Sûreté nucléaire et radiologique: conseils pour l'intervention d'urgence

Des critères ont été établis au niveau international pour orienter les mesures à prendre en cas d'urgence nucléaire ou radiologique

Des accidents impliquant des matières radioactives survenus ces dernières années ont eu des conséquences sur la santé du public. C'est le cas du grave accident de Tchernobyl de 1986 et des sources radioactives à usage médical et industriel accidentellement égarées.

La réponse à ces accidents diffère d'un pays à l'autre. Dans les cas les plus extrêmes, certaines mesures de protection ont peut-être été plus nuisibles que profitables aux populations touchées et à leur environnement. Il est arrivé aussi que l'action entreprise coûte inutilement cher en ressources nationales. De plus, les accidents exposant des populations de part et d'autre d'une frontière ont souvent donné lieu à des mesures nationales contradictoires.

Au cours des dix dernières années, de grands progrès ont été faits dans l'élaboration de principes internationalement agréés facilitant la décision quant aux mesures à prendre à la suite d'accidents impliquant des matières radioactives, et de données quantitatives pour l'application de ces principes. Nombre d'organisations y ont participé, dont l'AIEA, l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'Organisation de coopération et de développement économiques (AEN/OCDE), la Commission des communautés européennes (CCE), la Commission internationale de protection radiologique (CIPR), l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), et l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

Voici un aperçu des critères de radioprotection à appliquer en cas d'accident nucléaire ou d'urgence radiologique, et des principes applicables aux niveaux d'intervention. Les recommandations visent à aider ceux qui, dans les organismes nationaux ou régionaux et les installations nucléaires, ont la responsabilité de planifier l'intervention d'urgence.

Recherche d'un consensus international

En 1985, l'Agence a publié le numéro 72 de sa *Collection Sécurité* qui recommande les principes à appliquer pour fixer des niveaux d'intervention en vue de protéger la population en cas d'accident nucléaire ou d'urgence radiologique. L'intention est d'aider les autorités nationales et régionales responsables des plans d'urgence à spécifier les niveaux de doses auxquels il pourrait être nécessaire d'agir. Le manuel reconnaît le besoin de fixer des quantités pratiques que l'on puisse facilement comparer aux mesures faites sur des matières de l'environnement et sur des denrées alimentaires; ces quantités sont appelées niveaux d'intervention dérivés (ND). Peu de temps après l'accident de Tchernobyl, l'Agence a publié le numéro 81 de la *Collection Sécurité* qui traite des principes, procédures et données requis pour fixer ces ND. Le manuel précise également dans quelle mesure les données numériques utilisées et les exemples de ND se prêtent à une application plus générale.

A cela viennent s'ajouter les nouvelles recommandations de la CIPR, les directives de la Commission FAO/OMS du Codex Alimentarius sur les concentrations de radionucléides dans les denrées alimentaires du commerce international, les recommandations de l'OMS pour la protection du public, ainsi que plusieurs recommandations importantes du projet international pour Tchernobyl.

En 1991, l'AIEA a révisé le numéro 72 de la *Collection Sécurité* en vue de préciser les règles à suivre pour les plans d'urgence et a donné des exemples indiquant comment fixer les niveaux d'intervention de ces plans. Elle s'est cependant abstenue de chiffrer des valeurs susceptibles d'une application plus générale.

La réponse à l'accident de Tchernobyl a montré qu'il fallait disposer d'un ensemble simplifié et cohérent de niveaux d'intervention à l'échelle internationale. Cette formule a été jugée souhaitable pour

par
Malcolm Crick

M. Crick est membre de la Division de la sûreté radiologique et de la sûreté des déchets, Département de la sûreté nucléaire.

rendre le public plus confiant à l'égard des autorités chargées de faire face aux suites d'un accident. De plus, de nombreux pays sont dépourvus d'installations nucléaires, donc de plans détaillés d'intervention, de sorte qu'un dispositif simple et internationalement agréé ne pourrait que les aider en cas de contamination transfrontière.

Pour aboutir à un consensus international sur les valeurs de ces niveaux d'intervention généraux, l'AIEA a organisé plusieurs réunions techniques dont les travaux ont abouti, en 1993, à la rédaction du numéro 109 de la *Collection Sécurité* sur les critères d'intervention en cas d'accident nucléaire ou d'urgence radiologique. Ce guide de sûreté, publié en 1994, exprime l'accord international qui s'est fait sur les principes de l'intervention et sur les valeurs numériques des niveaux d'intervention généraux. C'est sur eux que se fondent les recommandations en matière d'intervention ultérieurement formulées dans les *Normes fondamentales internationales de protection contre les rayonnements ionisants et de sûreté des sources de rayonnements*, publiées conjointement par l'AEN, l'AIEA, la FAO, l'OIT, l'OMS et l'OPS.

Synthèse des directives

Effets immédiats et différés de l'irradiation sur la santé. La gravité de la plupart des effets immédiats (ou déterministes) sur la santé est fonction de la dose à l'individu et il existe en pratique un seuil au-dessous duquel il n'y a pas d'effet cliniquement observable. La conséquence la plus grave est la mort; elle peut frapper les individus sensibles et résulte d'un dysfonctionnement de la moelle osseuse à des doses aiguës à l'organisme entier supérieures à un gray (Gy). Des effets immédiats graves peuvent aussi se manifester dans d'autres organes. Pour la plupart d'entre eux, les seuils de dose sont supérieurs à celui qui concerne la moelle osseuse, et il n'y a pas d'effet si la dose à l'organisme entier est inférieure à un Gy. Certains organes comme la thyroïde et les poumons peuvent néanmoins recevoir de fortes doses dues à l'inhalation ou à l'ingestion de radionucléides et doivent être considérés à part.

Parmi les effets différés (ou stochastiques) se range une grande variété de cancers et d'effets héréditaires dont la probabilité d'apparition (et non la gravité) est fonction de la dose. Ces affections se manifestent d'habitude plusieurs années après l'exposition et, bien que les individus exposés ne soient pas tous atteints, il n'y a pas de seuil de déclenchement. Vu le rapport linéaire présumé entre la dose et la probabilité de ces effets, il est possible de prévoir le nombre de cas qui se produiront dans une population nombreuse après exposition, même si le risque est très faible pour la plupart des individus. Etant donné que d'autres causes, pour la plupart non identifiées, peuvent être à l'origine des mêmes

effets, il est généralement impossible de discerner les cas dus à l'irradiation.

Normalement, même un accident grave exposera relativement peu de gens à de fortes doses et un grand nombre à de faibles doses. La plupart des cancers et des effets héréditaires se produisent dans des populations nombreuses exposées à de faibles doses. Ces cas ne peuvent généralement pas être tous évités et le but de l'intervention est d'en réduire le nombre autant qu'il est raisonnablement possible.

Voies d'exposition et prévisions des doses. Les rejets accidentels peuvent se produire dans l'air, dans l'eau ou sur la terre, mais ce sont généralement les rejets importants dans l'atmosphère qui exigent des mesures urgentes de protection, car l'irradiation est due à l'exposition au nuage radioactif et à l'inhalation d'aérosols radioactifs. A mesure que le nuage se dissipe, les particules se déposent lentement sur le sol, ou plus rapidement s'il pleut. Les individus peuvent alors être exposés aux rayonnements de ces dépôts, par inhalation de poussières en suspension ou par absorption de nourriture ou d'eau contaminée.

Lorsqu'un accident survient, les doses potentielles à la population sont généralement évaluées par des spécialistes très qualifiés. Tout au début, il existe néanmoins de nombreuses incertitudes, telles que la quantité ou le débit du rejet, ou les conditions météorologiques. De ce fait, et vu la nécessité de recourir à des modèles mathématiques simples pour obtenir des résultats suffisamment tôt pour qu'ils soient utiles, les premières estimations de doses sont très imprécises.

Les responsables doivent en être conscients et veiller à ce que leurs spécialistes indiquent les incertitudes de leurs premières prévisions. Ils ne devraient pas tabler sur des valeurs «fort probables» pouvant mener à des conclusions erronées qui risquent d'avoir de graves répercussions sur la population, mais tenir compte de ces incertitudes pour décider de l'action à entreprendre d'urgence. Par la suite, à mesure que la situation s'éclaircit, il devient possible de moduler l'intervention en fonction de prévisions désormais beaucoup plus fiables.

Normalité et situations d'urgence. En temps normal, les doses provenant de sources d'origine humaine (centrales nucléaires ou pratiques médicales, par exemple) sont maintenues dans des limites spécifiques bien inférieures aux niveaux qui appelleraient une action protectrice; elles sont généralement du même ordre que le fond naturel de rayonnement et sont maintenues à ce niveau par un contrôle des sources, sans contraintes directes sur le public.

Lors d'un accident, les matières radioactives rejetées dans l'environnement échappent à tout contrôle et l'on ne peut réduire les doses qu'en prenant des mesures de protection telles que le confinement, l'évacuation, la réinstallation — temporaire ou permanente, le traitement prophylactique à l'iode et les restrictions sur les denrées alimentaires et l'eau, qui imposent toutes des contraintes à la popu-

lation. Ces mesures ne sont pas sans risques. Par conséquent, lorsqu'on décide du niveau qui doit déclencher des mesures de protection, il faut tenir compte de l'effet des contraintes sur les activités de la population et de tout risque complémentaire que les mesures elles-mêmes pourraient comporter.

De là la distinction faite entre les niveaux de dose d'intervention pour cause d'accident et les limites de dose appliquées dans les conditions normales, dont les rôles respectifs ne doivent pas être confondus.

Actions protectrices. Peu d'options majeures protègent le public après un accident. Voici les plus importantes:

Réponse immédiate ou urgente: 1) confinement — les gens sont priés de rester chez eux et de fermer portes et fenêtres, généralement pendant moins d'une journée; 2) évacuation — retrait urgent de la population d'une zone déterminée pour des périodes de l'ordre de plusieurs jours; 3) traitement prophylactique à l'iode si d'importantes quantités de radioiode ont été absorbées ou si l'on en prévoit l'absorption.

Phase ultérieure de l'intervention: 1) réinstallation temporaire de la population dans de nouveaux locaux, généralement pour un ou deux ans au maximum; 2) réinstallation permanente dans des locaux nouveaux ou existants pour l'avenir prévisible; 3) contrôle des denrées alimentaires et de l'eau contaminées au-delà des niveaux spécifiés.

Principes et niveaux d'intervention

L'intervention répond à trois principes généraux internationalement agréés: 1) éviter en priorité les effets graves et immédiats sur la santé; 2) éviter les effets différés en prenant des mesures de protection si elles promettent plus de bien que de mal à la population affectée; 3) ces mesures doivent être appliquées et levées à des niveaux assurant un avantage maximal net pour la population.

Le premier principe déclenche l'intervention en cas d'accident impliquant de fortes doses. Tout risque immédiat pour l'individu doit être évité en priorité par l'évacuation (plus rarement par le confinement et, s'il y a lieu, par la prophylaxie iodée) et en mettant en œuvre le maximum de ressources immédiatement disponibles. Dans certains cas exceptionnels, l'évacuation peut ne pas être indiquée si elle implique un plus grand risque (déplacer des personnes en réanimation ou en présence d'un autre danger, par exemple).

Les niveaux d'intervention pour minimiser les effets différés sur la santé sont fondés sur les deuxième et troisième principes. Dans ce cas, les termes «bien», «mal» et «avantage» sont nuancés — outre les considérations de santé, de sûreté et de coût de l'intervention — par des facteurs non quantifiables tels que l'apaisement, l'état de choc et les

valeurs sociales. Cela ne relève pas essentiellement de la compétence des radioprotectionnistes, mais plutôt de la responsabilité des décideurs, lesquels peuvent se résoudre à tenir compte de ces facteurs en plus de ceux que comporte la radioprotection pour prendre les décisions les plus avantageuses pour la population.

De plus, les deuxième et troisième principes ne concernent que le risque d'effets différés dans l'ensemble de la population. Ils ne limitent donc pas explicitement le risque individuel. Un risque d'effets différés sensiblement plus grave que la normale, ne serait-ce que pour quelques individus, peut être important pour la décision au niveau national. C'est pourquoi il se peut que les autorités se décident pour un niveau d'intervention évitant des risques individuels inacceptables. La possibilité d'intervenir à ce niveau dépend de la gravité et de la nature de l'accident, ainsi que des ressources dont dispose le pays. Dans le numéro 109 de la *Collection Sécurité*, ces niveaux ne sont pas pris en compte pour établir les ND et peuvent mener à des valeurs inférieures, notamment pour les phases ultérieures de l'intervention.

Mesures d'intervention rapide ou urgente. Pour être efficaces, elles doivent être appliquées sans attendre. Tout retard peut impliquer des doses à la population que l'on aurait pu éviter et, dans le pire des cas, avoir des effets immédiats sur la santé. Il est difficile de prendre une décision rapide car, le plus souvent, on dispose au début de très peu de renseignements sur un accident et l'on ne sait pas au juste quelles en seront les conséquences. C'est pourquoi il faut planifier au préalable, si possible, pour pouvoir décider rapidement en se fondant sur les moyens disponibles et les schémas d'intervention préétablis, plutôt que sur les valeurs mesurées et les dispositions prises à la hâte dès que l'accident survient. Si l'on dispose de moyens fixes dont on connaît bien les caractéristiques, le plan d'intervention devrait prévoir le déclenchement de mesures de protection d'urgence en fonction de ces moyens, sans attendre la confirmation d'un rejet effectif par des mesures faites dans l'installation ou à l'extérieur, si cela est raisonnablement possible.

Le **confinement** consiste à maintenir les gens dans des locaux pour réduire l'exposition à la contamination atmosphérique et aux dépôts en surface, en ayant soin de fermer portes et fenêtres et d'interrompre toute ventilation pour éviter l'inhalation de matières radioactives provenant de l'extérieur. Le confinement peut aussi faciliter les préparatifs d'évacuation et le traitement prophylactique à l'iode. Vu les faibles inconvénients, il peut se justifier à de faibles niveaux de dose. Son efficacité décroît cependant rapidement avec le temps dans la plupart des structures (réduction de l'exposition aux aérosols d'un facteur deux ou trois pendant quelques heures); elle est faible dans les constructions légères ou très aérées. En outre, la durée du confinement a ses

**Niveaux
d'intervention
généraux dans
les situations
d'urgence**

Mesures de protection d'urgence

Dose évitable (niveau d'intervention général)	
Confinement	10 mSv sur une période de deux jours au maximum
Prophylaxie iodée	100 mGy (engagement de dose absorbée à la thyroïde)
Evacuation	50 mSv sur une période d'une semaine au maximum

Niveaux d'intervention généraux pour les aliments
(Extrait des niveaux recommandés par la Commission du Codex Alimentarius pour les radionucléides présents dans les aliments du commerce international à la suite d'une contamination accidentelle)

Radionucléides	Aliments de consommation générale (kBq/kg)	Lait, aliments pour nourrissons et eau potable (kBq/kg)
Césium 134, Césium 137, Ruthénium 103, Ruthénium 106, Strontium 89	1	1
Iode 131		0,1
Strontium 90	0,1	
Américium 241, Plutonium 238, Plutonium 239	0,01	0,001

Mesures à long terme

Dose évitable (niveau d'intervention général)	
Début de réinstallation temporaire	30 mSv par mois
Fin de réinstallation temporaire	10 mSv par mois
Réinstallation permanente éventuelle	1 Sv viager

limites si l'on veut éviter des complications peu souhaitables.

Le niveau d'intervention général pour le confinement est de 10 mSv. Cette valeur a été choisie pour une durée maximale de deux jours. Le confinement est recommandable à des niveaux inférieurs pour de plus courtes périodes ou en préparation d'autres mesures de protection.

Il peut être efficace si l'exposition est de courte durée et si les locaux sont solidement construits et bien calfeutrés, comme c'est le cas dans certains pays du Nord. En revanche, dans les pays chauds, la plupart des habitations sont faites de matériaux légers et l'on ne peut y séjourner longtemps si elles sont hermétiquement closes. Ces facteurs doivent être pris en considération dans le choix entre le confinement et l'évacuation.

L'évacuation consiste à faire abandonner les logements habituels pour une période de durée limitée. Elle devrait être décidée quand elle permet d'éviter une dose contre laquelle le confinement ne peut rien. Le niveau d'intervention général pour l'évacuation est de 50 mSv, valeur fixée d'après la

durée maximale anticipée de l'évacuation (7 jours). Cette mesure peut être prise à des niveaux inférieurs et pour des périodes plus brèves, ou lorsqu'elle est facilement applicable, si les groupes sont peu nombreux, par exemple. Dans des circonstances exceptionnelles (très mauvais temps ou menace d'une autre catastrophe) ou lorsque l'opération serait particulièrement difficile (très nombreuses populations ou moyens de transport insuffisants), l'évacuation d'urgence peut être reportée à un niveau d'intervention supérieur.

Avant qu'un rejet n'ait effectivement commencé et s'il est très probable que les doses à prévoir excéderont ce niveau, l'évacuation préventive est généralement à conseiller. On y a communément recours lorsque le public est en plus menacé par d'autres dangers d'origine humaine (incendie ou fuite de produits chimiques) ou par des forces de la nature (ouragan, tornade, séisme ou inondation). Les gens reviennent chez eux un ou deux jours après, si leur domicile n'a pas besoin d'un grand nettoyage. Vu la brièveté du séjour, ils sont sommairement logés, le plus souvent dans des écoles ou autres bâtiments publics.

La **prophylaxie iodée** consiste à administrer de l'iode stable afin de bloquer l'absorption de radio-iode par la thyroïde. Le traitement doit être rapide pour être efficace (de préférence plusieurs heures avant ou quelques heures après l'exposition, au plus tard). C'est pourquoi il n'intervient le plus souvent que si le plan d'urgence prévoit une distribution préalable d'iode à la population à risque. Il va communément de pair avec le confinement ou l'évacuation. Le niveau d'intervention général pour le traitement est de 100 mGy, ce qui correspond à la dose à la thyroïde due à l'absorption de radio-iode. Vu les complications possibles selon le régime alimentaire local et d'autres facteurs, la prophylaxie iodée devra être appliquée par les autorités de santé publique.

Mesures de protection pendant les phases ultérieures de l'intervention. Le confinement et l'évacuation sont des mesures à court terme. Si les analyses confirment que les doses exigent des mesures complémentaires, il est peut-être nécessaire de procéder à une réinstallation temporaire ou permanente et de contrôler les aliments ou l'eau.

Pendant la première phase, il y a le plus grand intérêt à déclencher l'action dans les meilleurs délais, en se fondant sur des prédictions approximatives de l'évolution de l'accident. Pour l'action à long terme, il faut accepter une petite pénalisation radiologique si l'on attend des mesures plus précises pour mieux prévoir les doses. Par ailleurs, le coût social et économique des décisions imprudentes peut être élevé, si les mesures à long terme se prolongent. Il importe donc que la décision de mettre en œuvre ces dernières soit aussi bien documentée que possible par les meilleures estimations des conséquences des diverses options.

La **réinstallation temporaire** implique le déplacement organisé de la population pour une période assez longue mais limitée (plusieurs mois, par exemple) pour éviter une exposition à des matières radioactives déposées sur le sol ou remises en suspension, et éventuellement à des aliments ou à de l'eau d'origine locale. Les évacués sont généralement installés dans des locaux temporaires offrant un minimum acceptable de confort et d'intimité. Les niveaux d'intervention généraux pour le début et la fin de la réinstallation temporaire sont de 30 mSv et de 10 mSv par mois, respectivement; en d'autres termes, la réinstallation temporaire est décidée si l'on prévoit que la dose évitable pendant le mois qui suit sera supérieure à 30 mSv. Les évacués peuvent réintégrer leurs pénates lorsque la dose évitable est inférieure à 10 mSv par mois. Toutefois, si l'on estime que la dose accumulée en un mois ne descendra pas au-dessous de ce niveau en un an ou deux, la population doit être réinstallée à titre permanent. Deux niveaux sont spécifiés, car le début d'une réinstallation comporte de gros inconvénients par rapport à son maintien. Il faut également préciser le temps que peut raisonnablement durer une réinstallation temporaire.

La **réinstallation permanente** consiste à déplacer la population sans espoir de retour avant au moins plusieurs années. Les évacués sont généralement réinstallés dans des conditions analogues à celles qu'ils ont quittées. Cela implique éventuellement la construction de nouvelles habitations et de nouvelles infrastructures. Les niveaux d'intervention généraux pour cette mesure sont de 1 Sv viager ou correspondent à une dose supérieure à 10 mSv par mois pendant plus d'un an ou deux (qui interdit donc le retour chez soi après un an ou deux). Il est d'ailleurs possible que les doses prévues inférieures au niveau fixé pour l'évacuation ou pour la fin de la réinstallation temporaire augmentent suffisamment pendant une vie (au-delà de 1 Sv) pour justifier une réinstallation permanente.

La **surveillance des aliments et de l'eau** peut être envisagée dans trois situations différentes: il existe une possibilité d'approvisionnement de remplacement; l'approvisionnement de remplacement est peu abondant; ou les denrées sont destinées au commerce international. Des niveaux d'intervention généraux ont été fixés à l'intention des autorités nationales lorsqu'un approvisionnement alimentaire de remplacement est possible (*voir le tableau*). Les valeurs dépendent du type de denrée et du type de radionucléide contaminant. Les radionucléides en cause sont ceux qui ont le plus de chance de contaminer les aliments à la suite d'un accident.

Si les restrictions du ravitaillement sont radicales et risquent de provoquer des déficiences nutritionnelles ou, au pire, la famine, il faut procéder à des évaluations cas par cas. En pareilles circonstances, la réinstallation est généralement recommandée, avec un approvisionnement alimentaire de remplacement. Si cela est impossible, il faut considérer le risque d'irradiation de façon réaliste en le comparant aux autres risques sanitaires, et relever les niveaux d'intervention dans tous les cas.

A la suite d'un événement qui risque de contaminer les denrées alimentaires, on peut appliquer une série de mesures correctives aux divers stades de la production et de la commercialisation, afin de s'assurer au maximum que les denrées sont maintenues en dessous des niveaux d'intervention. Par ailleurs, les niveaux d'intervention généraux concernant les produits alimentaires devront respecter les conditions requises pour la distribution de ces derniers par les circuits commerciaux internationaux en vue de leur consommation dans les pays non touchés par l'accident.