

Options de rejet des effluents des installations nucléaires

Contexte technique et
aspects réglementaires



Protection radiologique

ISBN 92-64-02147-7

Options de rejet des effluents des installations nucléaires

Contexte technique et aspects réglementaires

AGENCE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE
ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

En vertu de l'article 1^{er} de la Convention signée le 14 décembre 1960, à Paris, et entrée en vigueur le 30 septembre 1961, l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) a pour objectif de promouvoir des politiques visant :

- à réaliser la plus forte expansion de l'économie et de l'emploi et une progression du niveau de vie dans les pays Membres, tout en maintenant la stabilité financière, et à contribuer ainsi au développement de l'économie mondiale ;
- à contribuer à une saine expansion économique dans les pays Membres, ainsi que les pays non membres, en voie de développement économique ;
- à contribuer à l'expansion du commerce mondial sur une base multilatérale et non discriminatoire conformément aux obligations internationales.

Les pays Membres originaires de l'OCDE sont : l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, le Canada, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis, la France, la Grèce, l'Irlande, l'Islande, l'Italie, le Luxembourg, la Norvège, les Pays-Bas, le Portugal, le Royaume-Uni, la Suède, la Suisse et la Turquie. Les pays suivants sont ultérieurement devenus Membres par adhésion aux dates indiquées ci-après : le Japon (28 avril 1964), la Finlande (28 janvier 1969), l'Australie (7 juin 1971), la Nouvelle-Zélande (29 mai 1973), le Mexique (18 mai 1994), la République tchèque (21 décembre 1995), la Hongrie (7 mai 1996), la Pologne (22 novembre 1996), la Corée (12 décembre 1996) et la République slovaque (14 décembre 2000). La Commission des Communautés européennes participe aux travaux de l'OCDE (article 13 de la Convention de l'OCDE).

L'AGENCE DE L'OCDE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

L'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN) a été créée le 1^{er} février 1958 sous le nom d'Agence européenne pour l'énergie nucléaire de l'OECE. Elle a pris sa dénomination actuelle le 20 avril 1972, lorsque le Japon est devenu son premier pays Membre de plein exercice non européen. L'Agence compte actuellement 28 pays Membres de l'OCDE : l'Allemagne, l'Australie, l'Autriche, la Belgique, le Canada, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis, la Finlande, la France, la Grèce, la Hongrie, l'Irlande, l'Islande, l'Italie, le Japon, le Luxembourg, le Mexique, la Norvège, les Pays-Bas, le Portugal, la République de Corée, la République slovaque, la République tchèque, le Royaume-Uni, la Suède, la Suisse et la Turquie. La Commission des Communautés européennes participe également à ses travaux.

La mission de l'AEN est :

- d'aider ses pays Membres à maintenir et à approfondir, par l'intermédiaire de la coopération internationale, les bases scientifiques, technologiques et juridiques indispensables à une utilisation sûre, respectueuse de l'environnement et économique de l'énergie nucléaire à des fins pacifiques ; et
- de fournir des évaluations faisant autorité et de dégager des convergences de vues sur des questions importantes qui serviront aux gouvernements à définir leur politique nucléaire, et contribueront aux analyses plus générales des politiques réalisées par l'OCDE concernant des aspects tels que l'énergie et le développement durable.

Les domaines de compétence de l'AEN comprennent la sûreté nucléaire et le régime des autorisations, la gestion des déchets radioactifs, la radioprotection, les sciences nucléaires, les aspects économiques et technologiques du cycle du combustible, le droit et la responsabilité nucléaires et l'information du public. La Banque de données de l'AEN procure aux pays participants des services scientifiques concernant les données nucléaires et les programmes de calcul.

Pour ces activités, ainsi que pour d'autres travaux connexes, l'AEN collabore étroitement avec l'Agence internationale de l'énergie atomique à Vienne, avec laquelle un Accord de coopération est en vigueur, ainsi qu'avec d'autres organisations internationales opérant dans le domaine de l'énergie nucléaire.

© OCDE 2003

Les permissions de reproduction partielle à usage non commercial ou destinée à une formation doivent être adressées au Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris, France. Tél. (33-1) 44 07 47 70. Fax (33-1) 46 34 67 19, pour tous les pays à l'exception des États-Unis. Aux États-Unis, l'autorisation doit être obtenue du Copyright Clearance Center, Service Client, (508)750-8400, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA, ou CCC Online : <http://www.copyright.com/>. Toute autre demande d'autorisation ou de traduction totale ou partielle de cette publication doit être adressée aux Éditions de l'OCDE, 2, rue André-Pascal, 75775 Paris Cedex 16, France.

AVANT-PROPOS

Le souci d'informer les spécialistes et décideurs sur les implications et la faisabilité techniques des diverses solutions envisagées pour les rejets d'effluents des principales installations nucléaires en exploitation a incité le Comité de l'AEN de protection radiologique et de santé publique (CRPPH) à créer, en mars 2001, un Groupe d'experts sur les implications des options de rejet d'effluents (EGRO). Les résultats des travaux de ce groupe se veulent des informations de référence pour les membres du CRPPH et des autres comités de l'AEN ainsi que les spécialistes qui auront à prendre des décisions dans ce domaine. Par ailleurs, ces résultats pourront contribuer à la réflexion du CRPPH sur l'évolution du système international de protection radiologique. La liste des experts désignés par les pays membres de l'AEN pour participer à ce groupe figure à l'annexe 1, le mandat du groupe à l'annexe 2.

Ce groupe d'experts avait pour mission d'examiner et d'analyser les implications des diverses options de rejet des installations nucléaires. Cette analyse ne devait pas se limiter aux règlements et pratiques actuellement en vigueur. Plusieurs forums internationaux se sont déjà intéressés à cette question des rejets des substances radioactives. En Europe, la Commission OSPAR a, entre autres, publié une stratégie à long terme de réduction des rejets de substances radioactives dans le milieu marin. S'il n'a pas cherché à interpréter la « *Stratégie OSPAR visant les substances radioactives* », le groupe d'experts de l'AEN s'est en revanche attaché à constituer un corpus complet d'informations sur les politiques et pratiques nationales et internationales dans ce domaine qui puisse servir de référence.

L'objectif de ce travail était également de recueillir des informations factuelles de base sur les diverses solutions, ceci afin de faciliter la définition des politiques et stratégies nationales en matière de rejets d'effluents radioactifs des installations nucléaires et d'aider les autorités de sûreté à se faire une idée générale des divers facteurs qui interviennent dans la maîtrise des rejets. Le groupe a essentiellement étudié les rejets d'effluents gazeux et liquides ; toutefois, les déchets solides ont été dans une certaine mesure pris en compte lorsqu'il était question des effluents non rejetés.

Le Groupe d'experts sur les implications des options de rejet d'effluents (EGRO) s'est réuni à quatre reprises au siège de l'AEN, à Issy-les-Moulineaux, en France. M. Olli Vilkamo de Finlande, présidait le groupe. Des rapports d'étape ont été présentés au CRPPH au mois de mars 2002 et au mois de mars 2003. À sa session de mars 2003, le CRPPH a approuvé la publication de ce rapport.

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|--|----|
| Avant-propos..... | 3 |
| Note de synthèse | 7 |
| 1. Introduction | 11 |
| 2. Portée et objectif du rapport | 15 |
| 3. Le contexte | 17 |
| 4. Situation actuelle des rejets d’effluents des installations nucléaires | 43 |
| 5. Caractérisation des rejets d’effluents des installations nucléaires exploitées et techniques de réduction | 51 |
| 6. Les concepts de « niveau le plus bas qu’il est raisonnablement possible d’atteindre (ALARA) » et de « meilleures techniques disponibles (MTD) » | 57 |
| 7. Facteurs intervenant dans les choix des options de rejet d’effluents..... | 65 |
| 8. Stratégies d’aide au choix des options de rejet d’effluents..... | 73 |
| 9. Conclusions | 89 |
| <i>Annexes</i> | |
| 1. Membres du groupe d’experts sur les implications des options de rejet d’effluents..... | 91 |
| 2. Mandat (approuvé lors de la première réunion de l’EGRO ainsi que par le bureau du CRPPH)..... | 93 |
| 3. Rejets génériques d’un REP et d’une usine de retraitement..... | 95 |
| 4. Exemple de méthodologie d’aide au choix d’une MTD..... | 99 |

NOTE DE SYNTHÈSE

Les installations nucléaires respectent les normes et règlements nationaux et internationaux en vigueur pour les rejets d'effluents radioactifs. L'application du principe ALARA (niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre), l'un des principes fondamentaux de la radioprotection a largement contribué à réduire les rejets d'effluents pour en atténuer l'impact sur l'environnement et le public. Dans le même temps, les conventions et déclarations internationales et intergouvernementales ainsi que les politiques nationales mettent de plus en plus l'accent sur les rejets d'effluents de ces installations, cherchant à les optimiser et les réduire encore. Et comme les niveaux de radioactivité dans l'environnement restent une préoccupation de société, la gestion des rejets d'effluents des installations nucléaires figure toujours en bonne place dans les débats publics.

Ce rapport d'un groupe d'experts du CRPPH est destiné à assurer une information factuelle de base sur les différentes options en matière de gestion et de réglementation des rejets d'effluents radioactifs des installations nucléaires dans les conditions normales d'exploitation. Le produit de ce travail de l'AEN se veut une contribution aux débats nationaux et internationaux sur ce sujet.

En théorie, les décisions concernant la gestion des rejets d'effluents peuvent se fonder sur des objectifs philosophiquement différents, par exemple la protection de santé humaine, l'utilisation de techniques modernes dans des installations industrielles, ou l'aspiration à un environnement propre. Avec la première démarche, on s'efforcera de limiter le plus possible l'impact sanitaire potentiel sur les membres du public pris individuellement ou collectivement. La deuxième démarche tendra vers l'utilisation des techniques qui permettent le mieux de réduire à la source la production et les rejets de substances dangereuses. Quant à la troisième approche, elle s'intéressera surtout à l'état de l'environnement et consistera à suivre les concentrations de substances dangereuses dans les prélèvements effectués dans le milieu environnant, ce qui exigera la limitation ou la réduction des apports supplémentaires. Ces différentes démarches ne sont en rien mutuellement exclusives.

En pratique, la gestion des rejets d'effluents s'appuie sur des concepts tels que « le niveau le plus faible qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre (ALARA) », qui est l'un des principes fondamentaux du système de protection radiologique, et le concept des meilleures techniques disponibles (MTD), tel que défini, pour différents domaines d'optimisation des rejets d'effluents non radioactifs, dans la directive de l'Union européenne *relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution* de 1996, par exemple. Cette directive vise, en substance, à réduire au minimum la pollution des diverses sources industrielles ponctuelles dans l'Union européenne.

ALARA et MTD sont deux démarches d'optimisation adoptées depuis quelques années par plusieurs pays membres de l'AEN ; elles se complètent et permettent de limiter les doses reçues par l'homme, les effets possibles sur les autres espèces ainsi que les rejets d'effluents radioactifs. Ce sont deux cibles en constante évolution dans la mesure où les valeurs de la société ainsi que les techniques évoluent et, avec elle, ce que l'on considère comme « raisonnablement possible » et « meilleure disponible » à un moment donné.

Ces deux concepts peuvent être utilisés de diverses manières pour la gestion des rejets d'effluents des installations nucléaires. L'optimisation des rejets d'une installation ou d'une source unique vise des doses individuelles et/ou collectives pour le public et les travailleurs qui soient ALARA. En revanche, l'application des MTD à une installation ou une source unique a pour objectif de limiter les rejets d'effluents radioactifs de cette source. En appliquant les MTD à toutes les installations et sources nucléaires qui peuvent avoir un impact sur un écosystème particulier, c'est la diminution des concentrations de radionucléides dans l'environnement que l'on recherche. L'approche holistique de la protection du public, des travailleurs et de l'environnement pourra, par conséquent, combiner toutes ces utilisations du principe ALARA et des MTD, compte tenu de des situations accidentelles potentielles.

Les décisions concernant la gestion des rejets d'effluents sont déterminées par divers facteurs techniques, sociaux et stratégiques. Il s'agira notamment de trouver un juste équilibre entre l'impact radiologique de la collecte et de la concentration des effluents et les répercussions des rejets d'effluents sur les humains, sans oublier la question des transferts de risques, des effets transfrontières possibles, etc. Par ailleurs, ces décisions ne peuvent ignorer les questions des sites écologiquement sensibles et de la capacité de détecter et de surveiller les radionucléides dans les rejets d'effluents et dans l'environnement.

L'optimisation des rejets d'effluents des installations nucléaires reposait auparavant sur des évaluations prospectives des effets sanitaires stochastiques

sur des personnes du public potentiellement exposées à la radioactivité. Cette approche de la protection orientée sur les effets sanitaires est à l'origine de la construction de systèmes consistant à concentrer et à confiner les effluents liquides et gazeux pour les convertir en matrices de déchets solides destinées à un stockage à long terme.

Le recours aux « meilleures techniques disponibles » comme outil de gestion appliqué à l'optimisation des rejets d'effluents est assez nouveau dans les installations nucléaires, si bien qu'il existe peu de recommandations à ce sujet. Pour illustrer la façon dont ces MTD peuvent s'appliquer au secteur nucléaire, nous proposons dans ce rapport une stratégie d'aide à la décision permettant d'optimiser les rejets d'effluents grâce à des critères d'application de ces techniques. Nous suggérons quelques principes environnementaux de base pour aider à choisir ces MTD :

- utilisation d'une technologie produisant peu de déchets ;
- utilisation efficace des ressources ;
- prévention et réduction de l'impact environnemental des rejets ;
- utilisation de substances moins dangereuses.

Pour chacun de ces quatre principes environnementaux, le rapport propose, à titre d'exemple, un ensemble de critères qui devraient guider le choix des meilleures techniques disponibles dans les installations nucléaires.

Toutefois, avant de présenter ces outils de gestion, nous avons procédé à une récapitulation des déclarations et conventions internationales, des activités des organisations internationales, des évolutions des politiques nationales ainsi que de la situation des rejets d'effluents telle qu'elle ressort du rapport du Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR).

Avec ce travail, l'AEN souhaite faciliter l'élaboration de démarches nationales de gestion des rejets d'effluents. Quant à la réflexion actuelle sur le système de protection radiologique, qui s'intéresse notamment au concept d'optimisation, l'un des principes fondamentaux du système de radioprotection, on espère que ce rapport apportera des éléments techniques utiles pour les débats à venir sur l'optimisation des rejets d'effluents.

1. INTRODUCTION

Depuis que les effets nocifs des rayonnements ionisants ont été observés pour la première fois au début du 20^e siècle, la protection radiologique a pour objectif premier d'assurer une protection satisfaisante du public et des travailleurs, sans trop compromettre les pratiques bénéfiques à l'origine de leur exposition. Entre temps, on a réalisé d'innombrables études des effets des rayonnements ionisants, depuis celles qui sont consacrées aux effets des rayonnements sur des cellules à des études épidémiologiques portant sur des populations exposées à différentes sources de rayonnements. Se fondant sur les informations tirées de ces études pour estimer les conséquences de la radioexposition, ainsi que sur les considérations sociales et économiques appropriées, la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) a publié une série de recommandations concernant la structure du système de protection radiologique. La plus récente de ces recommandations fait l'objet de la Publication 60 de la CIPR, intitulée Recommandation 1990 de la Commission internationale de protection radiologique.

Ces dernières années s'est engagé un débat sur l'évolution possible du système actuel de protection radiologique, évolution dont l'objet est d'améliorer la cohérence et la concision du système. Les efforts actuels pour intégrer explicitement la protection de l'environnement contre les rayonnements ionisants s'inscrivent dans cette optique. Jusqu'à présent, le système de protection radiologique ne s'intéressait qu'à la protection de l'homme car il était implicite que cette démarche devait également assurer une protection efficace de l'environnement. Divers groupes internationaux travaillent actuellement à l'élaboration d'une démarche de protection radiologique de l'environnement qui soit exhaustive et puisse être appliquée de manière efficace¹.

1. La Commission internationale de protection radiologique (CIPR) a « *A Framework for Assessing the Impact of Ionising Radiation on Non-human Species (ICRP91, 2003)* ». L'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) a entrepris d'élaborer des normes de protection de l'environnement. Quant à la Commission européenne, elle soutient un programme scientifique de collecte, de classement et d'évaluation des informations dans ce domaine (FASSET).

L'AEN a contribué à jeter les bases de la protection radiologique de l'environnement en organisant, en collaboration étroite avec la CIPR, un Forum à Taormina, en Italie, du 12 au 14 février 2002. Les résultats de ce Forum, qui figurent dans les actes de la réunion² ainsi que dans une synthèse³, devraient aider les pays membres de l'AEN ainsi que la Communauté internationale à mieux comprendre la problématique et les démarches possibles.

Le souci d'assurer la protection radiologique de l'environnement est à l'origine de débats sur les niveaux de rejet d'effluents radioactifs des installations nucléaires. Bien que, dans les conditions normales de fonctionnement, ces rejets aient globalement diminué ces dernières années, certains groupes sensibilisés au problème sont toujours susceptibles, dans des circonstances particulières, de s'émouvoir des niveaux actuels de rejet et d'exiger de nouvelles réductions. Le débat est en outre alimenté par la question des effets transfrontières des rejets de radioactivité.

Dans le cadre des activités de la *Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est (Convention OSPAR)*, il a été défini une stratégie concernant les rejets de substances radioactives qui se donne pour objectif de prévenir la pollution de la zone maritime par les rayonnements ionisants, par des réductions progressives et substantielles des rejets, émissions et pertes de substances radioactives, l'objectif ultime étant d'atteindre des concentrations dans l'environnement qui soient proches des valeurs de fond, pour les substances radioactives naturellement radioactives, et proches de zéro, s'il s'agit de substances radioactives artificielles www.ospar.org.

L'exigence d'une concentration dans l'environnement qui soit proche de zéro établit une nouvelle référence ou finalité pour la protection de l'environnement. L'OSPAR a entamé une réflexion sur certains aspects de cet objectif; cherchant notamment à définir « proche de zéro » ainsi que la référence à utiliser pour juger de la réalisation du résultat escompté.

Il s'agit alors de se demander comment organiser l'optimisation des rejets d'effluents, de façon à protéger de manière satisfaisante l'homme et l'environnement, compte tenu des préoccupations actuelles de la société. Pour ce qui est de l'optimisation, il existe aujourd'hui différentes approches s'articulant soit sur

2. *Radiological Protection of the Environment: The Path Forward to a New Policy?* Actes de la réunion de Taormina, Sicile, Italie, 12 au 14 février 2002, OCDE/AEN, 2003.

3. *Protection radiologique de l'environnement : rapport de synthèse des questions clés*, OCDE/AEN, 2003.

le « niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre » (ALARA), qui est l'un des principes fondamentaux du système de protection radiologique, ou sur les « meilleures techniques disponibles (MTD) », telles que définies pour différents secteurs de l'optimisation des rejets des effluents. Bien que les rejets d'effluents soient nettement inférieurs aux exigences réglementaires, les démarches ALARA et MTD qui sont appliquées depuis des années dans les pays membres de l'AEN n'ont pas, jusqu'à présent, permis d'abaisser les concentrations de radionucléides dans l'environnement à des niveaux qui soient toujours considérés comme « proches de zéro ». Nous étudierons dans ce rapport les principes ALARA et MTD, ce qu'ils signifient pour les installations nucléaires ainsi que leur capacité de réduire encore les rejets d'effluents pour parvenir à des concentrations de radioéléments dans l'environnement qui soient considérées comme « proches de zéro ».

2. PORTÉE ET OBJECTIF DU RAPPORT

La finalité de ce rapport est de fournir une information factuelle sur les différentes options en matière de réglementation et de gestion des effluents radioactifs rejetés par les installations nucléaires dans les conditions normales d'exploitation. L'accent sera mis sur la réglementation et la gestion de ce type d'effluents, mais il sera également question de la gestion des rejets d'effluents résultant des pratiques et activités antérieures, ainsi que des effluents issus du démantèlement, sachant que le démantèlement et l'assainissement sont des enjeux majeurs dans plusieurs pays membres de l'AEN. Le fruit de cette étude doit aider ces pays à mettre au point les politiques et stratégies nationales. La réflexion sera axée sur l'*optimisation* des rejets d'effluents radioactifs. La *justification d'une pratique*, l'un des principes fondamentaux du système de protection radiologique, sort du cadre de ce rapport.

Dans le cas des rejets d'effluents radioactifs, l'optimisation repose sur les concepts des « meilleures techniques disponibles (MTD) » et du « niveau le plus faible qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre (ALARA) ». Il sera question dans ce rapport de la détermination des diverses options possibles pour les rejets peu radioactifs des installations nucléaires dans des conditions normales d'exploitation, y compris le choix des rejets quasi nuls d'effluents gazeux et liquides. La définition et l'analyse de ces options seront centrées sur les procédures de gestion plutôt que sur la spécificité technique de ces solutions.

Nous étudierons les principaux effets de ces options, notamment l'impact radiologique sur l'homme et l'environnement, les effets transfrontières, la gestion des déchets, etc. De plus, tout en mettant l'accent sur les rejets d'effluents radioactifs liquides et gazeux, nous aborderons la question des déchets radioactifs solides à propos des effluents qui ne sont pas rejetés.

Nous illustrerons notre propos par des exemples de solutions adoptées dans les usines de retraitement et les réacteurs de puissance nucléaire, ces installations étant en général les principaux responsables des rejets des substances radioactives dans les conditions normales d'exploitation. Le lecteur trouvera des informations pertinentes dans la publication de l'AEN intitulée *Les incidences radiologiques des options de gestion du combustible nucléaire usé* (OCDE/AEN 2000)⁴.

4. *Les incidences radiologiques des options de gestion du combustible nucléaire usé*, OCDE/AEN, 2000.

3. LE CONTEXTE

Pour planter le décor, nous procéderons dans ce chapitre à une récapitulation des déclarations et conventions internationales et intergouvernementales, des activités des organisations internationales et intergouvernementales et de la politique de certains pays membres de l'AEN.

Déclarations et conventions internationales et intergouvernementales

Il existe plusieurs déclarations et conventions internationales traitant des rejets d'effluents radioactifs, avec des dispositions contraignantes pour les politiques et les procédures nationales. Il s'agit notamment de la *Convention internationale sur la sûreté nucléaire*⁵ et de la *Convention commune sur la sûreté de la gestion du combustible usé et sur la sûreté de la gestion des déchets radioactifs*⁶, qui ont été signées et ratifiées par de nombreux pays membres des Nations Unies. Les États membres de la Communauté européenne sont liés par les dispositions du *traité EURATOM*⁷, dont l'article 37 traite des effets transfrontières potentiels des rejets radioactifs des installations nucléaires. La *Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est (Convention OSPAR)*⁸ définit les obligations et prescriptions à respecter par les pays rejetant des effluents dans l'Atlantique du Nord-Est. Il existe plusieurs autres conventions régionales importantes, par exemple, pour la mer Baltique (HELCOM)⁹, la Méditerranée (Convention de Barcelone)¹⁰, et le Rhin¹¹. Le

-
5. Convention internationale sur la sûreté nucléaire.
 6. Convention commune sur la sûreté de la gestion du combustible usé et sur la sûreté de la gestion des déchets radioactifs.
 7. Traité EURATOM.
 8. Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est (Convention OSPAR).
 9. Convention pour la protection du milieu marin dans la zone de la mer Baltique, 1992 (entrée en vigueur le 17 janvier 2000), et dont l'organe directeur est la Commission d'Helsinki ou Commission pour la protection de l'environnement marin de la mer Baltique, connue également sous le nom de HELCOM.

Conseil arctique s'appuie sur le Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique pour maîtriser la pollution dans les zones pertinentes.

Dans les paragraphes qui suivent, nous décrivons les particularités de certaines de ces déclarations et conventions internationales et intergouvernementales.

Convention internationale sur la sûreté nucléaire

L'accident de Tchernobyl en 1986 a démontré que les centrales nucléaires pouvaient avoir des répercussions radiologiques au-delà des frontières nationales. Il est à l'origine d'un mouvement en faveur d'une convention internationale définissant un mécanisme permettant d'atteindre un haut niveau de sûreté nucléaire dans le monde entier et ainsi d'éviter ce type d'accident. La Convention sur la sûreté nucléaire a été adoptée en 1994 et est entrée en vigueur en 1996. Elle énonce les objectifs de sûreté nucléaire, et le mécanisme destiné à améliorer la sûreté repose sur la pression que les parties contractantes exercent les unes sur les autres lors de réunions d'examen.

S'agissant des rejets contrôlés d'effluents des centrales nucléaires, l'article 15 de la Convention (Radioprotection) stipule que :

« Chaque Partie contractante prend les mesures appropriées pour que, dans toutes les conditions normales de fonctionnement, l'exposition aux rayonnements ionisants des travailleurs et du public due à une installation nucléaire soit maintenue au niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre et qu'aucun individu ne soit exposé à des doses de rayonnement qui dépassent les limites de dose prescrites au niveau national ».

Pourtant, comme nous le verrons ultérieurement dans ce rapport, le contrôle des effluents a été le sujet de débats animés lors des réunions d'examen de la Convention. La première réunion d'examen de la Convention s'est tenue du 12 au 23 avril 1999.

10. Convention de Barcelone : Convention sur la protection du milieu marin et du littoral de la Méditerranée.

11. Convention pour la protection du Rhin. L'organe directeur de cette Convention est la Commission internationale pour la protection du Rhin contre la pollution (CIPR).

**Deuxième réunion d'examen des Parties contractantes
à la Convention sur la sûreté nucléaire**

On trouve dans le rapport final consacré aux rejets radioactifs des installations nucléaires de la deuxième réunion d'examen des Parties contractantes à la Convention sur la sûreté nucléaire organisée du 15 au 26 avril 2002, la déclaration suivante :

Certaines Parties contractantes ont annoncé qu'elles étaient en train de revoir leurs limites réglementaires applicables aux rejets radioactifs, en prenant aussi en compte les rejets chimiques en vue de les abaisser. D'autres Parties contractantes ont estimé que l'on pouvait atteindre les objectifs ALARA sans abaisser les limites réglementaires.

Lors de cette réunion, il y eut plusieurs discussions approfondies concernant les approches réglementaires existantes ou éventuelles. La démarche traditionnelle fondée sur le risque, de même que le critère ALARA fournissent encore, ce qui paraît justifié, la structure indispensable à la définition des obligations légales. La participation du public au processus et aussi l'efficacité réelle du travail réglementaire seront déterminantes pour décider s'il vaut mieux, pour l'exploitation des centrales nucléaires, abaisser les limites réglementaires de rejet dans le pays. Avec les progrès très technologiques actuels, il est en effet possible d'abaisser ces limites à un niveau plus proche des valeurs obtenues sur le site pendant l'exploitation.

Convention commune sur la sûreté de la gestion du combustible usé et sur la sûreté de la gestion des déchets radioactifs

Le préambule de la Convention sur la sûreté nucléaire affirme « la nécessité d'entreprendre rapidement l'élaboration d'une convention internationale sur la sûreté de la gestion des déchets radioactifs dès que le processus d'élaboration des fondements de la sûreté de la gestion des déchets qui est en cours aura abouti à un large accord international ». La norme de sûreté de l'AIEA intitulée « Principes de la gestion des déchets radioactifs » a été publiée en 1995 (dans la catégorie des Fondements de la sûreté), et la Convention commune, dont les bases techniques sont à trouver dans ces « Fondements de la sûreté », a été adoptée en 1997 et est entrée en vigueur en 2001. La Convention sur la sûreté nucléaire et la Convention commune sont, de fait, des conventions jumelles avec une structure et un *modus operandi* qui se ressemblent.

Plusieurs articles de la Convention commune concernent la question des rejets. La principale référence aux rejets se trouve à l'article 24 (Radioprotection durant l'exploitation). La partie 2 stipule que :

« Chaque Partie contractante prend les mesures appropriées pour que les rejets d'effluents soient limités :

- (i) Afin de maintenir l'exposition aux rayonnements ionisants au niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre, compte tenu des facteurs économiques et sociaux ;*
- (ii) De façon qu'aucun individu ne soit exposé, dans des situations normales, à des doses de rayonnement dépassant les limites de dose prescrites au niveau national, qui tiennent dûment compte des normes internationales approuvées en matière de radioprotection. »*

Dans ce contexte, on définit le terme « rejets » de la façon suivante :

« émissions dans l'environnement de matières radioactives liquides ou gazeuses en tant que pratique légitime au cours de l'exploitation normale d'installations nucléaires réglementées. Ces émissions sont programmées et contrôlées dans les limites autorisées par l'organisme de réglementation ».

En outre, aux termes des articles 6 et 13 consacrés au choix du site des installations, chaque Partie contractante est tenue de :

« consulter les Parties contractantes voisines d'une telle installation, dans la mesure où celle-ci est susceptible d'avoir des conséquences pour elles, et de leur communiquer, à leur demande, des données générales concernant l'installation afin de leur permettre d'évaluer l'impact probable de celle-ci en matière de sûreté sur leur territoire. »

et de

prendre « les mesures appropriées pour que de telles installations n'aient pas d'effets inacceptables sur d'autres Parties contractantes... ».

La première réunion d'examen des Parties à la Convention commune aura lieu au mois de novembre 2003.

Traité EURATOM

En 1957, à l'époque de sa signature, le Traité EURATOM devait principalement de « *contribuer, par l'établissement des conditions nécessaires à la formation et à la croissance rapide des industries nucléaires, à l'élévation du niveau de vie dans les États membres et au développement des échanges avec les autres pays* ». Ce développement devait être assuré en investissant la Communauté européenne de prérogatives très importantes de manière à s'assurer la disponibilité de matières fissiles utilisables à des fins civiles (propriété des matières fissiles, garanties), l'accès à la recherche et aux connaissances techniques et le financement des investissements. Par ailleurs, le développement de l'énergie nucléaire devait être subordonné à l'établissement de « *normes de sécurité uniformes pour la protection sanitaire de la population et des travailleurs* », et la Communauté était chargée de veiller à leur application.

Cette fonction de promotion ne revêt plus aujourd'hui la même importance que dans les années 1950 et 1960 : de nombreux États membres n'ont choisi l'énergie nucléaire, certains y sont franchement opposés. Les dispositions du chapitre III du Traité, consacré à la protection sanitaire, n'ont rien perdu de leur pertinence. Les points forts en sont l'uniformité des normes, gage pour l'industrie nucléaire d'un environnement stable, ainsi que les multiples dispositions destinées à garantir des taux acceptables de radioactivité dans l'environnement (« *de l'atmosphère, des eaux et du sol* ») permettant ainsi aux États membres non nucléaires d'être bien informés des incidences de l'industrie nucléaire.

L'article 2 (b) du Traité EURATOM prévoit l'établissement dans la Communauté de « *... normes de sécurité uniformes pour la protection sanitaire de la population et des travailleurs* » et confie à la Communauté la tâche de « *... veiller à leur application* ».

Le chapitre III du Traité, c'est-à-dire les articles 30 à 39, consacrés à la protection sanitaire, développe les responsabilités particulières. Les articles 30 à 33 concernent les normes de base et les articles 34 à 38 la radioactivité de l'environnement.

La plus récente révision de la Directive fixant les normes de base a été adoptée par le Conseil au mois de mai 1996 (Directive 96/29/EURATOM¹² du

12. EURATOM (1996), Directive 96/29/Euratom du Conseil, du 13 mai 1996, fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire de la population et des

Conseil), et doit être mise en œuvre dans les États membres au plus tard au mois de mai 2000.

Article 37 du Traité EURATOM

L'article 37 du Traité EURATOM offre aux États membres de l'Union européenne un mécanisme pour régler la question des effets transfrontières éventuels des rejets d'effluents radioactifs. Les États membres de l'Union européenne sont liés par les dispositions du Traité, dont l'article 37. En l'occurrence, cet article impose à chaque État membre :

« ...de fournir à la Commission les données générales de tout projet de rejet d'effluents radioactifs, sous n'importe quelle forme, permettant de déterminer si la mise en œuvre de ce projet est susceptible d'entraîner une contamination radioactive des eaux, du sol ou de l'espace aérien d'un autre État membre.

La Commission, après consultation du groupe d'experts visé à l'article 31, émet son avis dans un délai de six mois. »

Les procédures prévues à l'article 37 doivent permettre à la Commission de juger si les rejets en question peuvent avoir des conséquences importantes du point de vue sanitaire sur un autre État membre. Par conséquent, les données générales fournies devraient permettre d'évaluer l'exposition d'un ou de plusieurs groupes de référence dans les États membres voisins.

La Recommandation 1999/829/Euratom¹³ contient des indications pour l'application de l'article 37. Y sont énumérés les types d'activités concernés, dans une définition plus précise de l'expression « données générales » et précisées les échéances pour la fourniture de ces données.

Cette Recommandation impose également la présentation, tous les deux ans, d'un état des rejets d'effluents radioactifs des réacteurs nucléaires et usines de retraitement.

travailleurs contre les dangers résultant des rayonnements ionisants, Journal officiel n° L-159 du 29/06/1996, Luxembourg.

13. EURATOM (1999), 1999/829/Euratom : Recommandation de la Commission, du 6 décembre 1999, concernant l'application de l'article 37 du Traité EURATOM, Journal officiel n° L-324 du 16/12/1999, Luxembourg.

***Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est
(Convention OSPAR)***

En 1998, la Commission OSPAR a élaboré une stratégie concernant les substances radioactives. Cette Stratégie OSPAR visant les substances radioactives, y compris les déchets radioactifs, fixe l'objectif à savoir, prévenir la pollution de la zone maritime par les rayonnements ionisants, ceci par des réductions progressives et substantielles des rejets, émissions et pertes de substances radioactives, l'objectif ultime étant d'atteindre des concentrations dans l'environnement qui soient proches des valeurs de fond, pour les substances radioactives naturellement radioactives, et proches de zéro, s'il s'agit de substances radioactives artificielles. Pour atteindre cet objectif, les éléments suivants seront entre autres pris en considération :

- utilisations de la mer ;
- faisabilité technique ;
- impacts radiologiques sur l'homme et le milieu vivant.

S'agissant du calendrier de mise en œuvre de cette stratégie, il est précisé en outre que, d'ici 2020, « la Commission fera en sorte que les rejets, émissions et pertes de substances radioactives soient ramenés à des niveaux où l'excédent des teneurs, par rapport aux teneurs historiques dans le milieu marin, tels que résultant de tels rejets, les émissions et pertes soient proches de zéro.

Cette stratégie contient une définition des substances radioactives et dispose que l'OSPAR déterminera, appréciera et classera par ordre de priorité, les substances radioactives et/ou les activités humaines à l'origine de rejets, émissions ou pertes de substances radioactives dont l'impact radiologique est préoccupant. Des mesures effectives devront être prises dès qu'il y aura des raisons de penser que des substances radioactives introduites dans le milieu marin ou susceptibles de l'atteindre puissent mettre en danger la santé de l'homme, porter atteinte aux ressources vivantes et aux écosystèmes marins, porter préjudice aux valeurs d'agrément ou gêner d'autres utilisations légitimes de la mer, et ce, même s'il n'existe pas de preuve concluante d'un rapport de cause à effet entre les apports et les effets.

Dans le cadre de l'OSPAR, il existe un Comité substances radioactives (RSC) qui est chargé de faciliter la mise en œuvre de la stratégie OSPAR et d'en suivre les progrès dans les États signataires de la Convention. Ces pays se sont en effet engagés à présenter leur stratégie nationale pour la mise en œuvre de la stratégie OSPAR. En outre, chacun d'eux est tenu de rendre compte tous

les quatre ans des progrès de l'utilisation des meilleures techniques disponibles dans ses installations nucléaires.

Le Comité substances radioactives (RSC) est entre autres chargé d'établir et de revoir périodiquement des critères de qualité de l'environnement fixés afin de protéger le milieu marin contre les effets préjudiciables des substances radioactives, d'appliquer lesdits critères et tout autre critère pertinent, afin de déterminer les substances radioactives et/ou les activités humaines dont l'impact radiologique donne lieu à préoccupations, et de classer celles-ci en fonction des priorités. »

Déclaration de Sintra

Au cours d'une réunion ministérielle de l'OSPAR tenue à Sintra, au Portugal, en 1998, les ministres et le membre de la Commission européenne ont fait la déclaration suivante :

« Nous, les ministres et le membre de la Commission européenne,..., soulignons notre engagement à prendre toutes les mesures possibles afin de réaliser notre objectif général en ce qui concerne la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est, qui consiste à prévenir et à supprimer la pollution, à protéger la santé de l'homme et à faire en sorte que les écosystèmes marins soient sains et salubres, et nous engageons à poursuivre cet objectif grâce aux mesures ci-après énoncées, ceci afin de parvenir à une approche durable pour le milieu marin de la zone maritime d'OSPAR et de protéger ainsi ce patrimoine pour le nouveau millénaire ».

Par ailleurs, les ministres ont réaffirmé :

« ...les engagements clairs à l'application du principe de l'action de précaution et au principe pollueur payeur, ainsi qu'à la détermination des meilleures techniques disponibles (MTD) et de la meilleure pratique environnementale (MPE), y compris, en tant que de besoin, de la technologie propre ».

Cette « déclaration de Sintra » contient un passage consacré aux substances radioactives, où les ministres affirment leur volonté de veiller à la mise en œuvre de la stratégie OSPAR évoquée ci-dessus concernant les substances radioactives.

La Conférence de Rio de Janeiro et le principe de précaution

La Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (CNUED) qui a eu lieu à Rio de Janeiro, au Brésil, en 1992, a été l'occasion d'une déclaration internationale sur le principe de précaution qui a été intégrée à l'Action 21. Au principe 15 de la déclaration de Rio sur l'environnement et le développement est énoncé le principe de précaution :

« Pour protéger l'environnement, des mesures de précaution doivent être largement appliquées par les États selon leurs capacités. En cas de risque de dommages graves ou irréversibles, l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour remettre à plus tard l'adoption de mesures effectives visant à prévenir les dégradations de l'environnement. »

Dans l'Action 21, le principe de précaution s'applique au risque de dommages irréversibles de l'environnement ayant de graves conséquences (au sens où ces conséquences sont inacceptables).

Ce principe suppose une intervention de l'État quand bien même toutes les preuves scientifiques ne seraient pas réunies. C'est pourquoi, il peut se traduire, suivant les domaines auxquels il s'applique, par des politiques ou réglementations environnementales très différentes.

Activités des organisations internationales et intergouvernementales

Diverses organisations internationales, comme l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), le Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR) et la Commission européenne (CE) possèdent des programmes concernant les rejets de substances radioactives des installations nucléaires.

Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA)

L'AIEA produit des normes de sûreté qui recouvrent aussi bien la sûreté nucléaire et radiologique, que la sûreté des transports et des déchets. Ces normes sont le fruit d'un processus consensuel auquel participent les autorités de sûreté des États membres de l'AIEA qui leur confère une certaine autorité, bien qu'elles ne soient pas juridiquement contraignantes, sauf pour les activités de l'AIEA dans les États membres. S'agissant du contrôle des rejets, les principales prescriptions à respecter sont contenues dans les Normes

fondamentales internationales de protection contre les rayonnements ionisants et de sûreté des sources de rayonnements (BSS) (AIEA : Collection Sécurité n°115). Ces normes sont la transcription sous forme réglementaire des principales recommandations de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR). La principale exigence à respecter est la suivante :

« Les titulaires d'enregistrements ou de licences veillent à ce que les substances radioactives provenant de pratiques et de sources autorisées ne soient rejetées dans l'environnement qu'à la condition que :

- le rejet reste dans les limites de rejet autorisées par l'Organisme de réglementation ;
- les rejets soient maîtrisés ;
- les expositions du public engagées par les rejets soient limitées conformément à ce qui est spécifié à l'appendice complémentaire II ;
- la maîtrise des rejets soit optimisée conformément aux prescriptions principales des Normes. »

Les indications détaillées concernant l'attribution d'autorisations de rejets figurent dans le Guide de sûreté intitulé « Contrôle réglementaire des rejets radioactifs dans l'environnement » (normes de sûreté de l'AIEA n°WS-G-2.3, 2000). Ce guide de sûreté définit les responsabilités de l'autorité de sûreté et de l'organisation qui se propose de rejeter des substances radioactives, décrit les étapes à suivre pour délivrer une autorisation de rejet pour une nouvelle pratique et prodigue des conseils concernant la démarche à suivre en cas de contravention à ces règles et les procédures à respecter pour les pratiques de rejet actuelles.

Le Rapport de sûreté n°19, 2001, « Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment », contient également des recommandations.

Cette organisation procède à la mise à jour de ces guides concernant la surveillance des sources et de l'environnement et se propose de publier un guide de sûreté, assorti des rapports de sûreté correspondants.

Pour compléter les bases de données actuelles sur les opérations antérieures d'immersion des déchets radioactifs dans les océans, l'AIEA vient de créer une base de données sur les rejets dans l'environnement d'effluents radioactifs liquides et gazeux. La collecte des informations destinées à base (DIRATA) se fait par l'intermédiaire de points de contact dans les États

membres avec la participation de la CE qui possède une base de données analogue pour ses propres États membres.

Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR)

Le Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR) a été créé par l'Assemblée générale des Nations Unies en 1955. Dans le système des Nations Unies, son mandat consiste à évaluer et à rendre compte des niveaux d'exposition aux rayonnements ionisants et de leurs effets. Les gouvernements et organisations du monde entier utilisent les estimations de ce Comité comme bases scientifiques pour évaluer le risque radiologique, établir des normes de protection et de sûreté radiologiques, ainsi que la réglementation sur les sources de rayonnement.

Ce Comité établit des rapports détaillés recensant les expositions imputables aux sources naturelles de rayonnement, à la production électro-nucléaire et aux essais nucléaires, ainsi que les expositions dues aux diagnostics et traitements médicaux et la radioexposition professionnelle. Le rapport de 1996 de l'UNSCEAR¹⁴ contenait une annexe scientifique consacrée aux effets des rayonnements sur l'environnement, récapitulant les informations existant sur la radioexposition des végétaux et animaux dans leurs habitats naturels en fonction des diverses sources de rayonnement, ainsi que les réactions individuelles ou collectives de ces organismes à une irradiation aiguë et chronique. Il était conclu entre autres que :

- ...des débits de dose chronique inférieurs à 400 microGy/h (10 mGy/j) auraient des effets, bien que légers, sur des plantes sensibles, mais ne devraient pas avoir d'effets délétères significatifs sur la majorité des individus des formations végétales naturelles ;
- Pour les espèces animales les plus sensibles, à savoir les mammifères, rien ne semble indiquer que des débits de dose de 400 microGy/h reçus par les individus les plus exposés auraient un impact significatif sur la mortalité de la population. Entre 40 et 100 microGy/h, soit si l'on descend, au plus, d'un ordre de grandeur,

14. Sources and Effects of Ionizing Radiation, Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR), Rapport de l'UNSCEAR de 1996 à l'Assemblée générale, avec annexe scientifique.

cette affirmation serait valable également pour les effets sur la reproduction.

L'UNSCEAR a défini un programme de travail comprenant une analyse des voies d'exposition ainsi que l'identification des résultats biologiques utilisables dans les évaluations environnementales et des méthodes d'évaluation de la dose reçue par les organismes vivants. Ce programme inclura une analyse des effets enregistrés sur des sites spécifiques. Le rapport correspondant devrait être publié vers 2005-2006.

Commission européenne

Un Groupe d'experts sur l'harmonisation des données sur la radioactivité des effluents (article 37) vient de proposer une législation pour harmoniser les informations sur les radionucléides rejetés dans l'environnement par les réacteurs de puissance et les usines de retraitement dans les conditions normales d'exploitation. Il s'agit notamment de réaliser, au niveau communautaire, des mesures comparables et de s'assurer que les laboratoires de tous les pays Membres respectent des procédures normalisées pour l'analyse des effluents radioactifs.

Les informations concernant les rejets de substances radioactives qui seront ainsi communiquées concerneront, entre autres, les rejets annuels d'une liste de radionucléides ainsi que les seuils de détection de certains radionucléides essentiels. La constitution d'une nouvelle base de données sur les rejets de substances radioactives permettra la collecte électronique des données des États membres ainsi que la transmission des données aux bases DIRATA (AIEA) dans le cadre du Programme d'action mondial (RAD) du PNUE.

Au titre du cinquième Programme-cadre EURATOM, on met au point actuellement une structure pour la protection radiologique des espèces autres que l'homme. Ce projet porte le nom de FASSET (Framework for ASSESSment of Environmental impactT – Cadre d'évaluation de l'impact des rayonnements ionisants). Les 15 organisations qui participent au projet sont conscientes que la déclaration dans laquelle la CIPR 60 juge que la protection radiologique des êtres humains garantit également la protection des espèces autres que l'homme, ne peut pas rester indéfiniment sans justification. Le projet FASSET devrait aboutir en octobre 2003. Un appel d'offre pour un projet consistant à approfondir et développer les travaux réalisés dans le cadre de FASSET pendant trois années supplémentaires est actuellement lancé au titre du sixième Programme-cadre EURATOM. Ces projets doivent déboucher sur des principes

systématiques sur lesquels la réglementation destinée à assurer la protection des espèces autres que l'homme pourra s'appuyer.

La Commission européenne vient de mener à bien un programme portant le nom de Realistic Assessment of Radiation Doses to the members of the public due to the operation of nuclear installations under normal conditions (RAIN – Évaluation réaliste de l'impact des installations nucléaires sur le public). La finalité principale de ce projet est d'aider les États membres à s'acquitter de leur obligation de procéder à une évaluation réaliste des doses, conformément à la Directive 96/29/Euratom du Conseil, et en particulier son article 45. Les résultats de RAIN sont publiés dans le n°129 de la collection de la Commission européenne intitulée Radiation Protection.

À titre de contribution à l'élaboration de la politique de la Commission européenne concernant les principes de protection de l'environnement naturel contre les rayonnements ionisants, la Commission a commandé et financé l'étude MARINA II. Cette étude, qui sera publiée en 2003, fait le tour des rejets et concentrations dans l'environnement marin ainsi que des doses reçues par des membres de groupes critiques et procède à une évaluation des répercussions sur les organismes vivants. Les résultats de cette étude constituent une contribution scientifique aux travaux entrepris par le Comité Substances radioactives de l'OSPAR pour la mise en œuvre de la stratégie de l'OSPAR visant les substances radioactives.

Niveau de radioactivité dans les aliments, établi par l'OMS/FAO

L'absorption de radionucléides par les produits alimentaires d'origine terrestre ou marine fait partie des problèmes pris en compte dans la réglementation sur les rejets d'effluents radioactifs. L'application, au niveau national, des principes d'optimisation et de limitation des doses énoncés par la CIPR garantira de faibles doses de rayonnement imputables à la consommation alimentaire. Néanmoins, cela n'exclue pas que l'on détecte, dans certains produits alimentaires, des concentrations élevées de radionucléides dues aux rejets par des sources artificielles.

Les seules conventions internationales qui visent aujourd'hui à limiter la radioactivité dans les aliments concernent les situations post-accidentelles. Le contrôle radiologique des aliments est au centre de discussions entre spécialistes internationaux. Après l'accident de Tchernobyl, la Commission mixte FAO/OMS du Codex Alimentarius a publié des recommandations concernant les niveaux de radioactivité dans les aliments dans l'année qui suit un accident nucléaire et en deçà desquelles il n'est pas nécessaire, pour des raisons d'ordre

radiologique uniquement, d'appliquer des restrictions aux échanges. La Commission européenne a également rédigé une directive qui suit pour l'essentiel la philosophie du Codex. Cependant, l'UE et la FAO doivent encore s'entendre sur des consignes plus générales concernant les concentrations de substances radioactives dans l'alimentation.

Démarches nationales

Ces dernières années, plusieurs pays de l'OCDE ont procédé à des évaluations de leurs stratégies et réglementations relatives aux rejets d'effluents radioactifs des installations nucléaires. À partir des informations reçues des membres de l'EGRO en 2002, nous décrivons plusieurs approches nationales dans les paragraphes qui suivent.

Belgique

En **Belgique**, l'Agence fédérale de contrôle nucléaire (AFCN) a été créée le 01/09/2001 en application de la loi du 15 avril 1994 relative à la protection de la population et de l'environnement contre les dangers résultant des rayonnements ionisants et relative à l'Agence fédérale de contrôle nucléaire. Cette loi définit les missions de l'Agence en matière de *réglementation* (rédaction de textes réglementaires divers et instruction de nombreuses procédures, dont les procédures d'autorisation), de *contrôle* des pratiques et activités et de surveillance du territoire (article 70 du Règlement général – contrôle de la radioactivité du territoire et des doses reçues par la population et article 71 – surveillance de la population dans son ensemble).

L'entrée en fonction de l'AFCN a été marquée par la publication d'un nouveau Règlement général de la protection de la population, des travailleurs et de l'environnement contre le danger des rayonnements ionisants (Arrêté royal du 20.07.2001). Ce règlement contient des dispositions particulières définissant les limites d'exposition du public réduites à présent à 1 mSv/an. Il n'en reste pas moins que toute exposition doit être maintenue au niveau le plus bas qu'il est raisonnablement possible d'atteindre (ALARA), compte tenu des facteurs économiques et sociales. Ce nouveau règlement général introduit également la notion de « *contrainte de dose* » pour les installations nucléaires, qui est fixée par l'AFCN, après consultation de l'exploitation – et représente une fraction de la limite de dose efficace maximum pour les personnes du public. Il intègre également les directives européennes les plus récentes.

Cette Agence a récemment entrepris une *révision des limites de rejets*, en commençant par un examen approfondi de la situation de tous les établissements de Classe I. Elle prévoit notamment de vérifier s'il est nécessaire d'abaisser ou non les limites de rejet compte tenu de la nouvelle obligation de respecter la limite de dose de 1 mSv/an pour les personnes du public.

En fait, l'article 81.2 du Règlement général dispose que : « *dans un délai d'un an maximum après le jour de la publication du présent arrêté au Moniteur Belge (Arrêté royal du 20 juillet 2001 ; publié au « Moniteur » le 30 août 2001), l'exploitant d'un établissement de Classe I ou II est tenu d'introduire auprès des autorités habilitées à délivrer des autorisations, un dossier dans lequel il propose une modification des limites de rejet qui sont imposées à son établissement, afin de rendre celles-ci concordantes avec les limites de dose pour les personnes du public définies à l'article 20 du présent arrêté ou dans lequel il justifie le maintien de ses limites de rejet. L'avis d'un organisme agréé sera joint à ce dossier* ». Les dossiers en question ont été communiqués à l'Agence a entrepris de les examiner.

Pour optimiser la production de déchets solides, tout en respectant les limites de rejet autorisées, les exploitants de centrales nucléaires ont choisi de suivre les recommandations concernant l'utilisation des effluents. Cette stratégie, consistant à appliquer les MTD, transparaît dans l'évolution des quantités d'effluents liquides et solides des centrales nucléaires, qui a baissé, alors que la production totale d'électricité est restée à peu près constante depuis 1985-86 et a même légèrement augmenté depuis 1997. La radioactivité des effluents liquides diminue toujours, et le volume de déchets solides par TWh produit vient confirmer cette évolution.

L'impact dosimétrique sur le public des rejets d'effluents liquides, avoisine, selon des estimations prudentes, dix μSv par an. Il est par conséquent négligeable, car de plusieurs ordres de grandeur inférieur aux doses présentant un risque sanitaire pour les populations.

Le 28 juillet 1999, au moment de la constitution du gouvernement actuel, un accord a été conclu entre les divers partis politiques. Cet accord, qui comporte une section consacrée au développement durable, en particulier au secteur énergétique et électrique, vient d'être adopté par le Parlement de Belgique. C'est en vertu de cet accord que les plus anciennes tranches REP seront démantelées aux alentours de 2015.

Finlande

En *Finlande*, le Décret du Conseil des ministres (Règles générales relatives à la sûreté des centrales nucléaires, Décision N°395, 1991) contient les prescriptions qui suivent concernant la limitation des rejets de substances radioactives : « l'exposition aux rayonnements découlant de l'exploitation d'une centrale nucléaire doit être maintenue au niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre (ALARA). De plus, les centrales nucléaires et leur exploitation devront être conçues de façon à ne pas dépasser les limites inscrites dans cette décision. La limite de la dose engagée pour un individu de la population, correspondant à l'exploitation normale d'une centrale nucléaire sur toute période d'un an, est de 0.1 mSv. À partir de cette limite, on définira les limites de rejet de substances radioactives dans les conditions normales d'exploitation d'une centrale nucléaire ». Un autre paragraphe dispose qu'il faudra : « ...prendre toutes les mesures pour améliorer encore la sûreté, qui peuvent être considérées comme justifiées compte tenu du retour d'expérience, des résultats des recherches en sûreté et des progrès de la science et de la technologie. »

L'autorité finlandaise de radioprotection et de sûreté nucléaires (Säteilyturvakeskus – STUK) publie des règles de sûreté spécifiques dans les guides YVL. Le Guide YVL 7.1 définit un ensemble de nouvelles restrictions des rejets fondées sur un « taux de rejet de référence », un taux de rejet moyen calculé correspondant à la limite annuelle de rejet autorisé. Le seuil de notification à STUK est égal à cinq fois le taux de rejet de référence (moyenné sur une durée maximum d'une semaine). Le seuil de déclenchement d'une action corrective est de trois fois le taux de rejet de référence (moyenné sur une durée d'un mois au maximum). Les seuils et limites de rejet correspondants doivent figurer dans les spécifications techniques de chaque tranche nucléaire. En outre, toute centrale dépassant les limites de rejet précisées dans les spécifications techniques s'expose à des restrictions d'exploitation.

Il existe plusieurs autres guides YVL contenant, par exemple, les prescriptions applicables aux méthodes de calcul des doses, de mesure des rejets, de surveillance de l'environnement et de notification périodique des rejets en exploitation et des données environnementales.

Le contrat annuel passé entre STUK et le ministère de la Santé et des Affaires sociales énonce un objectif de sûreté permanent pour l'autorité de sûreté : les rejets de substances radioactives dans l'environnement par les centrales nucléaires doivent être minimales, et les doses de rayonnement reçues par le public rester en deçà de 5 % de la limite fixée dans le décret du Conseil des ministres (395/91).

Dès le début de l'exploitation des centrales nucléaires finlandaises (à la fin des années 70 ou au début des années 80), on a pris des mesures pour limiter les rejets de substances radioactives au niveau ALARA. Les doses individuelles annuelles calculées sont de l'ordre de 0.1 % de la valeur limite (c'est-à-dire inférieures à 0.1 $\mu\text{Sv}/\text{an}$). Les exploitants des centrales nucléaires ont défini des politiques au niveau de l'entreprise par lesquelles ils s'engagent officiellement à respecter des objectifs spécifiques de sûreté de l'environnement. Les nouveaux objectifs environnementaux sont définis au moment de la certification environnementale du site des centrales. Depuis plusieurs années, la centrale nucléaire de Loviisa utilise une technique de séparation du césium des effluents liquides qui a permis aussi d'abaisser très efficacement l'activité des rejets dans l'environnement marin. À la centrale nucléaire d'Olkiluoto, un nouveau système de filtration des déchets liquides (séparation centrifuge) et un processus d'évaporation plus efficace, à quoi vient s'ajouter le recyclage de l'eau des piscines pendant le rechargement du réacteur, ont récemment permis de diminuer l'activité des effluents liquides.

L'entreprise nucléaire TVO a obtenu, pour la construction d'une centrale nucléaire, un accord de principe du Conseil des ministres qui a été entériné par le Parlement finlandais au mois de mai 2002. De 1998 à 2000, on avait procédé à une étude d'impact sur l'environnement consistant en une évaluation approfondie des deux sites nucléaires actuels en prévision de la construction d'un nouveau réacteur de 1 000 à 1 500 MWe.

La Finlande a signé la Convention OSPAR. Les rejets de radioactivité des centrales nucléaires ne se font pas directement dans le milieu marin de l'Atlantique Nord couvert par la Convention OSPAR, mais dans la mer Baltique.

France

En ***France***, le décret n°95-540 du 4 mai 1995, et l'arrêté du 26 novembre 1999 contiennent les dispositions techniques générales concernant les limites des rejets et les méthodes d'échantillonnage des effluents rejetés par les installations nucléaires de base (INB). En effet, tant la création de ces installations et que leurs rejets sont soumis à autorisation.

L'arrêté dispose, à l'article 8, pour ce qui concerne les rejets d'effluents, et à l'article 15, les rejets d'effluents liquides, que « Les installations sont conçues, exploitées et entretenues de manière à limiter les émissions d'effluents... Ces émissions doivent, dans toute la mesure du possible, être captées à la source, canalisées et, si besoin, être traitées afin que les rejets

correspondants soient maintenus aussi faibles que raisonnablement possible. En tout état de cause, l'arrêté d'autorisation fixe les limites de rejet sur la base de l'emploi des meilleures technologies disponibles à un coût économiquement acceptable et des caractéristiques particulières de l'environnement du site. » Par conséquent, l'application des MDT au sens de la Convention OSPAR a bel et bien été transcrite dans la législation française.

Politique de l'Autorité de sûreté nucléaire concernant les autorisations de rejet des INB : conformément à la déclaration de Sintra faite par l'OSPAR en 1998, l'Autorité de sûreté nucléaire française (ASN) a l'intention d'abaisser les limites de rejet pour les rapprocher des niveaux de rejets réels dans les conditions normales d'exploitation. Il importe tout particulièrement que les limites autorisées soient aussi faibles que techniquement et économiquement possible, obligeant ainsi les exploitants à recourir aux meilleures technologies disponibles à un coût économiquement acceptable, compte tenu de la qualité de l'environnement naturel, pour abaisser les niveaux de rejets.

Le raisonnement suivi pour définir les limites de rejets s'appuie à la fois sur les meilleures technologies disponibles et sur les contraintes de dose. L'exploitant est tenu de prouver qu'il a fait tout ce qui est en son pouvoir à chaque étape du processus, depuis la production des effluents jusqu'à leur traitement ultime, pour limiter autant que faire se peut les répercussions sur le ou les groupes critiques. D'autre part, il faut que l'impact soit bien inférieur à la limite réglementaire, quant bien même l'autorisation serait pleinement exploitée, de sorte qu'ajouté aux incidences d'autres sources il ne dépasse pas la limite réglementaire. Cette manière de procéder respecte le principe de la contrainte de dose.

La réglementation nationale (décret de 1995 et arrêté de 1999) exige de protéger l'environnement contre les effets des rejets et de prendre en compte les caractéristiques particulières de l'environnement du site dans la définition des limites de rejets.

Allemagne

En *Allemagne*, la nouvelle loi sur l'énergie nucléaire (Atomgesetz – AtG) est entrée en vigueur le 27 avril 2002. Cette loi de sortie du nucléaire modifie de manière radicale la loi atomique de 1959. Au lieu de favoriser l'énergie nucléaire, elle vise son abandon progressif. Elle interdit donc la construction de toute nouvelle centrale commerciale en Allemagne et établit les conditions dans lesquelles seront exploitées les centrales actuelles jusqu'à l'heure de leur fermeture.

Pour les installations nucléaires existantes, la loi atomique et le décret révisé sur la radioprotection (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) du 1er août 2001 restent la base des normes, directives et objectifs pour ce qui est de la production d'énergie nucléaire et de l'application des techniques nucléaires. La législation en vigueur repose sur les principes fondamentaux suivants :

- éviter toute exposition inutile du public ;
- éviter toute contamination inutile de l'homme et de l'environnement ; et
- limiter le plus possible l'exposition aux rayonnements et la contamination compte tenu des progrès scientifiques et technologiques.

Conformément à la Directive (96/29 Euratom) du Conseil de l'Union européenne, le décret révisé sur la radioprotection établit une limite de dose de 1 mSv pour les personnes du public. D'autres limites sont fixées pour les doses résultant des rejets d'effluents liquides et gazeux des installations nucléaires :

| | | |
|---|---|-----------|
| 1 | Dose efficace individuelle | 0.3 mSv/a |
| 2 | Dose reçue au niveau de gonades, de l'utérus, de la moelle osseuse rouge | 0.3 mSv/a |
| 3 | Dose reçue au niveau de tous les organes et tissus à l'exception de ceux figurant en 2 et 4 | 0.9 mSv/a |
| 4 | Dose reçue au niveau de la surface osseuse et de la peau | 1.8 mSv/a |

Ces doses doivent être calculées pour une personne de référence à des points d'impact définis, compte tenu des voies d'exposition pertinentes et de modes de vie prédéfinis. Les émissions et rejets d'autres installations nucléaires doivent être également pris en compte.

Pour ce qui concerne les installations nucléaires qui se trouvent en Allemagne, la définition de l'état d'avancement de la science et de la technologie, et partant, des meilleures techniques disponibles, est à trouver dans les directives techniques que publie la Kerntechnischer Ausschuss (KTA – Commission des normes de sûreté nucléaire). La série de normes de sûreté consacrée au contrôle et à la gestion des activités énonce les normes techniques à respecter pour le matériel et contient des informations détaillées sur les

techniques à utiliser. D'autres instructions détaillent les conditions de surveillance des rejets. Le Deutsches Institut für Normung – DIN, (c'est-à-dire l'Institut de normalisation), de son côté, établit des normes pour le traitement des effluents radioactifs. Les normes de sûreté émanant de la KTA et du DIN sont révisées tous les cinq ans.

L'autorité du Land où se trouve l'installation est chargée de délivrer les autorisations de construction et d'exploitation des installations nucléaires et de procéder à tous les contrôles nécessaires. C'est à elle qu'il revient également de délivrer des autorisations de rejet de substances radioactives dans l'environnement. Ces autorités sont elles-mêmes sous la tutelle du ministère fédéral de l'Environnement (BMU), ce qui garantit l'uniformité des critères d'autorisation et de surveillance dans le pays.

Japon

Au **Japon**, l'administration centrale a été profondément restructurée en janvier 2001. Dans cette nouvelle structure administrative, c'est le ministère de l'Economie, du Commerce et de l'Industrie (METI) qui est le principal responsable de la réglementation de la sûreté de toutes les installations et activités nucléaires, l'Agence de sûreté nucléaire et industrielle (NISA) a d'ailleurs été créée en son sein pour administrer la réglementation de la sûreté.

Les normes de protection radiologique des installations nucléaires sont énoncées dans la loi portant réglementation des matières brutes, combustibles et réacteurs nucléaires ainsi que dans la loi sur l'industrie électrique et dans les divers règlements pris en application de ces lois ainsi que dans des directives. Les recommandations de la CIPR sont intégrées à la législation et aux réglementations nationales. Les recommandations 1990 de la CIPR (Publication 60) l'ont été en avril 2001, après révision des arrêtés et circulaires ministériels sur ce sujet.

Les arrêtés ministériels, les règles concernant les réacteurs commerciaux et les règles relatives aux usines de retraitement etc., établis en application de la loi portant réglementation des réacteurs nucléaires contiennent les prescriptions à respecter pour les rejets ou le stockage des déchets radioactifs et la surveillance des substances radioactives rejetées, etc. Les Prescriptions relatives aux limites de dose s'appuient sur ces arrêtés. Pour le public, les limites de doses sont de 1 mSv/an pour la dose efficace et de 15 et 50 mSv/an pour la dose équivalente au cristallin et à la peau respectivement. On trouve également dans ces Prescriptions les concentrations maximales de substances radioactives au-delà du périmètre surveillé.

Les exploitants ont déployé beaucoup d'efforts non seulement pour se conformer aux limites de dose admissibles, mais aussi pour abaisser les doses au niveau ALARA. Au cours de l'instruction de la demande d'autorisation de création d'une installation nucléaire, on vérifie que cette demande est conforme aux dispositions des Guides établis par la Commission de sûreté nucléaire du Japon (NSC) ainsi qu'à la législation et aux normes techniques. Le Guide pour l'établissement des objectifs de dose à proximité du site, notamment, donne des valeurs numériques permettant d'abaisser les doses reçues par le public au niveau ALARA. Dans ce guide, la NSC impose une valeur de 0.05 mSv, soit un vingtième de la limite de dose pour le public. L'exploitant calcule une valeur numérique annuelle des rejets, qui servira de référence et correspond à la valeur numérique à proximité du site, et s'efforce de maintenir des rejets d'effluents radioactifs en dessous de cette valeur de référence. La NISA prend connaissance de la valeur numérique de référence ; l'exploitant lui communique les rapports correspondants. De cette manière, il a été possible de réduire à moins de 1 μ Sv/an la dose au public due aux rejets d'effluents radioactifs.

Dans le Guide de surveillance radioécologique, la NSC fixe également les règles de base pour l'établissement et la mise en oeuvre du plan de surveillance ainsi que les calculs de la dose de rayonnement. D'après ce guide, l'exploitant est tenu d'effectuer une surveillance radiologique dans les environs du site dans des conditions normales d'exploitation, d'évaluer l'impact des rejets sur l'environnement et de rendre compte des résultats de ses efforts limiter les rejets et mieux gérer son installation. De leur côté, les autorités locales veillent à la protection sanitaire et à la sécurité de la population par des contrôles des niveaux de rayonnement à proximité du site.

Espagne

La réglementation en matière de protection sanitaire contre les rayonnements ionisants (dernière version de 2001) contient les règles en vigueur en Espagne concernant les niveaux, la surveillance et la maîtrise des effluents radioactifs en Espagne. Elle stipule en particulier que les installations produisant des déchets radioactifs doivent être équipées de systèmes de traitement et d'élimination permettant de maintenir les doses imputables aux rejets en dessous des limites établies dans les autorisations administratives et, en tout cas, au niveau le plus faible possible.

Deux importantes révisions des limites de rejet d'effluents des centrales nucléaires ont eu lieu ces dernières années.

Tout d'abord, en 1997, les critères radiologiques ont été entièrement revus et mis à jour afin d'établir un système homogène pour toutes les installations. La révision a été effectuée en fonction des critères suivants :

- Formuler des limites de rejet en termes de doses annuelles, ce qui permet d'appliquer la même limite de dose à toutes les installations.
- Fixer à 0.1 mSv/an la limite de dose totale pour l'installation. Cette valeur a été jugée représenter un pourcentage satisfaisant de la contrainte de dose définie au préalable par le CSN pour l'ensemble des installations du cycle du combustible (0.3 mSv/an), et respecter la limite de dose pour l'exposition du public (1 mSv/an).
- Appliquer les limites de doses annuelles sur une base mensuelle, c'est-à-dire sur 12 mois consécutifs plutôt qu'une année.
- Répartir la limite de dose totale en effluents liquides et effluents gazeux, compte tenu des caractéristiques spécifiques de la conception des systèmes de traitement particuliers et des propriétés du site.
- Estimer des coefficients reliant le rejet à la dose en fonction du site, et cela pour chaque nucléide libéré, de façon à faciliter le contrôle des rejets.

Après la transposition en droit national de la Directive EURATOM de 1996 sur les normes fondamentales de sûreté, ces limites ont été mises à jour. Une révision complète des calculs de dose hors site a été effectuée, donnant lieu à des modifications non seulement des coefficients de dose mais aussi de divers facteurs tels que les taux de consommation d'aliments, après étude approfondie des valeurs nationales. Les nouvelles limites sont entrées en vigueur au mois de janvier 2002.

Au début des années 90, le CSN a établi des « niveaux de référence » pour les effluents liquides et gazeux. Ces niveaux sont exprimés en activité par groupes de nucléides, décrivant ainsi ce que doit être le fonctionnement optimal du réacteur en termes de production de déchets radioactifs et de rejets dans l'environnement. Bien que ces valeurs soient très inférieures aux limites, l'exploitant est tenu de justifier toute hausse soutenue et de retrouver les niveaux d'origine si possible. En imposant aux exploitants d'utiliser les meilleures technologies disponibles et d'améliorer leurs procédures d'exploitation, on limite les rejets et on préserve la qualité de l'environnement naturel.

Par ailleurs, les exploitants sont censés démontrer qu'ils font tout ce qui est en leur pouvoir pour diminuer les rejets, depuis le moment où sont produits les déchets jusqu'à leur passage dans les systèmes de traitement des effluents, et pour maintenir l'impact radiologique au niveau le plus bas qui soit techniquement et économiquement réalisable. Il leur faut établir un programme d'amélioration qui leur permette d'apprécier les conditions de sûreté dans l'installation en fonction de l'application des nouvelles réglementations, des progrès de la technologie (MTD) et du retour d'expérience. Ces dernières années, il a été également demandé aux exploitants de procéder au réexamen périodique de la sûreté décennal. Cet examen est destiné à :

- analyser le comportement d'ensemble de la centrale sur une longue période ;
- s'assurer que les leçons tirées de l'analyse du retour d'expérience ont bien été mises en pratique ;
- juger de la possibilité d'introduire dans l'installation des modifications qui ont été apportées aux centrales de nouvelle génération.

En résumé, le système réglementaire mis en place en Espagne est parfaitement adapté à une politique clairement énoncée qui impose l'emploi de l'équivalent des MDT et repose sur des préceptes garantissant le respect du principe de précaution et de la lutte contre la pollution.

Suède

En *Suède*, les règlements (SSI FS 2000:12, de l'Autorité suédoise de protection radiologique) concernant la protection de la santé humaine et de l'environnement contre les rejets de radioactivité de certaines installations nucléaires sont entrés en vigueur le 1er janvier 2002. Cette réglementation s'appuie sur la loi de protection radiologique de 1988, qui englobe la protection de l'environnement, sur la Directive 96/29/Euratom, sur la nouvelle loi sur l'environnement (1998), ainsi que sur la décision du Parlement suédois de placer la sûreté radiologique de l'environnement parmi les 15 objectifs de qualité environnementale du pays, ainsi que la Convention OSPAR et la stratégie suivie par la Commission depuis 1998. Par ailleurs, la préparation de cette réglementation intègre 20 ans de retour d'expérience sur les réacteurs, une connaissance plus approfondie de la radioécologie, les tendances des rejets fondées sur les données de l'UNSCEAR ainsi que le fait que la Suède envisage d'abandonner l'énergie nucléaire sans avoir établi de calendrier précis. Cette réglementation recouvre la protection de la santé humaine et de l'environnement

contre les rejets de substances radioactives des réacteurs nucléaires, des réacteurs de recherche, des usines de fabrication du combustible et les rejets effectués lors de l'entreposage et de la manipulation des combustibles nucléaires usés, et de l'entreposage, du traitement ou du stockage définitif des déchets nucléaires avant la fermeture du dépôt.

La limitation des rejets de substances radioactives des installations nucléaires s'appuiera sur le principe de l'optimisation de la protection (ALARA) et sur les meilleures techniques disponibles (MTD). Ces meilleures techniques sont définies comme les mesures les plus efficaces que l'on puisse utiliser sans payer un coût déraisonnable pour limiter les rejets de substances radioactives ainsi que les effets nocifs de ces rejets sur la santé humaine et l'environnement.

Les meilleures techniques disponibles s'appliqueront à toutes les sources, en particulier aux réacteurs de puissance. Les niveaux de rejet actuels d'un réacteur nucléaire sont appelés valeurs de référence, tandis que la valeur cible est définie comme le niveau à atteindre, dans un intervalle de temps donné, grâce aux MTD.

La dose efficace reçue par un individu, qu'il s'agisse d'un adulte ou d'un enfant, du fait des rejets annuels de toutes les installations d'une région doit être inférieure à 0.1 mSv. Si la dose estimée dépasse 0.01 mSv/an, il convient de calculer des doses réalistes pour les individus de la zone la plus touchée. La réglementation énonce les conditions de surveillance des rejets, de l'environnement, d'assurance de la qualité, ainsi que les plans d'action à mettre en œuvre en cas de défaillance du combustible, et la documentation et les rapports à fournir.

Pour la mise en œuvre de cette réglementation suédoise, il a fallu fixer les valeurs de référence et les valeurs cibles, revoir les calculs des modèles, redéfinir les groupes critiques et mesurer les rejets de ^{14}C et d' ^3H à l'atmosphère.

Royaume-Uni

Au ***Royaume-Uni***, les autorités concernées ont publié une nouvelle stratégie pour les rejets de substances radioactives (2001-2020), à laquelle sont intégrées les dispositions de la Stratégie OSPAR visant les substances radioactives convenues lors de la réunion ministérielle de 1998 de l'OSPAR à Sintra, au Portugal. Le Royaume-Uni a également publié, à l'intention des autorités de sûreté d'Angleterre et du Pays de Galles, un projet de guide officiel

sur la réglementation des rejets de substances radioactives dans l'environnement par les sites nucléaires. La nouvelle stratégie britannique et ce guide utilisent toujours la valeur de la limite de dose qui a été convenue à l'échelle internationale, à savoir 1 mSv par an pour les personnes du public, ainsi qu'une contrainte de dose de 300 $\mu\text{Sv}/\text{an}$, pour une source unique, et de 500 $\mu\text{Sv}/\text{an}$, pour un site. La stratégie du Royaume-Uni recouvre les rejets de radioactivité des installations du cycle du combustible nucléaire, la production électronucléaire, de même que les activités de défense et de recherche, entre autres. Pour chaque secteur industriel, on établit des profils des rejets prévus. À la base du projet on trouve les idées qu'il faut diminuer progressivement les niveaux et limites de rejet et adopter des limites de rejet qui soient aussi proches que possible que les niveaux réels de rejet, sans marge excessive. Pour réduire les quantités rejetées, les exploitants de centrales nucléaires sont tenus d'utiliser les « meilleurs moyens utilisables », formule équivalant, au Royaume-Uni, des meilleures techniques disponibles (MTD), lorsqu'on parle d'optimisation. La stratégie OSPAR mise en place en 1998 s'est traduite par un changement de la politique du Royaume-Uni en matière de rejets. La nouvelle stratégie du pays vise une baisse des rejets d'effluents radioactifs telle qu'après 2020 aucun membre du public ne soit exposé à plus de 20 $\mu\text{Sv}/\text{an}$ du fait des effluents rejetés après cette date, ce qui représente un risque supplémentaire avoisinant un sur un million (10^{-6}) par an. Pour calculer les doses reçues par le public, on tient compte des modes de vie du groupe critique, ainsi que de l'évolution prévisible de ses habitudes. Les autorités de sûreté du Royaume-Uni travaillent actuellement à la fabrication d'un document énonçant les principes d'évaluation des doses de rayonnement reçues par le public du fait des rejets de déchets radioactifs dans l'environnement.

Cette nouvelle stratégie des rejets des substances radioactives a été élaborée dans le cadre d'un processus auquel participaient les autorités de sûreté ainsi que l'industrie.

Le projet de guide destiné aux autorités de sûreté d'Angleterre et du Pays de Galles dispose que les autorités de sûreté doivent tenir compte des seuils d'intervention établis par la Communauté européenne pour les aliments de façon à ne pas fixer des limites pour les rejets de substances radioactives dans les conditions normales d'exploitation qui puissent dépasser ces seuils d'intervention.

États-Unis

En 1991, dans son Code of Federal Regulations (CFR), la Nuclear Regulatory Commission (NRC) des *États-Unis* a révisé ses normes de protection contre les rayonnements (56 CFR 23360-23474). Malgré la parution, l'année précédente, de la révision de 1990 de la Publication 60 de la CIPR qui aurait pu, par conséquent, être intégrée à la réglementation américaine, la NRC n'était pas convaincue, contrairement à la Publication 60 de la CIPR, de l'urgence d'une nouvelle réduction des limites de dose au vu des dernières estimations des risques. Justifiant les révisions apportées au 10 CFR, Partie 20, la NRC expliquait que le fait de respecter les niveaux ALARA pour l'exposition au rayonnement permettait de maintenir la radioexposition professionnelle moyenne non seulement à des niveaux nettement inférieurs aux limites précisées tant dans la version antérieure que dans la version modifiée du 10 CFR, Partie 20, mais aussi à des niveaux en deçà des limites recommandées par la CIPR. En attendant que les recommandations finales de la CIPR soient publiées et que la nécessité de réviser encore la réglementation soit établie, elle était d'avis de prescrire les limites de doses proposées de 5 mSv par an plutôt que de remettre à plus tard les réductions de doses que permettraient déjà les modifications apportées à la Partie 20.

En raison de l'application du principe ALARA aux normes de rejet d'effluents dans l'Annexe 1 du 10 CFR, Partie 50, dans le cas des réacteurs de puissance, et dans le 40 CFR, Partie 190, de l'US Environmental Protection Agency (EPA), pour le cycle du combustible à l'uranium, les doses imputables aux effluents radioactifs du cycle du combustible étaient déjà bien inférieures à la norme de 1 mSv par an spécifiée dans la règle finale. Ce niveau de 1 mSv par an est le niveau recommandé en 1985 par la CIPR pour la limite de dose applicable au grand public. Plus récemment, en 1996, le 10 CFR 20.1101 a imposé une nouvelle valeur ALARA applicable aux émissions atmosphériques des installations autorisées, selon laquelle l'individu susceptible de recevoir la dose la plus forte ne doit pas être exposé à plus de 0.1 mSv par an du fait de ces émissions. L'exploitant qui ne parvient pas à respecter cette valeur a l'obligation de communiquer un rapport écrit à l'autorité réglementaire (NRC ou État sous convention avec la NRC). Cette modification de la réglementation a permis de mettre fin au double système de réglementation des émissions atmosphériques, par la NRC mais aussi par l'EPA.

4. SITUATION ACTUELLE DES REJETS D'EFFLUENTS DES INSTALLATIONS NUCLÉAIRES

Le Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR) recueille des données et évalue régulièrement les rejets d'effluents radioactifs des installations nucléaires. Il en déduit ensuite les niveaux moyens de rejet de radionucléides de ces installations, par exemple. Ces moyennes servent à estimer des expositions résultantes pour chaque type de réacteur.

Cette évaluation des rejets par l'UNSCEAR se fonde sur les données fournies par les pays détenant des installations nucléaires. Les données communiquées sont très étoffées et détaillées. Il n'existe pourtant pas de format de notification établi, ce qui signifie que les données ne sont pas toujours compatibles. Certaines données, de qualité douteuse, sont parfois omises dans l'évaluation.

Rejet d'effluents des réacteurs de puissance

Les rejets annuels moyens de radionucléides des réacteurs de puissance sont regroupés en fonction de filières de réacteurs (REP, REB, GCR, REL, RBMK, RNR). Sont portées sur la figure 1 des tendances à plus long terme calculées d'après les rejets moyens normalisés de radionucléides de chaque filière de réacteur, REP, REB, GCR et REL. (UNSCEAR 2000).

Pour les REP et les REB, on s'aperçoit que ces rejets normalisés sont soit relativement stables ou en diminution. Toutefois, les rejets de particules radioactives dans l'atmosphère des REB font exception. Un examen plus attentif des données révèle que cette exception correspond à l'exploitation d'un réacteur particulier et ne dénote donc pas une tendance propre à tous les réacteurs REB.

Figure 1. Évolutions des rejets normalisés de radionucléides des réacteurs REP, REB, GCR et REL

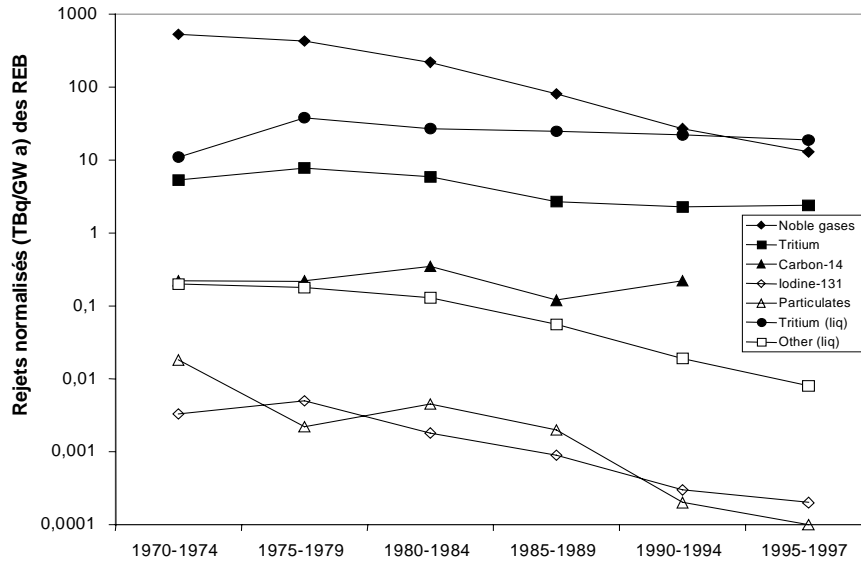
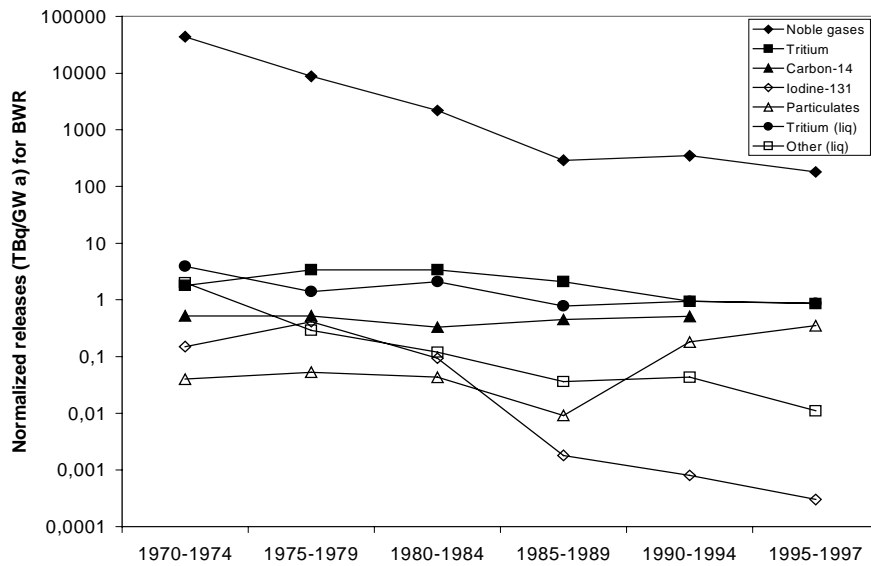
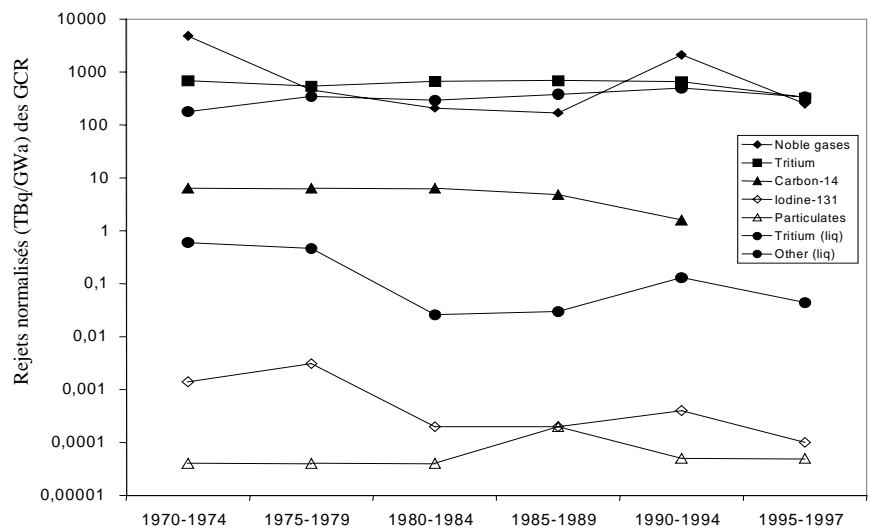
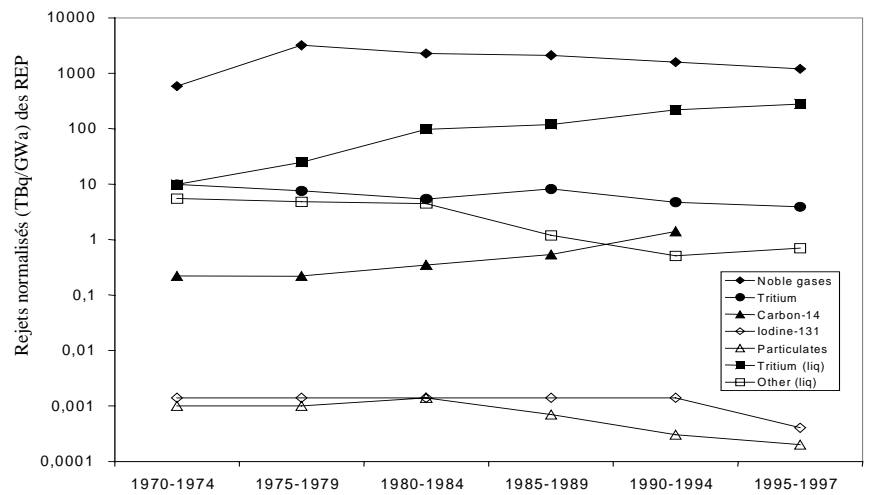


Figure 1. Évolutions des rejets normalisés de radionucléides des réacteurs REP, REB, GCR et REL (suite)



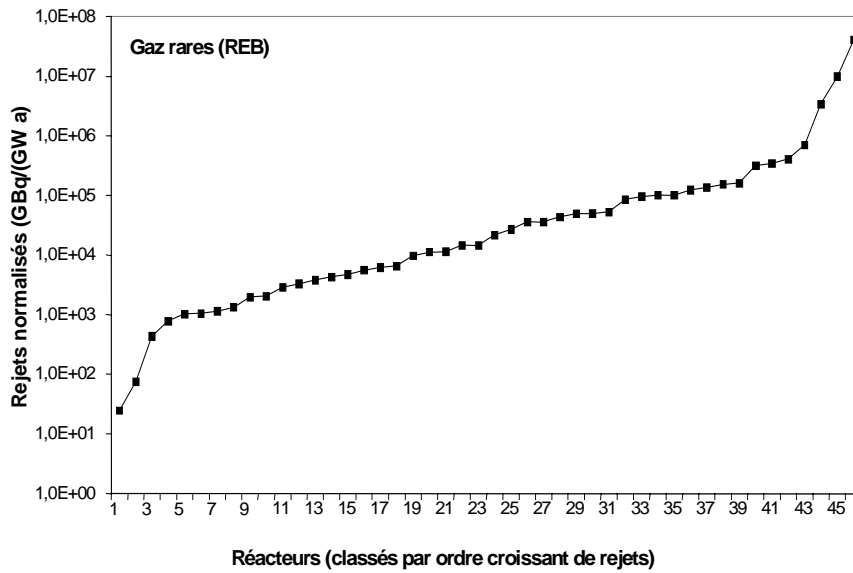
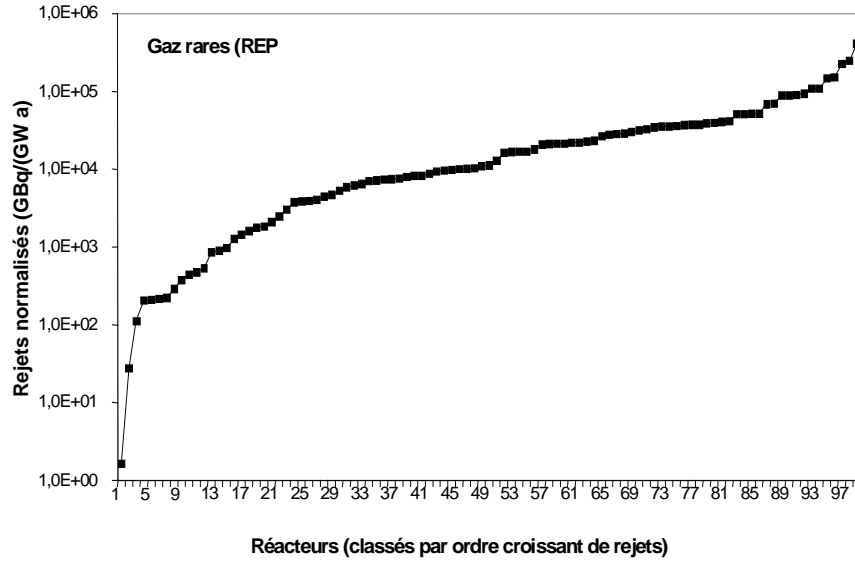
La plupart des réacteurs à gaz (GCR) se trouvent au Royaume-Uni. Il s'agit soit de réacteurs de la filière Magnox (une ancienne filière) soit de réacteurs à gaz avancés (les AGR, filière plus récente). Les réacteurs Magnox fonctionnent avec un combustible en uranium naturel métallique, placé dans une gaine en alliage de magnésium (Magnox), un modérateur en graphite et un caloporteur constitué de dioxyde de carbone. Les AGR brûlent du dioxyde d'uranium enrichi installé dans une gaine en acier inoxydable, le modérateur est du graphite et le caloporteur du dioxyde de carbone. A chaque filière de réacteur correspondent des rejets différents.

Dans le cas des centrales Magnox, la situation se complique encore car quatre des réacteurs exploités (Calder Hall, Chapelcross, Dungeness A et Sizewell A) sont équipés de cuves en acier tandis que les deux autres (Oldbury et Wylfa) possèdent des cuves en béton, mais aussi parce que, dans tous ces réacteurs, à l'exception de Wylfa (le plus puissant), le combustible utilisé est entreposé sous eau, dans des piscines de refroidissement, avant d'être transporté pour retraitement, tandis que Wylfa a opté pour l'entreposage à sec. Ces différences de conception se répercutent évidemment sur les rejets. En particulier, les réacteurs à cuves en acier rejettent des quantités relativement importantes d'argon-41, produit par activation neutronique de l'air qui circule entre la cuve et le bouclier biologique en béton, tandis que, pour les centrales Magnox équipées de piscines d'entreposage du combustible utilisé, les autorités de sûreté ont jugé nécessaire de spécifier une limite aux rejets aqueux de césium-137.

Toutes les centrales AGR possèdent des cuves en béton et entreposent le combustible utilisé dans des piscines de refroidissement avant qu'il ne soit transporté à l'usine de retraitement.

L'analyse des données de rejet enregistrées sur la dernière période quinquennale disponible, à savoir 1990-1994, dans le rapport UNSCEAR 2000, révèle des différences significatives entre les rejets des différents réacteurs, qui peuvent s'expliquer notamment par l'intégrité du combustible, les systèmes de traitement des déchets, les procédures et les opérations de maintenance réalisées. Les rejets normalisés de gaz rares, de tritium, d'iode-131 et de particules dans les effluents gazeux ainsi que de tritium et d'autres radionucléides dans les effluents liquides varient tous dans de fortes proportions. Pour les radionucléides autres que le tritium dans les effluents liquides, cet intervalle de variation est supérieur à plus de huit ordres de grandeur. À titre d'exemple, les rejets normalisés de gaz rares des REP et des REB ont été reportés sur la figure 2.

Figure 2. Rejets normalisés de gaz rares de 99 REP et 46 REB



La dispersion importante des données s'explique en partie par les différences entre les données communiquées, notamment, dans le cas des gaz rares, par le niveau de comptabilisation d'isotopes à vie courte. La diversité des pratiques de mesure sur les sites des réacteurs peut également contribuer à cette dispersion.

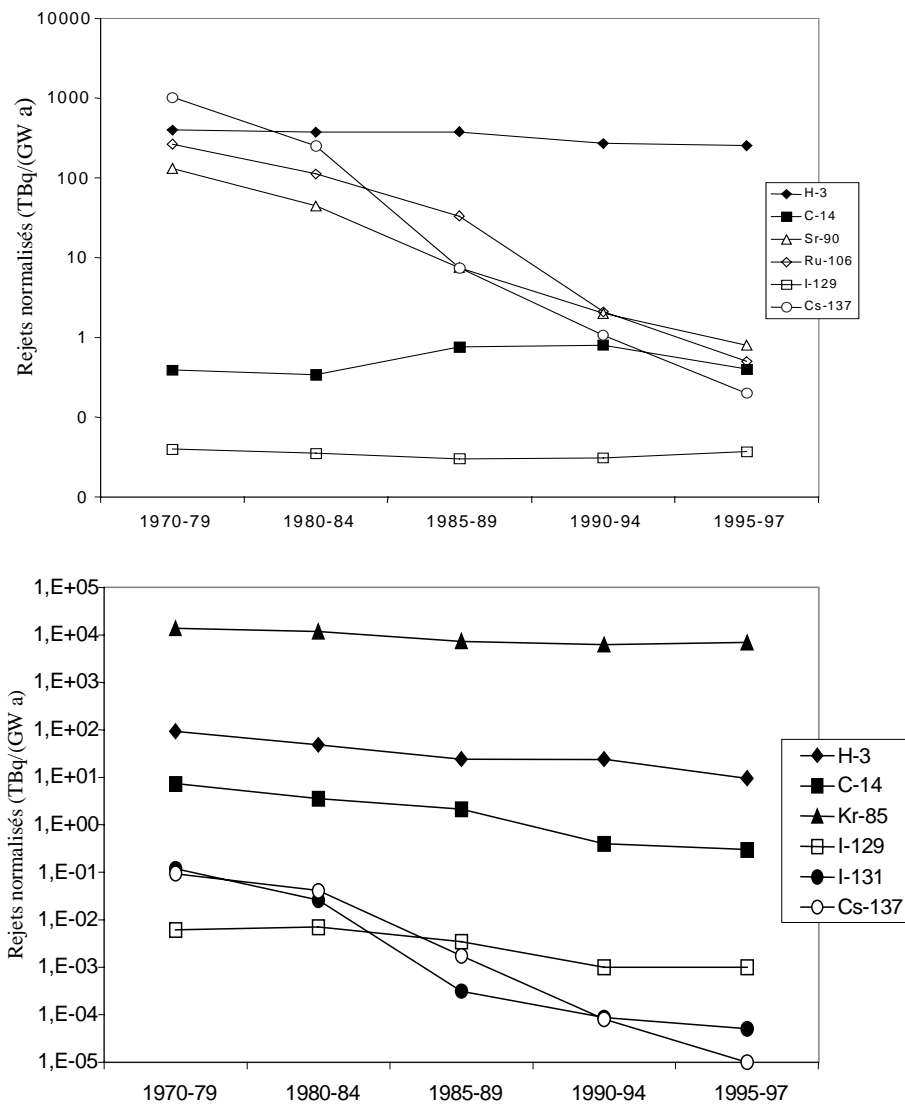
Rejets d'effluents des usines de retraitement du combustible

Les effluents rejetés dans des conditions normales d'exploitation par les principales usines commerciales de retraitement du combustible en France, au Japon et au Royaume-Uni sont surtout des effluents liquides déversés en mer. Les rejets moyens normalisés par unité d'énergie produite sont résumés sur la figure 3. On observera que, sur le long terme, les rejets dans l'atmosphère ou en mer ont diminué. Cela vaut pour la plupart des radionucléides, mais d'autant plus pour les rejets de ruthenium-106, de strontium-90, et de césium-137 dans la mer et pour les rejets de césium-137 et de iode-131 dans l'atmosphère.

Estimation des doses

Dans le cas des réacteurs de puissance, les concentrations de radionucléides rejetées dans l'environnement sont souvent impossibles à mesurer parce que trop faibles, excepté à proximité de l'installation et à condition de se limiter à un petit nombre de radionucléides. Par conséquent, pour calculer les doses reçues par la population, il faut se fonder sur la modélisation du transport atmosphérique et aquatique et des transferts environnementaux de la radioactivité libérée, et ensuite appliquer un modèle de dose numérique. L'UNSCEAR applique les procédures d'évaluation de dose à un site modèle hypothétique caractérisé par des conditions environnementales représentatives. Cet organisme donne principalement les doses efficaces collectives normalisées par unité d'énergie électrique produite (hommeSv/GWa) imputables aux radionucléides rejetés aux diverses étapes du cycle du combustible nucléaire. Les tendances à plus long terme révèlent une diminution des doses due aux réductions des rejets des réacteurs et des usines de retraitement du combustible. Par rapport à la période d'évaluation antérieure, c'est-à-dire 1970-1979, les doses efficaces collectives normalisées ont diminué entre 1995 et 1997 de plus d'un ordre de grandeur, pour ce qui concerne les usines de retraitement, et d'un facteur 7 dans le cas des rejets des réacteurs.

Figure 3. Évolutions des rejets de radionucléides dans les effluents gazeux et liquides des usines de retraitement de combustible



Pour le site modèle de réacteur, les doses efficaces annuelles moyennes reçues par les individus sont calculées à partir des données de rejet en supposant que la dose collective totale pour une filière de réacteur provoque l'exposition d'un seul groupe de population local (densité de population : 400 habitants par km² dans un rayon de 50 km). Dans cette hypothèse, les doses annuelles s'élèvent à 5 µSv pour les REP et les GCR, 10 µSv pour les REB et les REL, 2 µSv pour les réacteurs RBMK et 0.04 µSv pour les RNR. D'après l'UNSCEAR, des doses individuelles communiquées pour ces sites de réacteurs se situent entre 1 et 500 µSv.

S'agissant du retraitement du combustible, la dose efficace moyenne engagée pour une population locale unique (3.1 10⁶ habitants dans un rayon de 50 km) avoisinerait 10 µSv par année d'exploitation. Cette dose est délivrée sur une période plus longue, en particulier s'il s'agit de Carbon-14.

5. CARACTÉRISATION DES REJETS D'EFFLUENTS DES INSTALLATIONS NUCLÉAIRES EXPLOITÉES ET TECHNIQUES DE REDUCTION

Ce chapitre est consacré à la caractérisation des rejets d'effluents des installations nucléaires exploitées, principalement des centrales nucléaires, ainsi qu'à l'examen des techniques actuelles de gestion des effluents.

Caractérisation des rejets d'effluents des centrales nucléaires en exploitation

L'analyse qui suit s'appuie sur les statistiques des rejets génériques d'effluents d'une centrale nucléaire moderne de 1 300 MW(e) et d'une usine de retraitement, qui ont été établies pour la publication de l'AEN intitulée *Les incidences radiologiques des options de gestion du combustible nucléaire usé : une étude comparative* (OCDE/AEN, 2000). Ces statistiques ont été reportées à l'annexe 3.

L'analyse de ces statistiques de rejets révèle, pour résumer, que les centrales nucléaires modernes rejettent essentiellement, en quantités détectables dans l'environnement, les radionucléides à vie longue que sont le tritium, le carbone-14 et le krypton-85. Les doses (extrêmement faibles) au public sont essentiellement imputables aux rejets de carbone-14. Il n'existe pas aujourd'hui de technique pour réduire ces rejets de tritium et de carbone-14. Il n'existe pas non plus de techniques de réduction en fin de cycle pour le krypton-85. Cependant, les gaz rares radioactifs peuvent être retenus dans le combustible et leurs rejets optimisés par une gestion judicieuse du combustible. S'agissant des réacteurs à gaz, il faut néanmoins nuancer ces affirmations car, dans ce cas, le carbone-14 est essentiellement responsable de la dose collective mais non la dose au groupe critique.

S'agissant des rejets des effluents d'une centrale nucléaire type, il est cependant possible d'apporter les précisions suivantes :

- Les concentrations d'actinides détectables dans les effluents gazeux et liquides des centrales nucléaires sont très faibles.
- Les produits d'activation et de fission sont concentrés et confinés et représentent de très faibles activités dans les effluents gazeux et liquides. En général, ces radionucléides sont indétectables dans les prélèvements effectués dans l'environnement d'une centrale nucléaire. D'après les calculs de modèles, ces rejets sont à l'origine de très faibles doses à la population. L'objectif pour les réacteurs à gaz (comme pour les autres types de réacteurs) est de retenir les produits de fission à l'intérieur du combustible. Les circuits de gaz des réacteurs sont équipés de systèmes très sensibles de détection des défaillances du combustible qui permettent d'éliminer en très peu de temps un combustible défaillant et ainsi de maintenir à un niveau très faible la contamination des circuits de gaz du réacteur par les produits de fission. (Seule exception, le tritium produit par fission ternaire, qui a tendance à diffuser à travers la gaine de combustible).

Des mesures diverses ont été adoptées pour empêcher les produits de fission d'un combustible défaillant de passer dans la piscine de refroidissement du combustible et pour décontaminer ces piscines au cas où ce type d'incident se produirait. Malgré tout, on retrouve des produits de fission dans les effluents liquides, en particulier si la centrale est du type Magnox. Le principal radionucléide incriminé est le césium-137, élément qui est soumis à des limites spécifiques dans les centrales Magnox équipées de piscines de refroidissement et qui est d'ailleurs le principal responsable de la dose au public résultant des rejets d'effluents liquides de ces centrales. Il peut être détecté dans des prélèvements effectués dans l'environnement (comme parfois le cobalt-60 et le césium-134).

Le tritium, le carbone-14, le soufre-35, l'argon-41, le fer-55 et le cobalt-60 comptent parmi les principaux produits d'activation que l'on trouve dans des réacteurs à gaz. Le fer-55 et le cobalt-60 sont surtout liés à des particules qui sont en grande partie arrêtées par les filtres. Les autres produits d'activation énumérés ici sont pour l'essentiel rejetés tels quels, parfois après un transfert de la phase gazeuse à la phase liquide, car les rejets liquides ont un impact radiologique plus faible. Le tritium, le carbone-14 et le soufre-35 peuvent parfois être détectés dans des échantillons prélevés dans l'environnement.

- Les gaz rares sont rejetés avec les effluents gazeux, notamment pendant les arrêts pour rechargement. En général, ils ne peuvent pas être détectés dans les échantillons prélevés dans l'environnement d'une centrale et donnent lieu à de faibles doses à la population. Le krypton-85, gaz rare radioactif, est le seul radionucléide dont la période dépasse quelques jours (10.7 ans). Il est détectable, à de très faibles concentrations, dans l'atmosphère. Les rejets d'argon-41 des réacteurs à gaz constituent un cas spécial. Dans les centrales Magnox équipées de cuves en acier (et non en béton), il est produit par activation neutronique de l'air de refroidissement. Le rayonnement direct dû au panache d'argon-41 est responsable d'une proportion significative de la faible dose reçue par les membres les plus exposés du public. Dans toutes les centrales Magnox et AGR, l'argon-41 est également produit par activation de l'argon à l'état de traces dans le dioxyde de carbone et s'échappe avec le réfrigérant dans l'environnement.
- Le tritium des centrales nucléaires est rejeté avec les effluents liquides et gazeux dans l'environnement sans subir de traitement. C'est pourquoi on peut en trouver de faibles concentrations dans les échantillons prélevés dans l'environnement, y compris du tritium d'origine naturelle. Étant donné les très faibles facteurs de dose du tritium, les doses au public correspondant à ces concentrations sont elles-mêmes faibles. Dans les REP et les REB, la quantité de tritium produit est directement liée à la production d'électricité. Dans les réacteurs à gaz, elle dépend de l'humidité présente dans le circuit de gaz du réacteur, qui est variable. Il n'existe donc pas de corrélation simple avec la production d'électricité.
- Le carbone-14 des centrales nucléaires est rejeté sans être traité avec les effluents liquides et gazeux. On en trouve de faibles concentrations dans les échantillons prélevés dans l'environnement, y compris du carbone-14 naturel. Étant donné les efforts consentis pour réduire les rejets d'autres effluents radioactifs, le carbone-14 rejeté est l'un des principaux responsables de la dose collective totale (très faible) au public imputable aux centrales nucléaires.

L'optimisation des rejets pose un problème de priorité. Toute technique permettant de réduire les quantités d'un radionucléide rejeté, au prix d'une augmentation des rejets d'un autre radionucléide, posera nécessairement la question de la meilleure façon d'optimiser et des priorités à accorder aux différents facteurs, par exemple l'impact sur l'homme, sur l'environnement, les répercussions aujourd'hui et les effets futurs.

Techniques disponibles

Les meilleures techniques de gestion des effluents recouvrent tant la technologie employée que la façon dont les installations nucléaires sont conçues, construites, entretenues, exploitées et démantelées. Tous ces facteurs doivent être pris en compte lorsque l'on conçoit des installations nucléaires, si l'on veut optimiser les processus et simultanément protéger le mieux possible l'environnement. Cela risque de se vérifier en particulier avec les nouvelles générations de réacteurs, tels que le réacteur passif avancé de 1 000 MW (AP1000) de Westinghouse ou le réacteur modulaire à lit de boulets sud-africain de 120 MW (PBMR) qui, tous deux, sont de conception modulaire et, de ce fait, peuvent être construits ou agrandis dans des délais très brefs pour satisfaire les besoins énergétiques locaux. Malgré tout, une fois l'installation nucléaire construite, il existe en général moins d'occasions de modifier la conception des procédés, si bien qu'optimiser la gestion des effluents revient pour l'essentiel à améliorer les techniques de réduction des rejets.

La difficulté de revenir sur la conception est d'autant plus grande que la centrale a été construite dans les années 1950 et 1960, lorsque les normes de protection environnementale étaient différentes. Inévitablement, il en coûte beaucoup plus cher de réduire les rejets de ces anciennes centrales que lorsqu'il s'agit de nouvelles où le recyclage et la récupération peuvent être d'emblée intégrés à la conception du procédé nucléaire.

Il existe un large éventail de technologies pour réduire ou éliminer les émissions. Elles sont souvent associées pour parvenir à des facteurs de décontamination très élevés (FD). On peut citer :

Réduction des effluents liquides

- Précipitation chimique
- Hydrocyclonage
- Rétrofiltration
- Résines échangeuses d'ions
- Osmose inverse
- Ultrafiltration
- Évaporation

Réduction des effluents gazeux

- Précipitation électrostatique
- Cyclonage
- Adsorption chimique
- Filtres à très haute efficacité (THE)
- Cryogénie

Réduction des effluents liquides

La précipitation chimique est une technique grossière qui permet d'éliminer les radionucléides en solution aqueuse, tels que le césium ou le plutonium, en général par ajout d'une base pour relever le pH de la solution, ce qui permet la co-précipitation des radionucléides sous forme de carbonates et d'hydroxydes insolubles. Les résines échangeuses d'ions affinent le traitement des effluents car elles éliminent de très faibles niveaux de contamination. Les effluents liquides ainsi traités sont filtrés avant de passer par une colonne échangeuse d'ions dans laquelle une résine échangeuse de cations extrait les cations strontium, césium ou cobalt et les remplace par les cations sodium ou calcium. Toutes ces techniques combinées permettent d'obtenir des facteurs de décontamination qui se situent normalement entre 10^3 et 10^6 .

Les effluents liquides peuvent également contenir des radionucléides insolubles, en général des produits de corrosion du réacteur ou des oxydes métalliques de granulométrie variable, en solution. Ils ne peuvent être éliminés par précipitation ou échange d'ions et exigent l'application de techniques de séparation physique, telles que la centrifugation ou la rétrofiltration. L'hydrocyclonage consiste à séparer les particules radioactives solides en envoyant les effluents liquides dans un tourbillon. Les forces centrifuges forcent les particules à migrer vers la paroi de l'installation, les séparant ainsi des effluents. L'efficacité de la filtration dépend de la granulométrie des particules. Dans la pratique, on peut installer plusieurs hydrocyclones en série pour améliorer l'efficacité de la filtration. La technologie de la rétrofiltration est parfois employée comme une étape préalable à l'hydrocyclonage. Deux boucles de fluide sont réunies par un filtre à contre-courant qui sépare un courant d'effluents primaire d'un flux secondaire d'effluents décontaminés s'écoulant dans la direction opposée. L'effluent liquide primaire s'écoule sous pression à travers la série de tubes poreux d'un filtre. Le perméat clarifié traverse les parois des tubes du filtre, laissant dans le flux primaire une proportion nettement plus importante de solides en suspension. À une certaine vitesse, les forces de cisaillement dans l'écoulement entre les boucles primaire et secondaire empêchent la formation d'un gâteau de filtration sur les parois des tubes, ce qui améliore l'efficacité de la séparation. Associé à la rétrofiltration, l'hydrocyclonage permet d'atteindre des facteurs de décontamination élevés pour ce qui est des particules.

À des niveaux de contamination très faibles des effluents liquides, on recourt généralement à l'osmose inverse, l'ultrafiltration et l'évaporation. L'osmose inverse et l'ultrafiltration consistent à faire passer sous haute pression un effluent très propre à travers une membrane sensible. Cette membrane retient et concentre des particules de la taille d'une molécule, tandis que l'eau propre et

les sels dissous la traversent. Combinées, ces techniques représentent une technologie ne produisant pour ainsi dire pas de rejet et, avec l'évaporation à température ambiante, peuvent éliminer totalement les rejets liquides de la plupart des nucléides. AWE Aldermaston, au Royaume-Uni, met actuellement au point un système associant évaporation à chaud en boucle fermée, ultrafiltration et évaporation à la température ambiante pour éliminer totalement les rejets de plutonium dans la Tamise (qui contribue à l'alimentation en eau potable de la ville) d'ici 2005.

Réduction des effluents gazeux

Les techniques modernes de réduction des effluents gazeux reposent pour l'essentiel sur trois technologies : la technologie des filtres à très haute efficacité (THE) qui permettent d'éliminer les aérosols de particules d'actinides ; les techniques de lavage humide qui éliminent les particules solubles de produits de fission et certains gaz tels que le dioxyde de carbone, ainsi que les technologies d'adsorption du carbone pour éliminer les gaz volatils chimiquement réactifs tels que l'iode. On emploie couramment des batteries de filtres THE pour éliminer les aérosols de particules radioactives solides dans les atmosphères sèches. Ces filtres THE ont des facteurs de décontamination de 10^7 à condition d'en disposer plusieurs en série et en parallèle. Les colonnes de lavage servent à traiter les effluents gazeux des procédés nucléaires ou des incinérateurs de déchets radioactifs. Elles piègent les aérosols de particules radioactives et les gaz par un procédé qui consiste à faire passer le flux de gaz dans une colonne verticale lavée en continu par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium recyclé qui s'écoule en cascade depuis le sommet de la colonne. L'iode volatil produit par les réacteurs nucléaires est éliminé sur des lits de filtres à charbon. Ces lits de filtres sont poreux et offrent une très importante surface effective d'adsorption de l'iode gazeux. Ces technologies sont aujourd'hui assez évoluées et il paraît peu vraisemblable que de nouvelles techniques permettent d'en améliorer substantiellement l'efficacité.

6. LES CONCEPTS DE « NIVEAU LE PLUS BAS QU'IL EST RAISONNABLEMENT POSSIBLE D'ATTEINDRE (ALARA) » ET DE « MEILLEURES TECHNIQUES DISPONIBLES (MTD) »

L'un des principes fondamentaux sur lesquels repose le système de protection radiologique est celui de l'optimisation, qui consiste à maintenir toutes les expositions *au niveau le plus bas qu'il est raisonnablement possible d'atteindre (ALARA)*, compte tenu des facteurs économiques et sociaux. Ces dernières années, on a vu apparaître dans divers contextes le concept des *Meilleures techniques disponibles (MTD)*, également associé à l'optimisation de rejets d'effluents.

Nous analyserons dans ce chapitre l'application des concepts ALARA et MTD à l'optimisation des rejets d'effluents.

Niveau le plus bas qu'il est raisonnablement possible d'atteindre (ALARA)

Le système de protection radiologique, tel que décrit dans la Publication 60 de la CIPR, repose sur trois principes : la justification des pratiques, l'optimisation de la protection et les limites de dose individuelle et de risque. En ce qui concerne les pratiques, l'optimisation de la protection est définie comme :

« Pour toute source associée à une pratique, le niveau des doses individuelles, le nombre de personnes exposées, ainsi que la probabilité de subir des expositions quand ces dernières ne sont pas certaines d'être reçues, doivent être maintenus aussi bas qu'il est raisonnablement possible, compte tenu des facteurs économiques et sociaux. Cette procédure devra être réalisée sous la contrainte de restrictions sur les doses individuelles (contraintes de dose) ou sur les risques encourus par les individus en cas d'expositions potentielles (contraintes de risque), afin de limiter les iniquités susceptibles de résulter des jugements économiques et sociaux associés à la pratique ».

Cette description de l'optimisation de la protection, où l'on voit apparaître pour la première fois le terme ALARA, concerne uniquement les doses individuelles et les risques évalués à l'aide de la relation entre la dose et le risque recommandée par la CIPR. Ce principe ALARA s'est révélé être un outil efficace de gestion des risques pour l'homme après des expositions à de faibles doses compte tenu des doses individuelles, du nombre de personnes exposées et de la probabilité d'une situation d'exposition donnée.

Dans les recommandations de la CIPR, on fait l'hypothèse qu'il existe, aux faibles doses, une relation linéaire entre le risque d'effet nocif et la dose de rayonnement. En théorie, il est toujours possible de réduire la dose, mais à un coût plus élevé. Par conséquent, il existe un niveau de protection optimal en termes de risque et de coût supplémentaires.

Conformément aux Normes fondamentales de sûreté, la limite de dose pour les membres du public est de 1 mSv par an pour toutes les sources artificielles de rayonnement. Sachant qu'un individu peut être exposé à une dose imputable à plusieurs sources (installations), on définit une contrainte de dose pour un site particulier (ou pour toutes les installations situées dans le même périmètre). Cette contrainte de dose est inférieure à 1 mSv/an. Les doses reçues par les individus les plus touchés, à cause des rejets de radioactivité, doivent être inférieures à la contrainte de dose.

Les personnes du public les plus exposées constituent le groupe critique tel que le décrit la Publication 60 de la CIPR. Il existe plusieurs méthodes pour établir l'identité du groupe critique. L'une consiste à déterminer les voies d'exposition critiques, pour chaque radionucléide, puis à identifier les individus exposés.

Meilleures techniques disponibles

La Convention OSPAR pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est évoque le concept des meilleures techniques disponibles pour toutes sortes d'installations industrielles, y compris les installations nucléaires. L'Union européenne a défini un jeu de règles communes pour la délivrance des autorisations aux installations industrielles. Ces dernières sont énoncées dans la *Directive de 1996 relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution*, qui traite en fait de la maîtrise de la pollution créée par diverses sources ponctuelles à travers l'Union européenne.

L'article 2 de cette directive contient la définition suivante des meilleures techniques disponibles pour tous les types d'installations industrielles :

« **meilleures techniques disponibles** » : le stade de développement le plus efficace et avancé des activités et de leurs modes d'exploitation, démontrant l'aptitude pratique de techniques particulières à constituer, en principe, la base des valeurs limites d'émission visant à éviter et, lorsque cela s'avère impossible, à réduire de manière générale les émissions et l'impact sur l'environnement dans son ensemble. Par :

- « **techniques** », on entend aussi bien les techniques employées que la manière dont l'installation est conçue, construite, entretenue, exploitée et mise à l'arrêt ;
- « **disponibles** », on entend les techniques mises au point sur une échelle permettant de les appliquer dans le contexte du secteur industriel concerné, dans des conditions économiquement et techniquement viables, en prenant en considération les coûts et les avantages, que ces techniques soient utilisées ou produites ou non sur le territoire de l'État membre intéressé, pour autant que l'exploitant concerné puisse y avoir accès dans des conditions raisonnables ;
- « **meilleures** », on entend les techniques les plus efficaces pour atteindre un niveau général élevé de protection de l'environnement dans son ensemble.

En substance, la Directive dispose que les exploitants doivent choisir la meilleure solution disponible pour atteindre un haut niveau de protection de l'environnement dans son ensemble. Ce principe ainsi que la prise en compte des conditions locales constituent le principal support à partir duquel fixer des limites d'émission. Le fait de recourir aux MTD garantit un coût raisonnable de la mise en œuvre des techniques en question par rapport à la protection environnementale qu'elles assurent. De ce fait, plus ces MTD permettent d'éviter des détériorations de l'environnement, plus l'exploitant sera en mesure de justifier ces coûts.

S'il a le choix entre plusieurs techniques, celle qui surpassera globalement les autres sera la MTD à condition qu'elle soit « disponible ». Cette disponibilité comporte deux aspects :

- Quel est le rapport coûts-avantages? La technique pourra être éliminée des MTD si son coût dépasse largement les avantages environnementaux qu'elle apporte ;
- L'exploitant peut-il se procurer cette technique ? Ce qui ne signifie pas que cette technique soit nécessairement couramment utilisée. Il

suffira qu'elle ait été mise au point ou qu'elle ait fait ses preuves au stade du pilote, et que l'industrie puisse l'introduire en toute confiance.

Par conséquent les principales étapes de la sélection d'une MTD sont les suivantes : identification des options, évaluation de leurs effets sur l'environnement et prise en compte des facteurs économiques. Les principes de précaution et de prévention sont également des principes pertinents.

Relations entre ALARA et MTD

ALARA et MTD sont deux concepts d'optimisation, que l'on peut utiliser de manière complémentaire pour limiter les doses reçues par l'homme, les effets éventuels sur les espèces autres que l'homme et les rejets de substances radioactives. Si l'on cherche à limiter les conséquences sur la santé humaine, la réduction des rejets d'effluents s'effectuera en optimisant les doses de rayonnement estimées pour les individus, à l'aide du principe ALARA. Là où l'homme n'est pas directement touché ou n'est pas la cible principale à protéger, l'optimisation des rejets d'effluents peut se fonder sur l'application des meilleures techniques disponibles.

Le concept ALARA consiste à optimiser les doses reçues par des personnes du public en tenant compte de toutes les sources susceptibles d'avoir un impact sur un individu. Cette notion est par conséquent axée sur les effets et traduit les intérêts des individus (qu'il s'agisse de membres du public ou de travailleurs nucléaires). Tel qu'il est formulé aujourd'hui par la CIPR, ce principe vise l'optimisation de la protection de l'homme et n'intègre pas de manière explicite les effets possibles sur les autres espèces.

Il s'applique à toutes les sources susceptibles d'avoir un impact sur un individu, tandis que les MTD concernent une source unique de rejets d'effluents, par exemple, chaque réacteur d'une centrale nucléaire. Comme elles s'intéressent à l'installation, les MTD sont un concept d'optimisation qui s'adresse aux exploitants et aux autorités de sûreté.

En appliquant les MTD à toutes les sources, les exploitants et les autorités de sûreté parviennent en général au niveau le plus faible qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre dans l'environnement dans sa globalité.

Le niveau ALARA, comme les MTD sont des cibles en constante évolution, car ce qui est considéré aujourd'hui comme raisonnablement possible

ou meilleur est appelé à changer avec les perceptions sociales et les progrès de la technique.

Objectifs de l'optimisation des rejets d'effluents

Il existe diverses manières d'utiliser les concepts ALARA et MTD pour la gestion des effluents des installations nucléaires. L'optimisation des rejets d'une installation ou d'une source unique vise des doses individuelles et/ou collectives pour le public et les travailleurs qui soient ALARA. En revanche, l'application des MTD à une installation ou une source unique a pour objectif de limiter les rejets d'effluents radioactifs de cette source. En appliquant les MTD à toutes les installations et sources nucléaires qui peuvent avoir un impact sur un écosystème particulier, c'est la diminution des concentrations de radionucléides dans l'environnement que l'on recherche. L'approche holistique de la protection du public, des travailleurs et de l'environnement pourra, par conséquent, combiner toutes ces utilisations du principe ALARA et des MTD, compte tenu des situations accidentelles potentielles.

Les deux premières démarches sont axées sur les sources de substances radioactives et imposent l'optimisation de rejets d'effluents de chaque installation nucléaire, en termes de dose ou de concentration de substances radioactives dans les effluents. La démarche environnementale, c'est-à-dire la troisième, s'intéresse à l'état de l'environnement à travers la surveillance de la concentration de radionucléides dans l'environnement et impose la réduction de tout apport supplémentaire, compte tenu de toutes les sources possibles de rejets dans le compartiment contrôlé de l'environnement. L'approche par la source et l'approche environnementale sont complémentaires.

Valeurs de référence et valeurs cibles – une application des MTD aux installations nucléaires

Dans la réglementation suédoise sur les rejets des installations nucléaires, les MTD sont définies comme « les mesures les plus efficaces qui existent pour limiter les rejets de substances radioactives et les effets nocifs de ces rejets sur la santé humaine et l'environnement, et cela à un coût raisonnable ».

Le concept des MTD s'applique à toutes les sources de radioactivité d'une installation nucléaire. Cependant, la réglementation met l'accent sur les réacteurs de puissance dans la mesure où elle introduit des valeurs de référence et des valeurs cibles pour les rejets de substances radioactives. La valeur de référence doit correspondre au « niveau de rejet qui est représentatif d'un emploi optimal et du bon fonctionnement des systèmes de traitement des effluents radioactifs des centrales nucléaires ». Pour définir ces valeurs de référence, le retour d'expérience, la connaissance des volumes rejetés au cours des années sont des facteurs décisifs. Les valeurs de référence peuvent également comprendre des indicateurs de l'efficacité des systèmes de traitement des effluents. Ces valeurs varieront en fonction des réacteurs. Il importe de souligner qu'elles ne recouvrent pas de limite ou de niveau recommandé, mais qu'elles doivent être considérées comme une mesure de la capacité normale de maîtrise des rejets des différents réacteurs. Ces valeurs peuvent, par conséquent, être modifiées, par exemple, après un changement de système de traitement des effluents.

Pour l'application des MTD, l'installation doit également établir des valeurs cibles pour chaque réacteur de puissance. Une valeur cible doit correspondre au « niveau auquel les rejets radioactifs des réacteurs nucléaires peuvent être abaissés dans un intervalle de temps donné ».

La différence entre les valeurs de référence et les valeurs cibles tient au fait que les valeurs de référence décrivent la situation actuelle, tandis que les valeurs cibles définissent ce vers quoi on tend. Dans certaines installations, les valeurs de référence et les valeurs cibles peuvent être assez proches si l'on est déjà parvenu à des niveaux jugés acceptables conformément au principe des MTD. Cependant, la situation peut être diamétralement opposée dans le cas des réacteurs en fin de vie.

Application des MTD aux installations nucléaires du Royaume-Uni

Au Royaume-Uni, la réglementation en matière de rejets et de stockage de déchets radioactifs obéit à deux concepts d'optimisation, qui ensemble, sont jugés équivaloir aux MTD. Il s'agit de la Best Practicable Environmental Option (meilleure solution environnementale possible – BPEO) et des Best Practicable Means (meilleurs moyens utilisables – BPM). L'application des BPEO et des BPM à une série de procédés, d'installations et de modes opératoires permet de considérer que le risque d'exposition du public et de l'environnement respectera le principe ALARA de la CIPR. Les BPEO ont été définies de la manière suivante :

Résultat d'un mécanisme systématique de consultation et de décision mettant l'accent sur la protection et la préservation du milieu terrestre, atmosphérique et aquatique. Ce mécanisme permet de définir, pour un ensemble d'objectifs, la solution qui présentera le plus d'avantages, ou le moins de dommages, pour l'environnement dans son ensemble à un coût acceptable, et cela à court terme aussi bien qu'à long terme.

La définition des BPM est la suivante :

Les BPM sont une expression utilisée par l'Environment Agency et la Scottish Environment Protection Agency dans les autorisations qu'elles délivrent en application du Radioactive Substances Act. En substance, elles exigent des exploitants qu'ils prennent toutes les mesures raisonnables possibles, au moment de la conception et de l'exploitation de leurs installations, pour limiter les quantités de déchets radioactifs rejetés ou stockés, afin de parvenir à un haut niveau de protection du public et de l'environnement. Les BPM s'appliquent à la réduction de la quantité de déchets produits et de rejets ainsi qu'à la surveillance des installations des rejets et de l'environnement. Sont pris en compte des facteurs tels que la disponibilité et le coût des mesures pertinentes, la sûreté des opérateurs et les avantages d'une diminution des quantités d'effluents rejetés ou stockés.

En d'autres termes, les BPEO relèvent d'un processus d'optimisation globale de l'impact sur l'environnement (de la totalité d'une installation, par exemple), tandis que les BPM visent à optimiser chaque flux de déchets pris individuellement. La mise en œuvre pratique des BPEO et des BPM varie fortement suivant les cas.

7. FACTEURS INTERVENANT DANS LES CHOIX DES OPTIONS DE REJET D'EFFLUENTS

Les décisions en matière de rejets d'effluents dépendront de facteurs techniques et stratégiques. La décision finale devra réaliser un juste équilibre entre la gestion des déchets (dont la dose et les risques pour l'opérateur en cas de défaillance), les effets transfrontières éventuels, tenir compte des sites particulièrement sensibles, des possibilités de détection et de surveillance et, bien sûr, de l'impact radiologique des rejets.

Gestion des déchets

Il est un principe général que l'on retrouve dans les deux domaines de la radioprotection et de la gestion des déchets et qui veut que l'on privilégie les méthodes permettant de concentrer et de confiner la radioactivité par rapport à celles qui consistent à la diluer et la disperser. Néanmoins, toute évaluation des options doit prendre en compte les facteurs suivants : la nécessité éventuelle de stocker ou d'entreposer des déchets solides et liquides dans des conditions qui ne respectent pas le critère de la sûreté passive et qui pourraient entraîner une augmentation des doses reçues par les opérateurs et des rejets accidentels. La transformation des déchets bruts sous une forme « à sûreté passive » ne doit pas être différée.

Ce principe vaut tout particulièrement pour les radioéléments qui ont un fort impact radiologique, par exemple les transuraniens, le cobalt-60, le strontium-90 et le césium-137. D'ailleurs, les flux d'effluents les contenant doivent subir des traitements poussés pour parvenir à une forte réduction. Pour un petit nombre de radioéléments, la rétention dans des déchets solides pose d'autres problèmes dont il faut tenir compte, qui sont liés à l'augmentation des doses reçues par les travailleurs et à la gestion des déchets à long terme. De grandes quantités de tritium sont produites par les centrales nucléaires et les usines de retraitement, mais il est très difficile, pratiquement, d'en diminuer les rejets. L'impact radiologique du tritium étant assez faible, celui des rejets sera, en général, très réduit. Lorsqu'il est rejeté dans l'eau, le tritium diffuse et se dilue très vite, bien que l'on ait détecté du tritium organiquement lié à proximité

des sites de production de radiopharmaceutiques. Cependant, les installations du cycle du combustible nucléaire ne rejettent normalement pas cette forme de tritium.

La gestion et le stockage à long terme des déchets contenant des radioéléments à vie longue et mobiles dans l'environnement, tels que le chlore-36, le technétium-99 et l'iode-129 peuvent, dans un avenir lointain, donner lieu à des rejets. Par conséquent, une bonne gestion des flux d'effluents contenant ces radionucléides nécessite de trouver un juste équilibre entre les rejets maîtrisés dans l'environnement aujourd'hui et les rejets prévisibles des dépôts de déchets.

Toute décision de traiter les déchets doit également prendre en considération les expositions professionnelles potentielles, tant pendant le fonctionnement de l'installation de traitement des déchets qu'au moment de l'entreposage ou du stockage à long terme des déchets et des résidus solides qui sont ainsi produits.

Effets transfrontières

Les rejets susceptibles d'avoir des effets transfrontières sont des émissions à la cheminée et dans l'atmosphère ou des rejets d'effluents liquides dans les rivières ou les eaux côtières. Les centrales nucléaires qui sont installées près d'une frontière ou partagent un réservoir d'eau avec un pays voisin, risquent de produire dans ce pays des effets observables. Cet effet transfrontière peut être défini comme la présence détectable de matières radioactives dans le pays voisin. Dès qu'il y a contamination, elle peut passer dans la chaîne alimentaire du pays en question et se traduire par une exposition du public aux rayonnements, avec les risques que cela comporte pour les individus les plus exposés. Bien que difficiles à quantifier, des répercussions économiques peuvent être ressenties dans les pays voisins où la perception d'une contamination des produits agricoles ou maricoles risque d'entraîner une baisse de la demande. Une contamination de ce type, qui n'est pas toujours un effet transfrontière, peut avoir aussi des effets psychosociaux.

Les zones où l'on risque d'observer des effets transfrontières sont, entre autres, les frontières entre les pays européens et entre les États-Unis et le Canada, à cause des rejets des réacteurs nucléaires, la mer d'Irlande, à cause des activités de retraitement, la Manche et les rivières qui se déversent dans des mers telles que la Méditerranée et la mer de Kara. Recourir aux MTD pour réduire les rejets de ces sources signifie qu'avec le temps les concentrations de certains radionucléides dans les organismes vivants, l'eau et les sédiments

diminueront. Ce processus peut être retardé dans certains environnements en raison de la remobilisation des sédiments ou de la production d'autres éléments par décroissance radioactive, ce qui est le cas, dans la mer d'Irlande, de l'américium-241 dont l'inventaire radioactif ne cesse d'augmenter sous l'effet de la décroissance du plutonium-241 rejeté jadis, qui lui voit son inventaire diminuer (voir l'étude de cas ci-dessous).

Étude de cas sur les effets transfrontières
Rejets dus aux activités de retraitement à Sellafield et à la Hague

Les usines de retraitement de Sellafield, au Royaume-Uni et de la Hague, en France, rejettent des effluents radioactifs depuis 1952 et 1966 respectivement. La surveillance du milieu marin à Sellafield a montré que des nucléides sous forme particulaire, tels que les isotopes du plutonium, de l'américium et du neptunium disparaissent rapidement de la colonne d'eau et vont se déposer dans les sédiments boueux de la partie orientale de la mer d'Irlande. Toutefois, une fraction de ces rejets subsiste sous une forme chimique soluble qui est plus mobile et se déplace vers l'ouest de la mer d'Irlande, au nord de la Manche, voire au-delà. Les radionucléides les plus solubles, comme le césium-137 et le technétium-99 se déplacent facilement avec les courants vers l'ouest et le nord et migrent ainsi dans la mer du Nord entre l'Écosse et les Iles Shetland.

Les radionucléides transportés de cette manière sont à l'origine de concentrations détectables dans l'eau, les organismes vivants et les sédiments dans des zones maritimes se trouvant fort éloignées du point de rejet. Connaissant la période radioactive du césium-137, de 30 ans, on s'aperçoit que l'évolution dans le temps des concentrations de césium-137 dans la mer de Barents suit fidèlement le schéma des rejets de l'usine de Sellafield avec un retard d'environ 5 ans. Le rythme d'introduction de césium-137 dans la mer de Barents a été estimé à 200-300 TBq/an.

Les eaux de la Manche qui pénètrent dans la mer du Nord par le Pas de Calais contiennent les rejets de l'usine de retraitement de la Hague.

Ensuite, ces eaux quittent la mer du Nord pour la mer de Norvège et longent les côtes de ce pays entraînées par les courants côtiers avant de se séparer au nord de la Norvège. Une partie du flux se dirige vers les mers de Barents et de Kara à l'est, tandis que l'autre devient le courant ouest Spitzberg.

Assainissement et démantèlement

Les opérations entreprises pour remédier à des pratiques anciennes inadaptées peuvent produire quelque temps des effluents radioactifs. Néanmoins, dans toute décision concernant un mode de gestion, il faudra intégrer le fait que certains niveaux de rejets doivent parfois être tolérés si l'on veut convertir les déchets sous des formes à sûreté passive et assainir les anciennes installations.

Technologies de mesure

Les technologies employées pour contrôler les quantités de radionucléides dans les rejets et la concentration de la radioactivité dans le milieu récepteur prennent de plus en plus d'importance dans les systèmes d'optimisation des rejets d'effluents. La législation de protection de l'environnement fixe souvent des valeurs limites d'émission (VLE) ou des normes minimales de qualité environnementale à respecter pour s'assurer que l'application des MTD donne des résultats satisfaisants du point de vue de l'environnement. Si l'on s'est fixé pour objectif des rejets proches de zéro, il est essentiel de pouvoir surveiller les rejets à la source.

En Allemagne, par exemple, les seuils de détection fixés pour la surveillance de l'environnement sont liés aux limites d'exposition aux rayonnements des personnes du public. Ces seuils doivent garantir que l'on puisse enregistrer des doses, qu'il s'agisse d'irradiation externe, d'ingestion ou d'inhalation, égales à un tiers de la limite de dose pour les personnes du public (0.1 mSv respectivement). Comme cette exposition est normalement imputable à plusieurs radionucléides différents, la technologie employée doit être capable de détecter chaque radionucléide à partir d'un seuil de 0.01 mSv par an. En Suède, l'exposition des personnes du public est limitée à 0.1 mSv par an, et comme en Allemagne, il doit être possible de détecter chaque radionucléide contenu dans les rejets à partir de 0.01 mSv par an. Les doses que reçoivent effectivement les personnes du public à cause de l'exploitation des REP modernes ne dépassent pas normalement 0.001 mSv par an. Les principaux responsables de cette exposition sont le carbone-14 (60 %), le tritium (30 %) et le krypton-85 (20 %), car ils ne sont pas éliminés des rejets des réacteurs.

Au Royaume-Uni, les limites de rejet fixées pour chaque site, soit, habituellement des limites annuelles définies pour les principales substances, sont le mécanisme de contrôle réglementaire le plus important car elles déterminent directement la quantité maximale totale de polluants qu'une installation est autorisée à libérer dans l'environnement. Ces limites annuelles

représentent le gros des valeurs à communiquer aux autorités en vertu de la transcription en droit anglais de la directive relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution et du Radioactive Substances Act. Une révision tous les quatre ans est prévue.

Surveillance radioécologique

Pour assurer une surveillance radioécologique indépendante des installations nucléaires, il convient de définir les seuils de détection permettant d'enregistrer des variations, temporelles et spatiales, de la radioactivité dans l'environnement. Comme, dans des conditions normales, les concentrations de radionucléides artificiels dans l'environnement sont très faibles, la mesure des concentrations réelles exige souvent de mettre en place des procédures analytiques très fastidieuses et onéreuses.

L'Union européenne s'est efforcée de trouver une solution pour ses rapports annuels sur les niveaux d'activité dans l'environnement en demandant à ses États membres de lui communiquer des informations par deux réseaux différents.

- Le « réseau dense » collecte des données sur une multitude de sites de prélèvement dans l'Union européenne pour surveiller le niveau de radioactivité à des fins de protection radiologique. Pour faciliter la présentation des résultats, les seuils de notification ont été harmonisés. Ils ont été calculés à partir de la limite de dose annuelle pour le public. Cette limite, qui est égale à une dose efficace de 1 mSv divisée par mille, c'est-à-dire 1 μ Sv, est jugée n'avoir aucune conséquence radiologique (1 μ Sv représente un risque radiologique de $5 \cdot 10^{-8}$ par an). Les valeurs en deçà de cette limite sont estimées produire une dose annuelle inférieure à 1/2000 du fond naturel de rayonnement. La plupart des valeurs mesurées par le « réseau dense » se situent aujourd'hui en dessous de ce niveau.
- Le « réseau lâche » a été conçu pour surveiller les évolutions des concentrations de radionucléides avec le temps. Il s'appuie sur un nombre restreint de sites de prélèvements représentatifs où l'on effectue des mesures extrêmement sensibles des radionucléides concentrés que l'on sait présents dans l'environnement. Dans ce cas, on n'a pas défini de seuil de notification étant donné que l'on mesure les concentrations réelles. Néanmoins, pour des raisons pratiques, l'Union européenne a entre-temps introduit des seuils de notification informels qui peuvent être égaux à 1 % des niveaux fixés pour le réseau dense.

En Allemagne, le programme national de surveillance radioécologique a été lancé beaucoup plus tard que le programme de surveillance des abords des installations nucléaires. Les seuils de détection ont été fixés en partant du principe que l'on doit pouvoir détecter des variations de la radioactivité dans l'environnement sans être obligé de recourir à des mesures exorbitantes ou fastidieuses. Pour la plupart des radionucléides, les seuils de détection ainsi obtenus ne diffèrent pas de beaucoup de ceux qui ont été établis pour le programme de surveillance radioécologique des installations nucléaires. Par conséquent, il a été convenu d'aligner les seuils de détection utilisés dans les deux programmes pour des mesures identiques.

Autres considérations

Les rejets effectifs d'effluents des centrales nucléaires se traduisent par des doses calculées de l'ordre de quelques $\mu\text{Sv}/\text{an}$, ce qui est nettement en dessous des contraintes de dose définies, à savoir quelques centaines de $\mu\text{Sv}/\text{an}$. Les valeurs de référence, qui sont habituellement définies en termes d'activité rejetée, permettent de maintenir les doses dans cet intervalle entre les rejets réels (réalistes) correspondant à une pratique spécifique et les limites de rejet fixées dans l'autorisation de l'exploitant. C'est pourquoi on parle parfois de marge. En l'absence de nouvelles obligations d'optimiser, cette marge est une porte ouverte à de mauvaises pratiques. Par conséquent, pour obtenir une diminution supplémentaire des rejets, on pourra exiger soit l'utilisation des meilleures techniques disponibles, ou la réduction de cette marge (éventuellement, ces deux mesures conjuguées).

Outils réglementaires en Espagne

Les exploitants doivent prouver qu'ils font tout ce qui est en leur pouvoir, depuis la production des déchets jusqu'au fonctionnement des systèmes de traitement des effluents, pour diminuer les quantités rejetées et maintenir l'impact radiologique de leurs installations en service aussi bas que techniquement et économiquement possible. Ils sont donc tenus d'élaborer un programme d'amélioration continue de la sûreté qui tienne compte de l'évolution des normes, des progrès de la technologie (MTD) et du retour d'expérience. Il leur faut également étudier les possibilités d'appliquer les normes et les nouvelles réglementations en vigueur dans le pays d'origine du projet. Les informations sur les modifications de la conception doivent être soumises périodiquement à l'Autorité de sûreté.

Ces exploitants ont également l'obligation de réaliser un réexamen périodique de sûreté, généralement tous les dix ans, afin d'analyser le comportement d'ensemble de l'installation sur une longue période, de s'assurer que les enseignements tirés d'analyse du retour d'expérience ont bien été mis en pratique et d'évaluer la possibilité d'introduire dans l'installation certains changements opérés dans des installations de nouvelle génération. La documentation présentée et les résultats de l'évaluation réalisée par l'Autorité de sûreté sont normalement prises en compte pour le renouvellement des autorisations d'exploitation. La maîtrise des effluents et les programmes de surveillance radioécologique comptent parmi les programmes analysés lors d'un réexamen périodique de sûreté. Les autorités de sûreté établissent des niveaux de référence pour les effluents liquides et gazeux, qui sont exprimés en activité de groupes de nucléides représentatifs d'une exploitation optimale du réacteur en termes de production de déchets radioactifs et de rejets dans l'environnement. Ces valeurs peuvent être revues après analyse de :

- l'historique des rejets et émissions, seuls et par rapport aux limites autorisées.
- l'état des techniques et des procédures d'exploitation adoptées par l'installation pour la gestion de ses déchets radioactifs (MTD).

8. STRATÉGIES D'AIDE AU CHOIX DES OPTIONS DE REJET D'EFFLUENTS

Dans le passé, l'optimisation des rejets d'effluents des centrales nucléaires se fondait sur des évaluations prospectives des effets stochastiques sur la santé de membres du public susceptibles d'être exposés à ces rejets. De cette philosophie de la protection fondée sur le souci de préserver la santé humaine sont issus des systèmes de réduction des effluents consistant à concentrer et à confiner les rejets gazeux et liquides et à les convertir en matrices de déchets solides en vue de leur entreposage de longue durée ou de leur stockage.

Dans les centrales nucléaires, le recours aux meilleures techniques disponibles comme outil d'optimisation des rejets d'effluents étant relativement nouveau, il existe peu de directives à cet effet. Pour illustrer la façon dont les MTD peuvent s'appliquer au secteur nucléaire, nous présentons, dans les deux chapitres qui suivent, une stratégie d'aide à la décision pour l'optimisation des rejets d'effluents qui se fonde sur des critères d'application des meilleurs techniques disponibles.

Critères de gestion des MTD dans l'industrie nucléaire

L'annexe 1 de la Convention de 1992 pour la protection du milieu marin dans l'Atlantique du Nord-Est (Convention OSPAR) ainsi que dans la Directive 96/61/CE du Conseil relative à la prévention et à la réduction intégrées énoncent les grands principes environnementaux que doivent respecter les installations qui recourent aux MTD ainsi que les objectifs à atteindre.

Il est proposé de fonder le recours aux MTD sur les grands principes environnementaux suivants :

- le recours à une technologie produisant peu de déchets ;
- une exploitation efficace des ressources ;
- la prévention et la réduction de l'impact environnemental des rejets ;
- l'emploi de substances moins dangereuses.

La concentration et le confinement de la radioactivité sont un objectif primordial des MTD du fait que « l'introduction de radioactivité dans l'environnement est indésirable, même à des niveaux où les doses de rayonnement reçus par l'homme et par les autres espèces sont faibles et risquent peu de provoquer un dommage significatif »¹⁵. En outre, « le principe d'une réduction progressive est au centre de la philosophie de la maîtrise des rejets de radioactivité »¹⁶. En utilisant les MTD, l'idée est d'éviter de rejeter davantage de substances radioactives dans l'environnement là où c'est raisonnablement possible ou de limiter le niveau des rejets si l'on ne peut faire autrement. Si la Convention OSPAR ne définit pas les MTD applicables aux différents types d'installations, la Directive de la CE est plus explicite quant aux stratégies de protection de l'environnement que l'on peut généralement considérer comme relevant des MTD. Les dispositions de la Directive relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution constituent un système de réglementation environnementale que tous les pays de la Communauté européenne sont en train de mettre en pratique. Alors qu'il était courant de prévoir des réglementations spécifiques pour chaque effet environnemental, cette directive suit une démarche intégrée si bien que les rejets de produits chimiques dans l'atmosphère, les rivières, les cours d'eau, les égouts ou les décharges doivent être pris en compte ensemble, de façon à réduire au minimum leur impact global sur l'environnement. Cette concerne environ 5 000 grands sites industriels dans la Communauté européenne, il s'agit, par exemple, d'importants complexes chimiques, de raffinerie de pétrole, de centrales thermiques ainsi que d'incinérateurs de déchets. La directive fixe des normes communes pour la maîtrise des rejets des installations industrielles dans la Communauté européenne. Ces normes sont publiées dans les documents de référence sur les meilleures techniques disponibles (BREF), qui se fondent sur les MTD utilisables pour maîtriser les types de pollution spécifiques aux différents secteurs industriels. Avec cet ensemble de documents de référence, la Communauté européenne s'est dotée d'un système homogène de normes de performances environnementales reconnues¹⁷.

Bien que cette directive ne réglemente pas précisément les rejets des substances radioactives des installations nucléaires, la démarche à adopter pour déterminer quelles sont les MTD pour une installation nucléaire consistera

15. *UK Strategy for Radioactive Discharges 2001-2020*. Defra. juillet 2002. ISBN 0 85521 013 3.

16. *Statutory Guidance on the Regulation of Radioactive Discharges into the Environment from Nuclear Licensed Sites – A Consultation Paper*. DETR (aujourd'hui Defra). Octobre 2000.

17. Voir <http://europa.eu.int/comm/environment/ippc/>

d'ordinaire à associer le respect des principes généraux des MTD et une évaluation des MTD en fonction de l'installation et de la situation environnementale locale. Souvent, il est nécessaire de trouver un compromis entre réduire la production d'un polluant et provoquer d'autres effets environnementaux, tels qu'une augmentation des déchets solides ou une consommation accrue d'énergie. À vouloir se cantonner à une analyse superficielle pour choisir une technique de gestion ou une option technologique, on risque de ne pas réussir à atténuer l'effet sur l'environnement et de le reporter sur une autre forme de déchet, un autre milieu, procédé de réduction ou emplacement géographique. Dans le cas des installations nucléaires, il importe d'autant plus de procéder à des évaluations intégrant tous ces milieux, pour déterminer les MTD à appliquer aux rejets, que la gestion des substances persistant dans l'environnement, les rejets radioactifs par exemple, est toujours susceptible de se solder par une forme ou une autre de report de ce type.

Les MTD sont en fait un moyen de s'assurer que les exploitants choisissent la meilleure solution possible pour parvenir à un haut niveau de protection de l'environnement dans sa globalité. Cependant, comme l'impact environnemental des techniques nucléaires ne se cantonne pas aux rejets de radioactivité et aux doses de rayonnement, la stratégie envisagée pour les MTD doit prendre en compte un large éventail de facteurs environnementaux. On trouvera sur la figure 4 quinze critères d'optimisation des installations nucléaires répondant au quatre grands objectifs des MTD dans la Convention OSPAR et la directive de la Communauté européenne. Les options de rejet des installations nucléaires qui répondent à plusieurs de ces critères devraient normalement être des MTD, et celles qui n'en respectent pas ou peu, ne pas en être. Ces critères ont été conçus pour laisser une certaine latitude dans leur application sans toutefois nuire à leur efficacité. Nous présenterons à la section b un cadre général pour l'application de ces critères.

Notons que certains d'entre eux sont contradictoires. Par exemple, la nécessité de concentrer et de confiner la radioactivité et celle de réduire le plus possible les déchets entreposés ou stockés. Il reviendra en fin de compte au décideur de juger quels sont les critères primordiaux dans la situation particulière de l'installation nucléaire considérée.

Figure 4a. Critères de gestion des MTD employés pour optimiser les rejets des installations nucléaires

| Recours à une technologie produisant peu de déchets | Utilisation efficiente des ressources | Réduction des rejets | Emploi de substances moins dangereuses |
|---|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Réduire au minimum la production de déchets radioactifs de l'installation nucléaire. • Production de déchets radioactifs sous une forme gérable. • Réduire le plus possible les traitements et conditionnements nécessaires pour entreposer ou stocker les déchets dans des conditions sûres. | <ul style="list-style-type: none"> • Améliorer l'écocoefficience de l'installation nucléaire (par ex. rejets/GWa). • Optimiser les impacts radioactifs et autres de façon à réduire l'empreinte environnementale de l'installation. • Définir les priorités des dépenses environnementales de telle sorte que la pollution radioactive évitée pour chaque euro investi soit maximale. • Réduire progressivement les doses reçues par les travailleurs lors du traitement et du conditionnement des déchets. | <ul style="list-style-type: none"> • Concentrer et confiner les rejets bioaccumulatifs ou persistant dans l'environnement. • Limiter le déplacement transfrontière des impacts environnementaux. • Réduire le plus possible les rejets potentiels de radioactivité dans des situations accidentelles crédibles ainsi que leurs conséquences sur l'environnement. • Réduire progressivement les rejets. | <ul style="list-style-type: none"> • Production de déchets radioactifs sous une forme à sûreté passive. • Conditionner et immobiliser sous une forme passivement sûre les déchets se trouvant sous une forme instable. • Les déchets doivent pouvoir être entreposés dans des conditions sûres avant leur stockage définitif dans un dépôt. • Les déchets doivent pouvoir être stockés sous une forme contrôlable et récupérable. |

Figure 4b. Critères de question des MTD employés pour optimiser les rejets des installations nucléaires

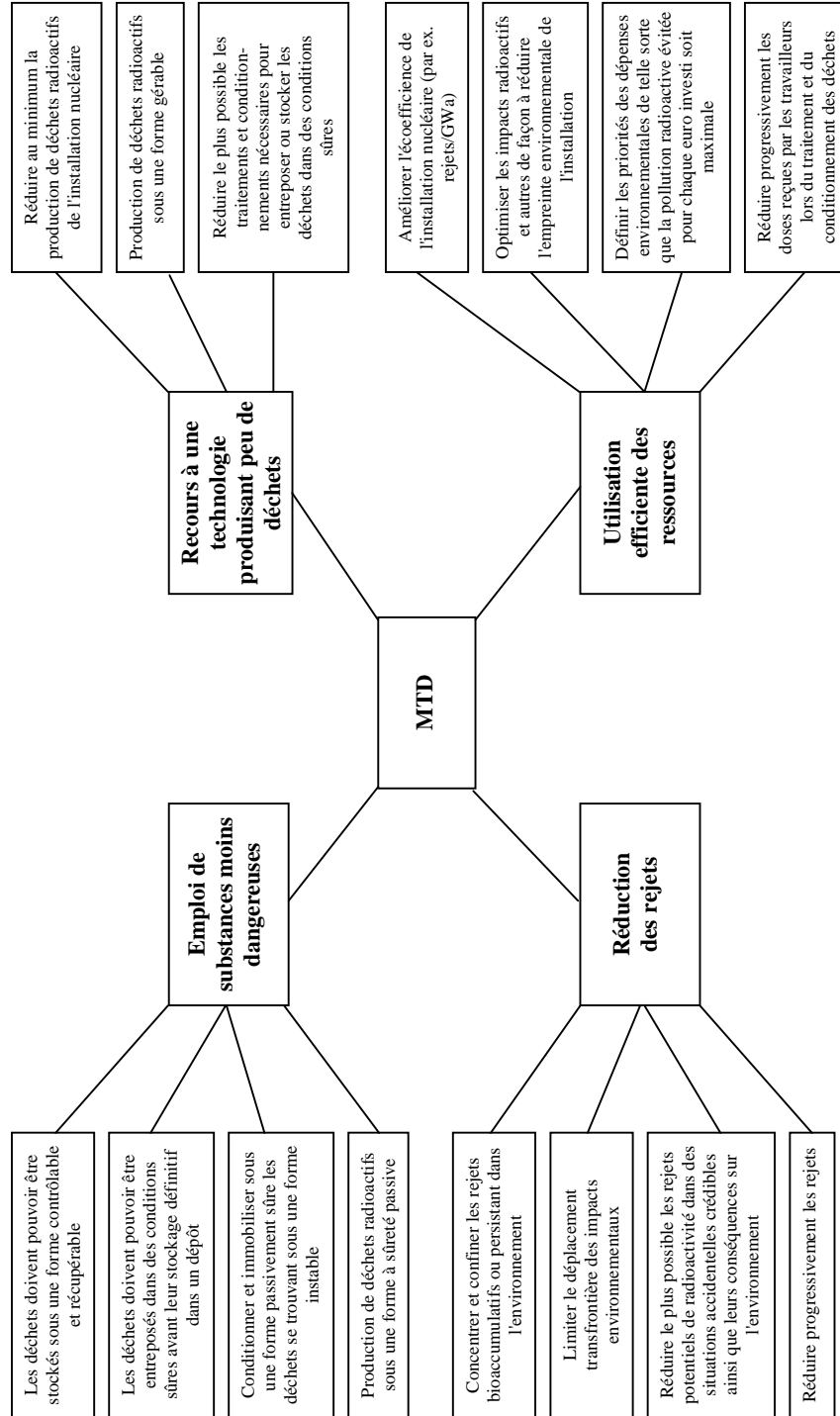
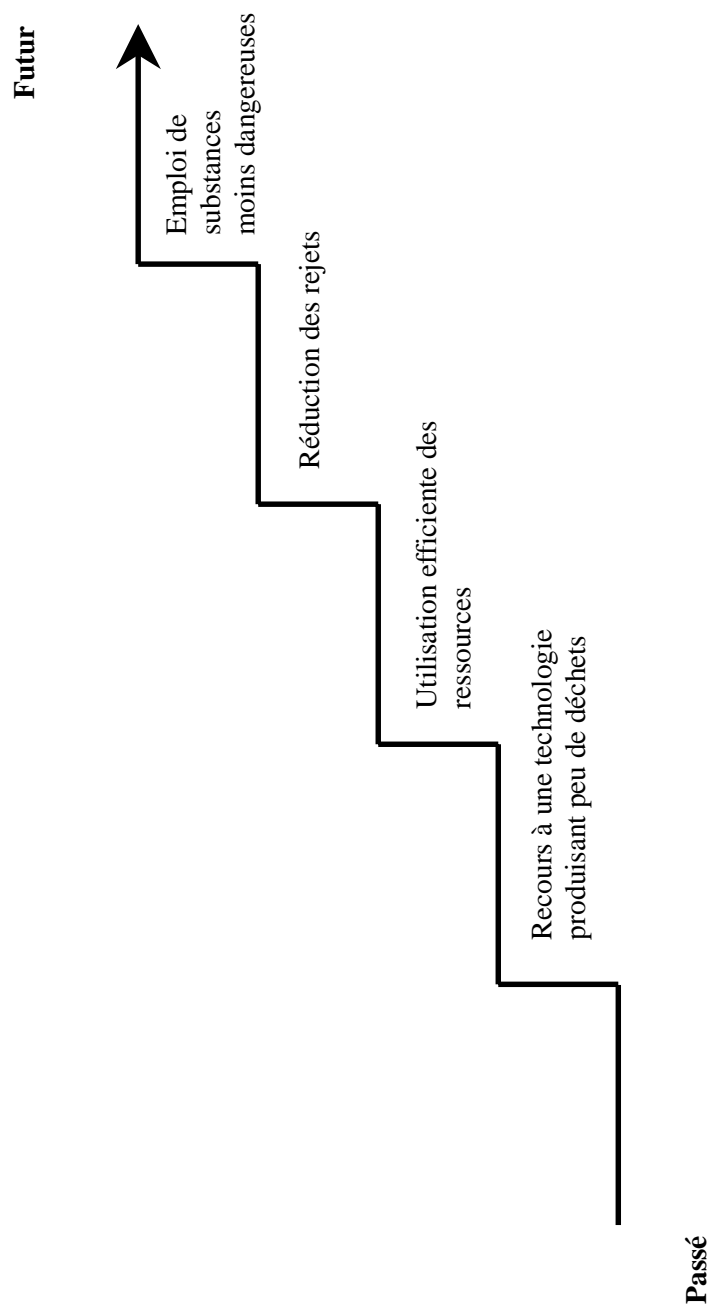


Figure 4c. Résultats environnementaux de l'application des MTD



Recours à une technologie produisant peu de déchets

Les stratégies de protection de l'environnement en vigueur dans les installations nucléaires exigent que l'on optimise le fonctionnement des procédés de production de déchets plutôt que d'accepter des déchets radioactifs solides comme un sous-produit inhérent à l'exploitation de la centrale.

Optimiser ces procédés de façon à éliminer dès la conception les sous-produits solides, liquides et gazeux est essentiel car les systèmes de traitement en fin de parcours produisent souvent des déchets solides tels que des filtres THE, des lits de filtres et des résines échangeuses d'ions qui sont difficiles à conditionner sous une forme à sûreté passive. L'immobilisation des déchets sous cette forme permet en effet de limiter la maintenance, la surveillance ou toute autre intervention humaine, opérations qui produisent elles-mêmes de nouveaux déchets secondaires.

Les critères de gestion des MTD nucléaires présentés sur la figure 4 sont destinés à favoriser l'adoption de technologies propres par l'optimisation des procédés pour éliminer la production de déchets solides en réduisant les volumes de déchets à la source ou, s'il n'est pas possible d'éviter toute production de déchets, pour s'assurer d'en produire le minimum et de pouvoir les stocker dans des conditions sûres.

Dans les installations produisant du plutonium, de l'uranium et des produits de fission, l'optimisation des procédés et les traitements visant à réduire les volumes de déchets permettent de protéger efficacement l'environnement. S'agissant de nucléides moins radiotoxiques tels que le carbone-14, le tritium ou le technétium-99, difficiles à éliminer et d'un impact environnemental moindre, la meilleure technologie disponible pourrait consister à diluer et disperser les effluents dans le milieu récepteur. Cependant, la décision finale concernant le mode d'optimisation devra tenir compte des préoccupations des divers groupes intéressés tout autant que des critères de sûreté et de protection de l'environnement.

Utilisation efficiente des ressources

Si les décisions en matière de gestion de l'environnement s'intéressent principalement à l'impact direct des rejets et des déchets radioactifs, les critères de gestion des MTD doivent tenir compte également des incidences environnementales indirectes de la technologie choisie pour optimiser les rejets. L'objectif général est en effet d'atténuer les conséquences environnementales

globales du procédé en sélectionnant les MTD qui consomment moins de ressources, par exemple, moins d'énergie, d'eau et de minerai d'uranium. Les aspects économiques comptent également pour beaucoup dans l'évaluation des différentes MTD utilisables. En particulier, à long terme, la volonté de parvenir en fin de compte à des rejets quasi-nuls peut entraîner une hausse des coûts du conditionnement, de l'entreposage et du stockage des radioactifs solides.

Les critères de gestion des MTD nucléaires présentés à la figure 4 doivent donc permettre de comparer l'efficacité des meilleures options de rejet à l'aide d'indicateurs de performances environnementales nucléaires et de performances financières. Ces indicateurs d'efficacité sont des statistiques générales permettant de différencier les options en fonction de l'importance de la réduction des rejets opéré.

Il existe un large éventail d'indicateurs pour ranger par ordre de priorité les ressources économiques nécessaires pour chaque option de gestion des effluents avec les avantages environnementaux correspondants. On trouvera dans les encadrés ci-dessous des exemples de ces indicateurs avec leurs valeurs numériques pour des REP et des usines de retraitement.

| Indicateurs d'écocoefficiance applicables à l'industrie nucléaire* | |
|---|------------------------|
| Indicateurs environnementaux | |
| Volume de déchets solides | (m ³ / GWa) |
| Activité des déchets solides | (Bq / GWa) |
| Consommation de combustible | (tU / GWa) |
| Indicateurs de sûreté | |
| Dose à la population | (Sv / GWa) |
| Indicateurs économiques | |
| Coût en capital | (€ / GWa) |
| Coûts d'exploitation marginaux | (€ / GWa) |
| * <i>L'énergie nucléaire dans une perspective de développement durable, OCDE/AEN, 2000.</i> | |

Exemples de rejets gazeux des REP et des usines de retraitement*

REP

| | | |
|------------------|-----|-----------|
| ^3H | 840 | GBq / GWa |
| ^{14}C | 200 | GBq / GWa |
| ^{85}Kr | 6 | GBq / GWa |

Usine de retraitement

| | | |
|------------------|-----------|-----------|
| ^3H | 1 700 | GBq / GWa |
| ^{14}C | 380 | GBq / GWa |
| ^{85}Kr | 6 600 000 | GBq / GWa |

* *Les incidences radiologiques des options de gestion du combustible nucléaire usé, OCDE/AEN, 2000.*

Réduction des rejets

La concentration et le confinement des rejets de substances radioactives sont un objectif premier des MTD, car la présence de radioactivité dans l'environnement n'est pas souhaitable, même à des niveaux où les doses de rayonnement reçues par l'homme et les autres espèces sont faibles et ne risquent pas de provoquer de dommage significatif. Recourir aux MTD repose sur l'idée d'éviter d'ajouter à l'environnement des substances radioactives, chaque fois que possible, ou, sinon, de réduire autant que faire se peut les quantités rejetées. Cependant, optimiser avec ces MTD ne doit pas provoquer une augmentation significative des autres risques pour l'environnement en cas de défaillance accidentelle de la technologie susceptible d'entraîner des rejets beaucoup plus importants ou d'intensifier le risque professionnel pour les travailleurs censés faire fonctionner et entretenir le matériel employé.

On voit depuis peu intervenir dans le choix de la MTD un autre aspect important du problème, à savoir les effets transfrontières probables des rejets de radioactivité dans l'environnement de pays étrangers ou dans des zones frontalières vulnérables. Une fois rejetées, certaines substances peuvent

persister dans l'environnement pendant longtemps, voire dans certaines conditions, s'accumuler dans les organismes vivants. On peut citer, par exemple, la bioconcentration du tritium organiquement lié qui a été observée sur les flets communs et celle du technétium-99 sur la langoustine. Le plutonium s'est également accumulé dans les sédiments de la mer d'Irlande. La persistance et l'accumulation de certaines substances radioactives rejetées méritent qu'on leur accorde une attention particulière lors des décisions concernant la gestion des effluents. L'application des critères énoncés à la figure 4 permet de s'assurer que de la prise en compte de ces facteurs.

Emploi des substances moins dangereuses

Changer de technologie de traitement pour produire des formes de déchets moins dangereuses représente l'objectif le plus contraignant des MTD, avec, en contrepartie, les meilleures perspectives de prévention de la pollution. La gestion et la réduction des rejets à l'aide des MTD consiste souvent à concentrer et à confiner la radioactivité dans des matrices de déchets solides. Pourtant, cette technique suppose la rétention des radionucléides dans des déchets solides, et donc une gestion à long terme de ces déchets, ce que l'on ne peut négliger. Les radionucléides persistant dans l'environnement qui possèdent de longues périodes et se présentent sous une forme chimique mobile risquent de poser de graves problèmes dans un avenir lointain car ils sont susceptibles de franchir le confinement des dépôts et d'être libérés dans l'environnement de manière incontrôlée, voire sous une forme concentrée. Par ailleurs, les effets à long terme du changement climatique, qui sont certes difficiles à prévoir, pourraient précipiter le relâchement des substances radioactives libérées des dépôts et exposer les populations futures, en particulier dans le cas des déchets de faible activité stockés en surface ou en subsurface. Pour en réduire la probabilité, on a le moyen de conditionner et d'immobiliser les déchets radioactifs sous une forme physiquement et chimiquement stable. Toutefois, la décision de traiter les déchets doit également tenir compte de la radioexposition des travailleurs lors du fonctionnement des installations de traitement des déchets mais aussi de l'entreposage de longue durée des déchets et des résidus solides qui seront ainsi produits.

Le respect des critères de la figure 4 permettra à celui qui devra choisir le mode de réduction des rejets de s'assurer que les déchets solides résultant de la technique de gestion des effluents sont intrinsèquement moins dangereux et susceptibles d'être entreposés dans des conditions sûres pendant de longues périodes.

Concepts de stockage des déchets radioactifs*

Stockage à sûreté passive ; immobilisation des déchets radioactifs solides sous une forme physiquement et chimiquement stable permettant de les stocker de façon à réduire au minimum les contrôles environnementaux et les systèmes de sûreté, la maintenance, la surveillance et l'intervention humaine.

Entreposage sûr : confinement et entreposage dans des conditions sûres d'un colis de déchets, éventuellement pour plusieurs décennies, avant son stockage définitif dans un dépôt.

La **stockabilité** d'un colis de déchets fait référence au fait qu'un colis de déchets, qui aura été conditionné sous une forme physiquement et chimiquement stable avant que n'existe un dépôt où le stocker, puisse un jour être stocké dans un dépôt.

* *Current Arrangements and Requirements for the Conditioning, Packaging and Storage of Intermediate Level Radioactive Waste* Radioactive Waste, Management Advisory Committee. DEFRA 2002.

Méthodologie d'aide à la décision concernant les options de rejet des effluents

Cette section sera consacrée aux principaux mécanismes de gestion destinés à faciliter les décisions concernant les options de rejet d'effluents ainsi qu'aux techniques de réduction des rejets qui peuvent être employées dans les installations nucléaires. Les techniques correspondant aux différentes options de rejet varieront avec le type d'installation nucléaire – centrale nucléaire, usine de retraitement, usine de fabrication du combustible, installation de traitement et d'entreposage des déchets, réacteurs de recherche ou laboratoires de radiochimie – et, de plus, se différencieront par leurs ordres de coûts. Sachant que les principaux effets environnementaux des différentes options de rejet ne pourront vraisemblablement pas être représentés par un seul chiffre, les critères de gestion des MTD nucléaires énoncés dans ce chapitre offrent un simple cadre dans lequel regrouper sur une même base les avantages environnementaux des diverses techniques de maîtrise des effluents envisagées. Choisir des MTD ne se fait pas sans tenir compte d'une diversité de facteurs pour cerner la combinaison de mesures (conception du procédé, mode de gestion et de réduction des effluents) qui représente la MTD pour les rejets d'une installation. Cette démarche permet d'éviter les évaluations complexes des risques entreprises pour estimer à quel stade le dommage compromet la sûreté car elle s'intéresse

plutôt à la réponse à la question « jusqu'où peut-on encore réduire le dommage? »¹⁸. Il est également vital de procéder à l'évaluation économique des solutions possibles sachant que tout progrès environnemental revient cher et que personne n'accepte volontiers de payer un surcoût.

On trouvera à l'annexe 4 une méthode simple d'aide à la décision qui se fonde sur un échantillon de critères de gestion des MTD nucléaires. Les études de cas de Cogema et de BNFL qui figurent ci-dessous illustrent la façon dont ces facteurs ont été pris en compte.

Il convient également de consulter les différents intéressés au moment du choix des meilleures techniques disponibles car l'arithmétique, avec l'effet simplificateur qui la caractérise, peut trop facilement tromper sur le poids d'arguments qualitatifs qui importent aussi pour le public. Lors de ces consultations, on aura besoin d'une évaluation des MTD effectuée pour le site considéré de façon à intégrer non seulement les propriétés les plus techniques de la méthode, mais aussi des influences de la situation géographique et des conditions environnementales locales. Les futures limites de la concentration autorisée de radioactivité dans l'environnement pèseront également sur le choix de la MTD, notamment si l'objectif est une réduction substantielle et progressive des rejets ou une baisse des concentrations de radioactivité à un niveau proche de zéro dans le milieu récepteur.

Décision ou aide à la décision*

Des discussions menées au sein de la communauté des radioprotectionnistes, à l'image du débat actuel sur la gouvernance moderne, il est apparu qu'une meilleure compréhension des rôles des diverses parties prenantes à la décision faciliterait grandement la recherche de solutions qui soient acceptées. Pour mieux comprendre ces différents rôles, on établit une distinction théorique claire entre la décision et l'aide à la décision. La décision est le mécanisme par lequel est prise une décision qui est acceptée. L'aide à la décision recouvre la constitution des différents éléments (par exemple techniques, sociaux et économiques) nécessaires pour prendre une décision en toute connaissance de cause.

* *Vers un nouveau système de protection radiologique*, OCDE/AEN, 2002.

18. *Making Better Environmental Decisions: An Alternative to Risk Assessment* par Mary O'Brian. Massachusetts Institute of Technology. MIT Press. 2000. ISBN 0-262-15051-4.

**Étude de cas sur l'application des meilleures techniques disponibles
Optimisation du retraitement par une technologie d'évaporation
à la Hague**

Cogema associe le recyclage des déchets de procédés, l'évaporation et la vitrification pour optimiser les rejets d'effluents de son usine de retraitement de la Hague, en France. Les effluents de procédés sont recueillis, traités et recyclés dans l'usine, produisant de petites quantités de déchets solides qui sont immobilisées par vitrification dans une matrice de verre « à sûreté passive » adaptée au transport, à l'entreposage de longue durée et au stockage. Le combustible irradié subit un processus de dissolution à l'acide nitrique très concentré, et sa composante uranium est séparée des produits de fission avec un procédé d'extraction par solvant organique. L'acide nitrique résiduel passe alors par un cycle d'évaporation qui élimine les impuretés de produits de fission et concentre l'acide afin de le recycler dans le processus de dissolution. Un procédé de traitement analogue est employé pour recycler le solvant organique usagé en le concentrant par distillation dans un évaporateur, après quoi il est réinjecté dans le processus d'extraction par solvant. Les déchets solides résiduels sont vitrifiés, à l'exception d'une petite fraction organique qui est calcinée puis coulée dans une matrice de déchets solides.

Cogema a mis au point de nouvelles MTD d'évaporation qui sont aujourd'hui employées dans ses usines UP2-800 et UP3-A et ont permis d'améliorer de façon substantielle le facteur de décontamination des effluents de moyenne et faible activité et, partant, de réduire les rejets dans les milieux marins et atmosphériques. Un traitement séparé des effluents de procédé acides et basiques a permis d'optimiser le traitement des flux de déchets de faible et moyenne activité. Il fait appel à des évaporateurs dédiés pour obtenir de meilleurs facteurs de décontamination. Les concentrats résiduels de haute activité occupent moins de volume et sont aussi convertis en déchets à sûreté passive par immobilisation, processus qui s'effectue dans l'usine de vitrification. L'introduction d'une meilleure technologie d'évaporation a permis de réduire les volumes de déchets de haute activité ainsi que les rejets dans l'environnement.

**Étude de cas sur les meilleures techniques disponibles
Réduction à l'aide d'un dépoussiéreur des rejets de carbone-14 des
opérations de retraitement à Sellafield***

À l'usine de retraitement du combustible THORP de BNFL à Sellafield, au Royaume-Uni, l'emploi d'un dépoussiéreur permet d'éviter de rejeter du carbone-14. Le combustible nucléaire usé contient en effet du carbone-14, qui est le produit de l'activation de quantités d'azote-14 à l'état de traces, une impureté que l'on trouve dans les barres au combustible d'uranium. Le carbone-14 est un radionucléide qui présente une importance écologique ; sa période de 5 730 ans fait qu'il persiste longtemps dans l'environnement et, de plus, étant biologiquement identique au carbone naturel, il est métabolisé par la flore et la faune. À l'usine THORP, le gros du carbone-14 est rejeté pendant la dissolution du combustible usé dans l'acide nitrique. Ce carbone réagit en effet avec l'acide nitrique pour donner du dioxyde de carbone dirigé dans le circuit des effluents gazeux du dissolvant. Ces effluents gazeux sont envoyés dans des colonnes de recombinaison acide et d'adsorption d'iode avant de passer dans un dépoussiéreur basique qui élimine le dioxyde de carbone en le convertissant en carbonate de sodium. Le carbone-14 est alors extrait par précipitation du carbonate de sodium avec du nitrate de baryum. Le précipité, du carbonate de baryum est éliminé de l'effluent et conditionné dans l'installation d'enrobage de Sellafield sous forme d'un déchet de moyenne activité destiné à un entreposage de longue durée.

* *Using Life Cycle Assessment to Inform the Nuclear Debate*, Nuclear Energy. Volume 41. Numéro 6. décembre 2002.

**Étude de cas sur les meilleures techniques disponibles
Progrès internationaux des technologies d'élimination
du krypton-85 rejeté par les réacteurs et les usines de retraitement***

Le krypton-85 et l'argon-41, des gaz rares, sont rejetés avec les effluents gazeux des réacteurs nucléaires et des usines de retraitement. Dans les réacteurs, l'argon-41 résulte de l'activation de l'argon-40 présent à l'état naturel dans l'air et qui est un contaminant de l'eau de refroidissement. Le krypton-85 est un produit de fission présent dans le combustible nucléaire usé. Si l'argon-41 ne reste pas dans l'environnement puisqu'il a une période de 1.8 heure, le krypton-85, en revanche, est plus présent dans l'environnement car sa période s'élève à 10.7 ans. Le krypton comme l'argon sont rejetés des réacteurs pendant les arrêts pour rechargement à raison d'environ 6.1 GBq de krypton-85 par GWa pour un REP standard. Le retraitement du combustible usé rejette beaucoup plus de krypton-85, normalement 6.6 millions GBq par GWa.

Bien qu'à l'heure actuelle, on n'ait pris aucune mesure pour débarrasser les rejets du krypton ou de l'argon qu'ils contiennent, une étude internationale récente réalisée pour l'UK Environment Agency conclut à la faisabilité technique et économique de la technique de séparation cryogénique. C'est pourquoi, deux usines pilotes fonctionnent depuis plusieurs années à Tokai Mura, au Japon, et à Idaho Falls, aux États-Unis. Toutefois, les coûts de la technologie ont jusqu'à présent limité son développement. Néanmoins, des évolutions récentes de la demande de xénon sous forme gazeuse pour l'éclairage de haute intensité des véhicules ont modifié les données économiques, favorisant ainsi la technique d'élimination cryogénique dont le xénon est un sous-produit de grande valeur.

* Technical Feasibility Study of the Cryogenic Separation of Xenon from Reprocessing Plant Off-Gases. Sellafield Authorisation Review. Environment Agency, 2002.

9. CONCLUSIONS

L'aboutissement de ce travail de l'AEN se veut une contribution aux débats nationaux et internationaux dans ce domaine ainsi qu'une aide à la mise au point d'approches nationales de la gestion des rejets d'effluents. S'agissant de la révision du système actuel de protection radiologique, dans laquelle s'inscrit une révision du concept d'optimisation, l'un des principes fondamentaux de la protection radiologique, on espère offrir avec ce rapport un éclairage technique utile dans les discussions ultérieures sur l'optimisation des rejets d'effluents.

Traditionnellement, l'application du principe ALARA a permis de protéger l'homme de l'impact sanitaire des rayonnements ionisants et, de cette manière, a également contribué à réduire de manière significative la quantité totale de radioactivité rejetée dans l'environnement par les installations nucléaires. Cependant après le Sommet « Planète Terre » de Rio en 1992, de nombreux pays ont intégré au droit environnemental la notion des MTD, traduisant en cela une orientation vers le développement durable. Si le concept ALARA doit rester au cœur de la démarche de protection du public contre les expositions aux rayonnements, la protection de l'environnement, elle, semble se tourner vers les MTD, qui sont en train de s'imposer comme mécanisme d'optimisation des procédés générateurs de déchets dans les installations nucléaires. Bien que les MTD et le principe ALARA aient bien des points communs, les facteurs déterminant les MTD sont à la fois différents et beaucoup plus vastes que la protection sanitaire qui est la raison d'être du principe ALARA. On a besoin de ce fait d'un ensemble de consignes pratiques sur les moyens de parvenir à ces MTD.

En résumé, l'industrie nucléaire, qui respecte déjà toutes les recommandations nationales et internationales, s'adaptera aussi aux évolutions des normes et recommandations nationales et internationales. Les rejets d'effluents des installations nucléaires, dans les conditions normales d'exploitation, sont aujourd'hui très inférieurs aux prescriptions réglementaires nationales,

l'application du principe ALARA ayant contribué à leur optimisation. Pour éclairer les décisions qui détermineront l'évolution des politiques nationales et internationales, ce rapport expose les implications de l'adoption des MTD, en plus de la démarche ALARA, pour réduire encore les rejets d'effluents.

Annexe I

**MEMBRES DU GROUPE D'EXPERTS SUR LES IMPLICATIONS DES
OPTIONS DE REJET D'EFFLUENTS**

Olli VILKAMO (**Président**)
Säteilyturvakeskus (STUK), Finlande

Borut BREZNIK
Ancien président du Groupe de direction d'ISOE, Slovénie

Dominique CALMET
Commissariat à l'énergie atomique (CEA), France

Hélène CHARPENTIER
DGEMP, France

Michel CHARTIER
Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire, IRSN, France

George HUNTER
Commission européenne, Luxembourg
(depuis l'été 2002, Scottish Environment Protection Agency)

Kimio ITO,
Japan Nuclear Cycle Development Institute, Japon

Jean-Marie LAMBOTTE
Ministère des Affaires sociales, de la Santé publique et de l'Environnement
(SPRI), Belgique

Jacques LAMBOTTE
DGEMP/ SAN, France

Ted LAZO
Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire

Gordon S. LINSLEY
Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), Vienne

Joe MCHUGH
Environment Agency, Royaume-Uni

Leif MOBERG
Statens strålskyddsinstitut, Suède

Monika MÜELLER-NEUMANN
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Allemagne

Stefan MUNDIGL (Secrétariat)
Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire

Patricio O'DONNELL
Consejo de Seguridad Nuclear, Espagne
(depuis février 2003, Agence internationale de l'énergie atomique)

Hans RIOTTE
Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire

Carol ROBINSON
Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), Vienne

Thomas RYAN
Radiological Protection Institute of Ireland
(depuis janvier 2003, Commission européenne)

Jane SILVERT
Autorité de sûreté nucléaire (ASN), France

Robert E. SMITH
Environment Agency, Royaume-Uni

Consultant:

Ian JACKSON
Jackson Consulting, Royaume-Uni

Annexe 2

MANDAT (APPROUVÉ LORS DE LA PREMIÈRE RÉUNION DE L'EGRO AINSI QUE PAR LE BUREAU DU CRPPH)

Contexte

Les rejets d'effluents radioactifs des installations nucléaires, dans les conditions normales d'exploitation, ont diminué ces dernières années, mais il sont toujours l'objet de débats. La demande de nouvelles réductions découle généralement d'un souci de protection de l'environnement de la part de la société. Il existe plusieurs approches de l'optimisation des rejets d'effluents. L'industrie chimique, par exemple, a introduit le concept des meilleures techniques disponibles (MTD), tandis que le système de protection radiologique se fonde sur la démarche ALARA. La Commission OSPAR, une instance politique s'occupant de la pollution du milieu marin, a innové une stratégie de gestion des substances radioactives fondée sur la diminution des rejets de ces substances à un niveau tel que les concentrations de radionucléides artificielles dans l'environnement soient proches de zéro.

Lors de sa 59^e session, du 5 au 7 mars 2001, le Comité AEN de protection radiologique et de santé publique (CRPPH) est convenu de créer un groupe d'experts chargé d'examiner et d'analyser les implications des diverses options de rejet des effluents. Le Comité a demandé au Secrétariat de rédiger le mandat de ce groupe. Le Bureau du CRPPH l'a revu et approuvé par correspondance, et le CRPPH a nommé les membres du groupe d'experts.

Mandat

Le Groupe d'experts a approuvé le mandat qui suit :

1. Répertorier les diverses possibilités de rejet des substances de faible activité des installations nucléaires dans les conditions normales d'exploitation, y compris la solution des rejets gazeux et liquides proches de zéro.
2. Examiner les implications techniques de ces solutions.
3. Comparer les concepts des meilleures techniques disponibles (MTD) et de niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre (ALARA) en tant que principes d'optimisation des rejets d'effluents radioactifs. Étudier si ces démarches conduisent au même résultat.
4. Établir sur cette base un projet de document présentant des informations factuelles sur les diverses options de rejet d'effluents, en collaboration avec d'autres comités de l'AEN, tels que le CNRA, le NDC et le RWMC. Ce document pourra être utilisé lors de futures discussions organisées à l'échelle nationale et internationale. Soumettre le projet de document aux membres du CRPPH pour examen et commentaires, à la fin de 2002.

Annexe 3

REJETS GÉNÉRIQUES D'UN REP ET D'UNE USINE DE RETRAITEMENT

Les informations que l'on trouvera dans cette annexe proviennent de la publication de l'AEN intitulée *Les incidences radiologiques des options de gestion du combustible nucléaire usé* (OCDE/AEN, 2000).

Centrale de référence et rejets génériques

Les rejets annuels d'une tranche REP standard de 1 300 MW(e) ont été calculés d'après des données françaises (Deprés, 1999) et sont récapitulés au tableau 1. D'après les informations disponibles, l'étude postule qu'il n'y a pas de différence sensible entre les rejets des réacteurs consommant de l'UO₂ et ceux consommant du MOX.

Usine de retraitement de référence et rejets génériques

Les rejets liquides et gazeux de l'usine de la Hague (Cogema, 1998a, b) en 1997 ont été rapportés à 1 GWa afin de définir les rejets génériques indiqués au tableau 2. Comme les données originales le font apparaître, le calcul a été effectué sur la base d'un taux de combustion de 30 GWj/tML au lieu de 40 GWj/tML qui est le taux généralement utilisé dans cette étude. On suppose que cela ne devrait pas avoir d'incidence sur le résultat final, parce qu'un taux de combustion plus élevé signifie que l'on extrait davantage d'énergie du combustible mais aussi que l'inventaire des radionucléides est supérieur.

Les données incluent les rejets associés à des opérations de l'usine de retraitement, comme le conditionnement de l'uranium et du plutonium sous forme d'oxydes, le traitement et le conditionnement des déchets ainsi que les rejets correspondant au stockage du combustible usé, de l'uranium séparé et des déchets sur le site de retraitement.

Tableau 1. Rejets annuels génériques d'un REP

| Radio-nucléide | Rejets annuels (GBq/a) | | Rejets annuels normalisés * (GBq/GWa) | |
|--------------------------------|------------------------|----------------------|--|----------------------|
| | Effluents gazeux | Effluents liquides | Effluents gazeux | Effluents liquides |
| ³ H | 9.0×10^2 | 1.8×10^4 | 8.4×10^2 | 1.6×10^4 |
| ¹⁴ C | 2.2×10^2 | 1.6×10^1 | 2.0×10^2 | 1.5×10^1 |
| ⁴¹ Ar | 3.5×10^1 | Néant | 3.3×10^1 | Néant |
| ⁵⁴ Mn | Néant | 1.5×10^{-2} | Néant | 1.4×10^{-2} |
| ⁵⁸ Co | 1.7×10^{-4} | 3.7×10^{-1} | 1.6×10^{-4} | 3.4×10^{-1} |
| ⁶⁰ Co | 6.5×10^{-6} | 1.7×10^{-1} | 6.1×10^{-6} | 1.5×10^{-1} |
| ⁶³ Ni | Néant | 4.0×10^{-1} | Néant | 3.7×10^{-1} |
| ⁸⁵ Kr | 6.5 | Néant | 6.1 | Néant |
| ⁸⁸ Kr | 2.3×10^{-1} | Néant | 2.2×10^{-1} | Néant |
| ¹¹⁰ Ag ^m | Néant | 9.5×10^{-2} | Néant | 8.9×10^{-2} |
| ¹²⁴ Sb | Néant | 5.0×10^{-2} | Néant | 4.7×10^{-2} |
| ¹³¹ I | 1.6×10^{-2} | 1.5×10^{-2} | 1.5×10^{-2} | 1.4×10^{-2} |
| ¹³³ I | 2.0×10^{-3} | Néant | 1.9×10^{-3} | Néant |
| ¹³³ Xe | 5.0 | Néant | 4.7 | Néant |
| ¹³⁴ Cs | Néant | 6.0×10^{-2} | Néant | 5.6×10^{-2} |
| ¹³⁷ Cs | Néant | 1.8×10^{-1} | Néant | 1.6×10^{-1} |

* Des rejets ont été normalisés sur la base d'une production d'électricité de 1.07 GWa.

Tableau 2. Rejets génériques d'une usine de retraitement

| Radionucléides | Rejets d'activité annuels (GBq/GWa) | |
|-----------------------|-------------------------------------|----------------------|
| | Effluents liquides | Effluents gazeux |
| ^3H | 2.6×10^5 | 1.7×10^3 |
| ^{14}C | 2.1×10^2 | 3.8×10^2 |
| ^{54}Mn | 1.1 | |
| ^{57}Co | 3.0×10^{-2} | |
| ^{58}Co | 3.6×10^{-1} | |
| ^{60}Co | 1.1×10^1 | |
| ^{63}Ni | 2.9 | |
| ^{65}Zn | 3.7×10^{-2} | |
| ^{85}Kr | | 6.6×10^6 |
| ^{89}Sr | 8.2×10^{-1} | |
| $^{90}\text{Sr/Y}$ | 8.2×10^1 | |
| $^{95}\text{Zr/Nb}$ | 8.7×10^{-3} | |
| ^{99}Tc | 2.9 | |
| $^{106}\text{Ru/Rh}$ | 4.3×10^2 | 7.2×10^{-4} |
| ^{125}Sb | 3.0×10^1 | |
| ^{129}I | 3.6×10^1 | 3.7×10^{-1} |
| $^{131}\text{I}^*$ | | 2.6×10^{-2} |
| $^{133}\text{I}^*$ | | 6.9×10^{-3} |
| ^{134}Cs | 4.6 | |
| ^{137}Cs | 5.4×10^1 | 1.3×10^{-6} |
| $^{144}\text{Ce/Pr}$ | 6.5×10^{-2} | |
| ^{154}Eu | 9.0×10^{-2} | |
| U | 1.4×10^{-1} | |
| ^{238}Pu | 2.1×10^{-1} | 1.7×10^{-7} |
| $^{239/240}\text{Pu}$ | 1.1×10^{-1} | 1.3×10^{-7} |
| ^{241}Pu | 4.6 | |
| ^{241}Am | 1.3×10^{-1} | |
| ^{244}Cm | 5.4×10^{-2} | |

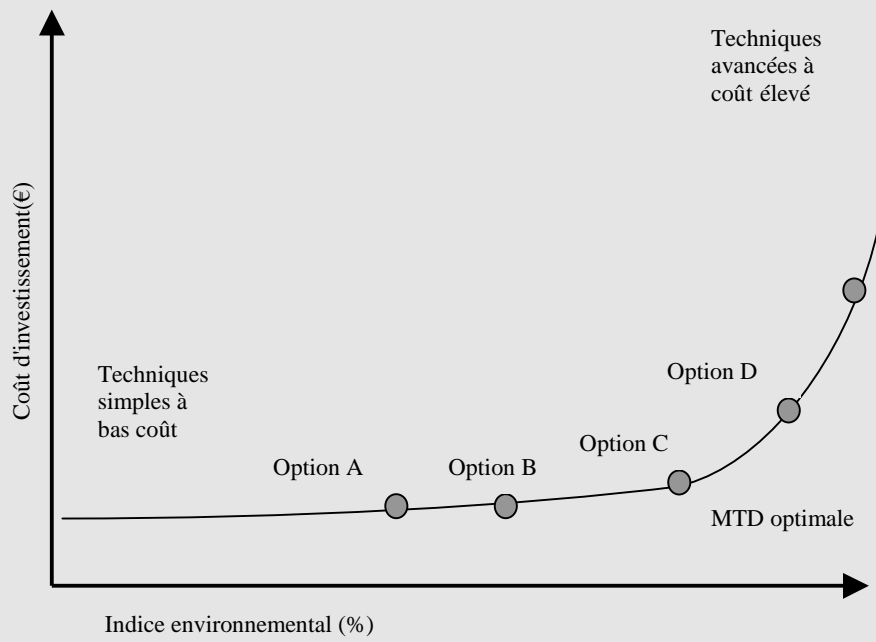
* Ces radionucléides sont le produit de la fission spontanée du curium.

Annexe 4

EXEMPLE DE MÉTHODOLOGIE D'AIDE AU CHOIX D'UNE MTD

Les figures 5 et 6 ci-dessous, qui ont été établies sur la base de l'analyse présentée au chapitre 8, récapitulent une méthodologie simple d'aide à la décision reposant sur des critères de gestion des MTD nucléaires. Les critères représentés sur la figure 5 ont été organisés en une liste de vérifications applicable à toutes les techniques de gestion des effluents envisagées. L'indice environnemental (en pourcentage) de chaque technique est le nombre de critères remplis par la technique en question par rapport au nombre maximum de critères de gestion des MTD. Les coûts totaux de chaque solution technique (coût en capital, coût d'exploitation sur toute la durée de vie et coût de démantèlement) doivent également être pris en compte. Si l'on envisage d'associer plusieurs solutions, cette méthodologie permet de déceler le point où le coût de l'amélioration de l'indice environnemental augmente de manière disproportionnée par rapport aux autres solutions (voir option C et option D dans l'encadré ci-dessous) qui sont les MTD les plus vraisemblables. Il est peu probable qu'une seule technique soit à la fois optimale pour l'environnement et la plus rentable et, dans la pratique, il faudra éventuellement soumettre aux divers intéressés deux techniques ayant des impacts environnementaux différents avant de pouvoir choisir l'option de rejet globalement la meilleure.

Choix de la meilleure technique disponible (MTD)*



* Adapté de IPPC Environmental Assessment and Appraisal of BAT. IPPC H1 Horizontal Guidance Note. Environment Agency. Royaume-Uni, 2002.

Figure 5. Exemple d'une liste d'indices environnementaux¹⁹ destinés à l'évaluation des options de rejet des installations nucléaires

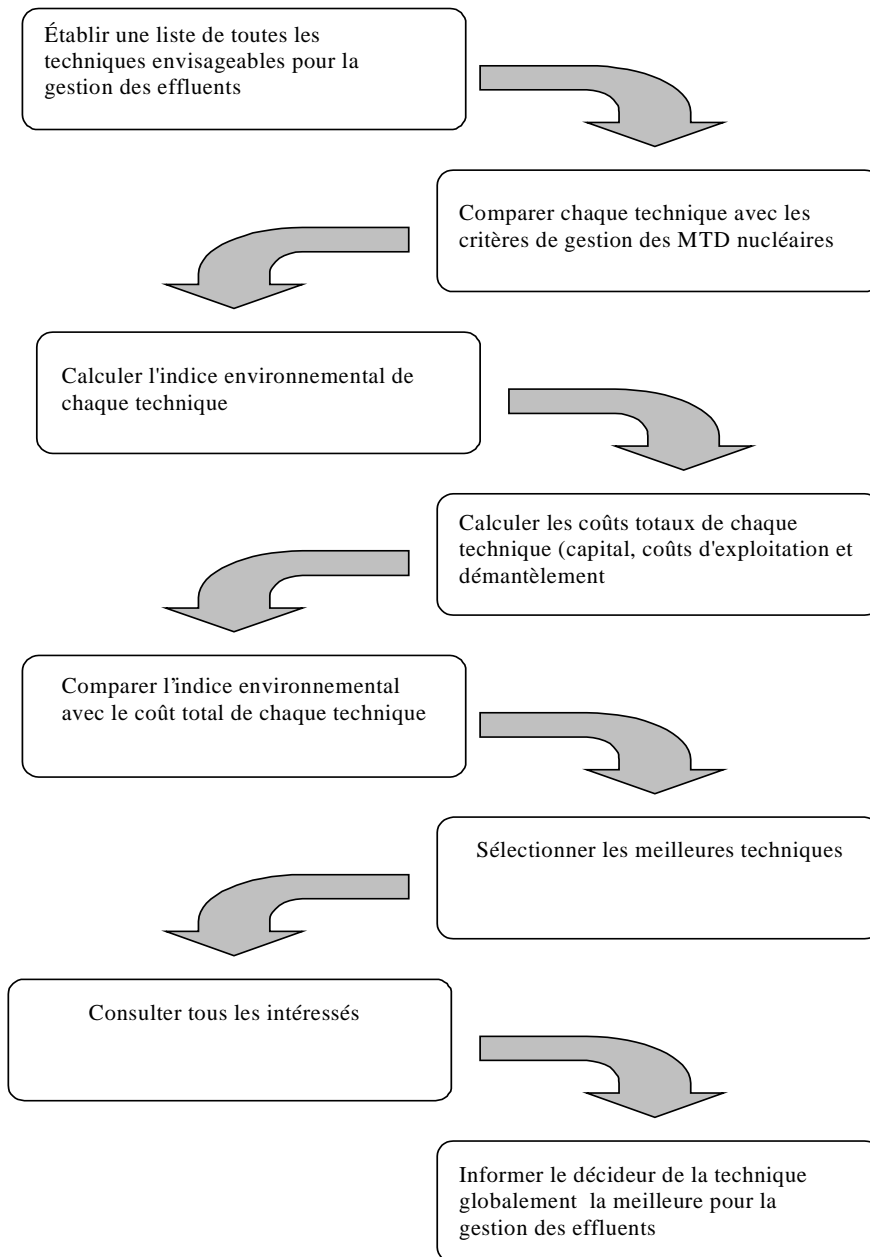
| | Critère de gestion des MTD nucléaires |
|---|---|
| Résultat environnemental de l'utilisation des MTD Substances moins dangereuses | Réduire progressivement les doses reçues par les travailleurs lors des opérations de traitement et de conditionnement des déchets Les déchets doivent pouvoir être stockés sous une forme que l'on puisse contrôler et récupérer Les déchets doivent pouvoir être entreposés dans des conditions sûres avant leur stockage définitif dans un dépôt Conditionner et immobiliser les déchets sous une forme instable sous une forme qui garantisse leur sûreté passive Les déchets radioactifs doivent être produits sous une forme à sûreté passive Réduire progressivement les doses au public imputables aux rejets de radioactivité de l'installation Réduire le plus possible les rejets potentiels de substances radioactives dans l'éventualité d'un accident crédible ainsi que leur impact sur l'environnement Réduire le déplacement transfrontière d'impacts environnementaux Concentrer et confiner les substances bioaccumulatives et persistant dans l'environnement Placer par ordre de priorité les dépenses environnementales de façon à en optimiser l'efficacité en termes de pollution évitée par euro investi |
| Réduction des rejets | Optimiser l'impact global des substances radioactives et autres de façon à atténuer l'empreinte de l'installation sur l'environnement Améliorer l'efficacité de l'installation nucléaire (rejets/GWa) Limiter les opérations de traitement et de conditionnement nécessaires au stockage des déchets dans des conditions sûres |
| Utilisation efficace des ressources | Produire les déchets radioactifs sous une forme se prêtant au stockage Limiter la production de déchets radioactifs de l'installation nucléaire |
| Technologie produisant peu de déchets solides | |

Nombre de critères satisfaits (N)
Indice environnemental (%)

Indice environnemental (%) = nombre de critères satisfaits par la technique (N) divisé par le nombre total de critères MTD(15) x 100

19. Adapté de *Integration of Business Strategy In Establishing Significant Environment Aspects* by Enrico Cagno and Paolo Trucco, Politecnico di Milan, Italie. Greenleaf Publishing, 2000. ISBN 1874719276.

Figure 6. Exemple de mécanisme d'aide au choix de la meilleure option de rejet des effluents



ÉGALEMENT DISPONIBLE

Publications de l'AEN d'intérêt général

Rapport annuel 2002 (2003) *Gratuit : versions papier ou web.*

AEN Infos

ISSN 1605-959X

Abonnement annuel : € 43 US\$ 43 GBP 27 ¥ 5 020

L'énergie nucléaire aujourd'hui

ISBN 92-64-10329-5

Prix : € 21 US\$ 24 GBP 14 ¥ 2 700

Protection radiologique

Radiological Protection of the Environment: The Path Forward to a New Policy? (2003)

Workshop Proceedings, Taormina, Sicile, Italie, 12-14 février 2002

ISBN 92-64-09969-7

Prix : € 52 US\$ 52 GBP 33 ¥ 6 050

Indemnisation des dommages en cas d'accident nucléaire (2003)

Compte rendu d'un atelier, Paris, France, 26-28 novembre 2001

ISBN 92-64-09919-0

Prix : € 90 US\$ 90 GBP 58 ¥ 11 050

Better Integration of Radiation Protection in Modern Society (2002)

Workshop Proceedings, Villigen, Switzerland, 23-25 January 2001

Bilingual

ISBN 92-64-19694-3

Prix : € 60 US\$ 54 GBP 37 ¥ 6 050

Occupational Exposure Management of Nuclear Power Plants (2003)

Third ISOE European Workshop, Portoroz, Slovenia, 17-19 April 2002

ISBN 92-64-02135-3

Free: paper or web.

Contre-mesures à court terme en cas d'urgence nucléaire ou radiologique (2003)

ISBN 92-64-02141-8

Free: paper or web.

A New approach to Authorisation in the Field of Radiological Protection

The Road Test Report (2003)

ISBN 92-64-02122-1

Gratuit : versions papier ou web.

Possible Implications of Draft ICRP Recommendations (2003)

ISBN 92-64-02131-0

Gratuit : versions papier ou web.

Protection radiologique de l'environnement

Rapport de synthèse des questions-clés (2003)

ISBN 92-64-28497-4

Gratuit : versions papier ou web.

Tchernobyl : Évaluation des incidences radiologiques et sanitaires (2002)

ISBN 92-64-28487-7

Gratuit : versions papier ou web.

ISOE – Information System on Occupational Exposures – Ten Years of Experience (2002)

ISBN 92-64-18480-5

Gratuit : versions papier ou web.

Bon de commande au dos.



Options de rejet des effluents des installations nucléaires

En général, les rejets d'effluents radioactifs des installations nucléaires ont fortement diminué ces dernières années, pour atteindre aujourd'hui des niveaux bien inférieurs aux exigences réglementaires. En outre, on s'efforce de les optimiser et de les réduire encore à travers des conventions et déclarations internationales et intergouvernementales, mais aussi dans les politiques nationales. Malgré tout, comme les niveaux de radioactivité dans l'environnement restent une préoccupation de société, la gestion des rejets d'effluents des installations nucléaires figure toujours en bonne place dans les débats publics.

Le lecteur trouvera dans ce rapport un exposé technique sur les différentes solutions possibles pour la gestion et la réglementation des rejets d'effluents des installations nucléaires dans des conditions normales d'exploitation. Ce rapport se veut une contribution aux débats nationaux et internationaux sur ce thème et s'adresse tant aux autorités de sûreté qu'aux exploitants de centrales nucléaires.