

b) Réalisation d'un habitat sur le site de stockage, les personnes résidant dans cet habitat étant supposées y demeurer la durée de leur vie (soixante-dix ans), y compris comme enfants avec des périodes de jeux durant l'enfance.

On se reportera à l'étude de l'Institut de protection et de sûreté nucléaire (IPSN) citée en référence 4 pour obtenir pour ces scénarios une relation entre la teneur moyenne en émetteurs alpha des déchets et les doses reçues par les personnes considérées dans le scénario, suivant les diverses hypothèses prises en compte.

Des scénarios analogues ont également été étudiés par le groupe de travail sur les recherches et développements en matière de gestion des déchets radioactifs du Conseil supérieur de la sûreté nucléaire⁽¹³⁰⁾(référence 3).

Il faut souligner que les résultats obtenus dépendent de nombreux paramètres (taux d'empoussièrement, durée d'exposition, etc.) qui ne peuvent donner lieu qu'à des appréciations, et qu'il est donc toujours possible de choisir des jeux de valeurs pour l'ensemble des paramètres conduisant à des résultats plus ou moins sévères pour la limite alpha. Après examen, l'ensemble des hypothèses retenues a paru raisonnablement pessimiste.

Compte tenu de ces éléments, il est apparu que la valeur de 0,01 Ci alpha par tonne pour l'activité moyenne des colis de déchets après banalisation, était acceptable et conduirait, dans les scénarios envisagés à une exposition correspondant à une fraction des fluctuations de la radioactivité naturelle. Des scénarios analogues appliqués à certains terrains radioactifs naturels pourraient conduire à des expositions supérieures.

Les scénarios de transfert à l'environnement mettent en jeu de grandes masses de terrains contenant des déchets auxquels s'applique la valeur moyenne précitée.

Cette valeur moyenne pourrait être respectée avec des valeurs limites par colis très supérieures à la valeur moyenne pour les deux raisons suivantes :

- d'une part, une valeur limite étant fixée, la distribution des quantités d'activité alpha de chaque colis fait que la moyenne d'activité d'un grand nombre de colis dont l'activité individuelle est inférieure ou égale à cette valeur limite, est nécessairement notablement inférieure à la limite ;

- d'autre part, les centres de stockage contiendront, compte tenu de la nature des déchets produits en France, une large majorité de déchets très peu contaminés en émetteurs alpha (10⁻⁶ Ci par tonne, soit 37 k Bq/tonne pour fixer les idées pour les déchets provenant des réacteurs électronucléaires).

Cependant, au-delà d'un certain écart entre la valeur moyenne et la valeur limite les scénarios pris en compte pour la présente estimation ne seraient plus valables (il faudrait tenir compte des incidences d'accumulations ponctuelles d'émetteurs alpha).

Aussi est-il apparu raisonnable de limiter en règle générale à 10 fois l'activité moyenne la teneur limite par colis, soit 0,1 Ci alpha par tonne, en demandant, pour préserver la validité des scénarios considérés, que la constitution du stockage soit faite en répartissant les divers déchets de façon à ce qu'il n'y ait pas de parties significativement importantes du stockage qui soient susceptibles de dépasser sensiblement la limite moyenne de 0,01 Ci alpha par tonne (4.7.1) pour les déchets stockés.

Cela introduit sans doute une marge de sécurité supplémentaire, dont il n'a pas été tenu compte, dans la mesure où l'expérience en matière de production de déchets

(130) Lire : Conseil supérieur de la sûreté et de l'information nucléaires (décret n° 87-137 du 2 mars 1987).

indique que pour une même origine de déchets il y a le plus souvent un facteur 5 à 10 entre l'activité limite par colis et l'activité moyenne effective d'un grand nombre de colis.

Enfin, on notera que la valeur maximale de 0,1 Ci alpha par tonne, recommandée par la présente règle, est analogue à celle en vigueur aux Etats-Unis (référence 5).

6.3. Sûreté intrinsèque : le cas du tritium

Le paragraphe 4.1 prévoit que le stockage sera conçu de façon à posséder une sûreté intrinsèque basée sur la fiabilité des deux premiers systèmes de confinement qui devront être conçus pour empêcher le transfert des radioéléments à l'environnement.

Ce confinement est obtenu par la forme physico-chimique du déchet, éventuellement l'enveloppe dans laquelle sont disposés les déchets et l'ensemble des ouvrages et leurs dispositifs annexes dans lesquels sont déposés ces déchets.

Dans l'état actuel de la technique, l'obtention de ce résultat présente des difficultés particulières pour le tritium, pour lequel un excellent confinement est difficile à réaliser.

Bien entendu, cette particularité du comportement du tritium fait que, dans les installations nucléaires où cette substance est manipulée ou utilisée, les quantités de tritium se trouvant dans les déchets sont le plus souvent très faibles par rapport à celles rejetées dans les effluents radioactifs.

En tout état de cause, le stockage éventuel de colis de déchets contenant des quantités significatives de tritium devra faire l'objet d'une étude de sûreté particulière de la part de l'exploitant et devra recueillir l'accord préalable de l'administration.

6.4. Déchets non enrobés

Pour certains déchets de très faible activité (provenant pour l'essentiel d'hôpitaux ou d'activités industrielles autres que nucléaires) l'immobilisation dans une matrice d'enrobage peut ne pas être justifiée.

La présente règle demande que soient définis les seuils en deçà desquels l'absence d'enrobage peut être acceptable et que les déchets non enrobés soient stockés dans une ou des parties spécifiques du stockage, leur comportement à long terme, du point de vue de la stabilité dimensionnelle, pouvant différer de celui des déchets enrobés.

6.5. Critères de choix des sites

Les dispositions précisées en 3 et 4 ci-avant définissent un certain nombre de critères de sûreté applicables au choix des sites que l'on peut regrouper en :

a) Sismicité et stabilité tectonique et géotechnique :

Le site devra être situé dans une zone de sismicité faible et stable tectoniquement. La stabilité géotechnique devra également être assurée en tenant compte de l'influence des ouvrages sur le terrain et des risques de mouvements de terrain liés notamment à la présence éventuelle de vides ou de cavités en profondeur du site (4.6).

Par ailleurs, le paragraphe 4.4 précise que le stockage devra être convenablement protégé à l'égard du risque d'érosion.

b) Caractéristiques hydrogéologiques :

Le paragraphe 4.2.1 précise que les études de transferts éventuels vers l'environnement des radioéléments devront s'appuyer sur une bonne connaissance de l'hydrogéologie du site de stockage. Cela nécessite que cette hydrogéologie soit simple et modélisable et qu'ait été déterminée précisément la position des exutoires actuels ou potentiels.

En outre, les exutoires actuels (et potentiels) devront avoir une capacité de dilution radiologique suffisante.

Le paragraphe 4.5 précise que le choix du site et la conception des zones de stockage devront permettre que la nappe phréatique et les eaux des cours d'eau avoisnants, même à leurs niveaux les plus hauts, ne puissent pas atteindre les déchets.

Ces niveaux seront explicités dans le rapport préliminaire de sûreté déposé à l'appui de la demande d'autorisation de création du centre de stockage concerné.

Enfin, la sûreté intrinsèque (paragraphe 4.1) que doit posséder le stockage reposant pour partie, après banalisation, sur la capacité du site à retenir les radioéléments, il est nécessaire que les matériaux naturels en place au sein desquels sont réalisés les ouvrages possèdent un bon pouvoir de rétention des radioéléments et que, comme l'étude en est demandée en 4.2.1, ils soient chimiquement compatibles avec les matériaux constitutifs du stockage lui-même, y compris les déchets.

c) Ressources naturelles :

Le paragraphe 4.4 précise que le site choisi pour l'implantation du stockage ainsi que les matériaux utilisés pour sa construction et son revêtement ne devront pas contenir des ressources naturelles présentant un intérêt. Cela vise à réduire les risques d'intrusions humaines (et à ne pas porter atteinte à l'exploitation présente et future de ressources identifiées, ce dernier souci ne ressortissant pas de préoccupations de sûreté).

RÉFÉRENCES

1. Avis émis par le Conseil supérieur de la sûreté nucléaire (CSSN) ⁽¹³¹⁾, le 19 avril 1983, sur le programme général de gestion des déchets radioactifs proposé par le Commissariat à l'énergie atomique.
2. Décret n° 66-450 du 20 juin 1966 relatif aux principes généraux de protection contre les rayonnements ionisants (brochure n° 1420 du *Journal officiel*).
3. Rapport du 18 mars 1983 du groupe de travail du CSSN ⁽¹³¹⁾ sur les recherches et développements en matière de gestion des déchets radioactifs sur le programme général de gestion des déchets radioactifs proposé par le commissariat à l'énergie atomique (annexe III).
4. Etude CEA/IPSN intitulée : « Etude des conséquences radiologiques pouvant résulter du stockage en surface de déchets contenant des émetteurs alpha » (en cours de publication).
5. Publication N2 10 CFR 61 de la Nuclear Regulatory Commission (Etats-Unis).
6. Note CEA/IPSN intitulée « Fluctuation de la radioactivité naturelle en France ».

RÈGLE N° I.2.b

(18 mai 1992)

Tome I : Conception générale et principes généraux applicables à l'ensemble de l'installation.

Chapitre 2 : Principes généraux de conception et d'installation.

Identification de la règle dans le chapitre : b.

Domaine d'application : Ionisateurs constituant des installations nucléaires de base (réf. 1 et 2), utilisant le rayonnement gamma et comportant une piscine pour l'entreposage des sources ainsi qu'une cellule d'ionisation dans l'air.

(131) Lire : Conseil supérieur de la sûreté et de l'information nucléaire (décret n° 87-137 du 2 mars 1987).

1. Objet de la règle

La présente règle a pour objet de définir les objectifs de sûreté et les bases de conception pour les ionisateurs utilisant le rayonnement gamma et comportant notamment une piscine pour l'entreposage des sources, une cellule d'ionisation dans l'air et un système de montée et de descente des sources.

Elle ne préjuge pas des dispositions complémentaires de sûreté qui découlent de l'application des autres règles fondamentales de sûreté relatives aux laboratoires et usines ni des prescriptions qui pourront être imposées à l'exploitant à la suite de l'examen des rapports de sûreté.

2. Objectifs fondamentaux

Les dispositions de sûreté retenues par l'exploitant de l'ionisateur viseront à atteindre les objectifs fondamentaux suivants.

2.1. Protection des travailleurs

L'exposition des travailleurs et le nombre de travailleurs exposés aux rayonnements ionisants doivent être maintenus à des niveaux aussi bas qu'il est raisonnablement possible; l'exposition doit être, dans tous les cas du fonctionnement normal, inférieure aux limites réglementaires (réf. 3).

2.2. Protection des personnes du public et de l'environnement

La protection des personnes du public et de l'environnement sera assurée dans toutes les situations considérées comme plausibles. Les dispositions adoptées conduiront à des expositions aux rayonnements ionisants aussi faibles que raisonnablement possible et inférieures, en fonctionnement normal, aux limites définies par la réglementation en vigueur (réf. 4).

3. Options de sûreté

3.1. Prévention du risque d'irradiation

La prévention de ce risque reposera sur des protections biologiques correctement dimensionnées, sur le contrôle de la position des sources et le contrôle des accès.

Les protections biologiques seront conçues pour l'activité maximale des sources utilisées et pour les radionucléides prévus dans l'installation.

Toutes dispositions doivent être prises pour éviter l'intrusion accidentelle dans la casemate.

Dans les situations accidentelles considérées comme plausibles, les protections biologiques conserveront une efficacité suffisante pour que les conséquences restent acceptables pour les personnes et l'environnement.

3.1.1. Conception de la cellule d'ionisation.

La conception de la cellule d'ionisation satisfera aux principes généraux ci-dessus pour toutes les positions des porte-sources. Les points singuliers :

- passages de câbles, gaines (climatisation, ventilation, etc...) ou canalisations ;
- voies d'accès du personnel ;
- voies d'entrée et de sortie des produits à traiter ;
- voies d'accès des conteneurs de sources radioactives, de matériels divers,

seront conçus et réalisés de telle sorte qu'ils ne constituent aucune discontinuité ou affaiblissement significatif de la protection biologique.

La cellule d'ionisation sera dimensionnée pour résister aux séismes (cf. infra 3.3) et, selon les caractéristiques du site, à d'autres agressions d'origine externe (cf. infra 3.4.3).

3.1.2. Conception de la piscine.

Hauteur d'eau.

Le débit de dose absorbée dans l'air à la surface de l'eau, lorsque les porte-sources chargés à l'activité maximale se trouvent dans la position de stockage, sera limité à des valeurs compatibles avec le respect de la réglementation (réf. 3).

Toutes les manipulations de sources radioactives unitaires ou de groupes de ces sources (déchargement et rechargement d'un emballage de transport, mise en place ou permutation de sources sur un porte-sources, entreposage sur un râtelier d'attente...) devront être réalisées sans dépassement des limites précitées.

Prévention des chutes de personnes.

Des mesures seront prises pour prévenir la chute de personnes dans la piscine, pendant les opérations de manutention d'emballages ou de sources.

Étanchéité et maintien du niveau d'eau.

La paroi d'étanchéité de la piscine sera réalisée à l'aide de matériaux suffisamment résistants à l'action des rayonnements et à la corrosion. L'action corrosive éventuelle des eaux souterraines sera prise en compte dans le choix des matériaux de cette paroi.

Le fond de la piscine sera conçu pour supporter les emballages de transport des sources radioactives. Toutes dispositions utiles (matelas amortisseur par exemple) seront prises pour maintenir l'intégrité du revêtement étanche en cas de chute ou de choc pouvant survenir, notamment au cours de la manutention des emballages de transport des sources radioactives.

La piscine sera dimensionnée au séisme (cf. infra 3.3) et, selon les caractéristiques du site, à d'autres agressions d'origine externe (cf. infra 3.4.3).

Aucune canalisation fixe ne traversera les parois de la piscine au-dessous d'un niveau d'eau permettant d'assurer une protection biologique suffisante. Par ailleurs, toutes dispositions utiles (évent, casse-vidé,...) seront prises sur les circuits d'eau (système d'apport, de refroidissement, d'épuration...) pour éviter tout risque de siphonnage.

Le niveau de l'eau dans la piscine sera maintenu sensiblement constant en fonctionnement normal grâce à un système capable d'assurer automatiquement ou manuellement un apport d'eau de manière à maintenir le niveau entre une valeur haute et une valeur basse. Les apports d'eau seront comptabilisables.

Le système de surveillance du niveau de l'eau provoquera le retour automatique des portes-sources en position de stockage et/ou empêchera qu'ils ne quittent cette position si le niveau de l'eau atteint un niveau très bas considéré comme limite eu égard aux conditions d'accès dans la cellule d'ionisation. L'atteinte de ce niveau provoquera l'émission d'un signal d'alarme sonore et lumineux dans la salle de commande.

3.1.3. Contrôle de la position des sources et contrôle des accès.

Il sera possible, dans toutes les situations considérées comme plausibles :

- d'empêcher la montée des porte-sources tant que la cellule d'ionisation n'est pas évacuée, en cas de besoin par l'action d'un dispositif d'arrêt d'urgence, et tant que la cellule n'est pas verrouillée ;

- de renvoyer automatiquement les porte-sources au fond de la piscine ;
- d'empêcher l'accès des travailleurs à l'intérieur de la cellule d'ionisation en période d'irradiation.

L'ensemble de ces dispositions sera complété par un système de surveillance du débit de dose dans la cellule d'ionisation. Les caractéristiques de ce système seront adaptées à l'énergie du rayonnement utilisé et à l'amplitude de variation des débits de dose mis en jeu.

Enfin, des dispositions seront prises pour interdire la pénétration d'une personne dans la cellule d'ionisation, quand les sources ne sont plus en fond de piscine ou lorsque le système de surveillance du débit de dose délivre un signal d'une valeur supérieure à un seuil donné, notamment :

- les passages permettant l'entrée et la sortie des produits à ioniser seront équipés d'un dispositif physique s'opposant et à l'entrée d'une personne dans la cellule d'ionisation ;
- lorsqu'il sera impossible d'éliminer, exclusivement par des dispositions matérielles, le risque de pénétration d'une personne dans la cellule d'ionisation par ces voies, un dispositif de détection d'intrusion sera mis en place. Ce dispositif devra commander le retour automatique des sources à la position de stockage dans un délai tel que la dose reçue en cas de franchissement reste acceptable.

3.2. Prévention du risque de dissémination de matières radioactives

La prévention de ce risque reposera sur la permanence du confinement des substances radioactives. En fonctionnement normal, l'intégrité de chaque barrière de confinement sera maintenue; dans tous les cas de situations accidentelles considérées comme plausibles, le confinement gardera une efficacité suffisante pour que les conséquences restent acceptables. Les principes de conception suivants seront mis en œuvre.

3.2.1. Caractéristiques des sources.

Les sources mises en œuvre répondront aux exigences définies par l'arrêté ministériel du 24 novembre 1977 publié au *Journal officiel* du 3 janvier 1978, donnant les caractéristiques des sources radioactives scellées sous forme spéciale.

L'absence de flottabilité des sources sera garantie.

Les porte-sources et les outils de manipulation des sources ne devront pas soumettre les sources à des contraintes de nature mécanique ou physicochimique susceptibles de dégrader leur étanchéité.

3.2.2. Caractéristiques de l'eau de la piscine.

L'eau de la piscine ne sera pas corrosive pour les gaines des sources.

Des dispositions seront prises pour assurer la surveillance des caractéristiques de l'eau de la piscine afin de maintenir ces caractéristiques, notamment la teneur en ions chlorures, à des valeurs compatibles avec la bonne tenue du matériau de gainage des sources.

Un dispositif de surveillance de la radioactivité de l'eau de la piscine permettra de détecter toute perte d'étanchéité de la gaine d'une source radioactive. Le type et la périodicité de la surveillance seront adaptés à la nature physicochimique des radioéléments utilisés et en particulier à leur solubilité. Des dispositifs d'épuration devront pouvoir être mis en œuvre en fonction des risques de dissémination de substances radioactives qui permettront la décontamination en circuit fermé de l'eau de la piscine en cas de dissémination de substances radioactives.