

Premier bilan des travaux du CODIR-PA sur l'évaluation des conséquences radiologiques et dosimétriques en situation post-accidentelle

Didier CHAMPION

IRSN, Direction de l'environnement et de l'intervention, BP35, 31 rue de l'Écluse, 78116 Le Vésinet
Cédex

1. Contexte et origine du CODIR-PA

Depuis plusieurs années, les pouvoirs publics ont défini une organisation spécifique pour gérer les situations d'urgence radiologique consécutives à un accident sur une installation nucléaire. Cette organisation a été mise à jour par la directive interministérielle du 7 avril 2005 sur l'action des pouvoirs publics en cas d'événement entraînant une situation d'urgence radiologique.

L'effort d'organisation a, jusqu'à présent, principalement porté sur la phase d'urgence de la crise, c'est-à-dire la période au cours de laquelle des rejets radioactifs menacent de se produire ou se produisent effectivement. Une doctrine pour assurer la protection des populations dans la phase d'urgence existe et est régulièrement testée lors d'exercices nationaux faisant intervenir l'exploitant de l'installation, les échelons administratifs déconcentrés (sous l'autorité du Préfet de département) et nationaux, ainsi que les différents organismes d'expertise.

S'il existe déjà des éléments de réflexion sur la gestion du risque en phase post-accidentelle, ce domaine n'a pas été, pour le moment, exploré avec la même attention. En tout état de cause, aucune formalisation de la doctrine qui servirait de base aux actions des pouvoirs publics n'est à ce jour disponible.

La directive du 7 avril 2005 susvisée a confié à la DGSNR, en relation avec les départements ministériels concernés, la mission « d'établir le cadre, de définir, de préparer et de mettre en œuvre les dispositions nécessaires pour répondre à une situation post-accidentelle ».

C'est ainsi que le 13 avril 2005, la DGSNR a proposé la création d'un Comité directeur pour la gestion de la phase post-accidentelle d'un accident nucléaire ou d'une situation d'urgence radiologique (CODIR-PA). Le CODIR-PA est chargé d'élaborer les éléments de doctrine correspondants. Outre l'ASN qui en assure l'animation, ce comité est composé de représentants des différents départements ministériels concernés par le sujet (intérieur, environnement, agriculture, MINEFI, SGDN), des agences sanitaires (InVS, AFSSA, AFSSET) et de l'IRSN.

Après son installation effective, le CODIR-PA a décidé de travailler en priorité sur deux scénarios d'accident d'importance moyenne affectant un réacteur à eau sous pression exploité par EDF. Ces scénarios, élaborés par l'IRSN, servent de support de réflexion aux différents groupes de travail mis en place à partir de la fin 2005, présentés dans le schéma de la figure 1.

Dans ce cadre, l'IRSN s'est vu confier l'animation d'un groupe de travail consacré à l'évaluation des conséquences radiologiques et dosimétriques sur l'environnement et les personnes (GT3). Ce groupe, de composition souple et évolutive selon les questions à l'ordre du jour, s'est réuni 8 fois entre 2006 et juin 2007 ; outre les spécialistes de l'IRSN et les organismes présents au CODIR-PA, ces réunions rassemblent les principaux exploitants d'INB, des établissements susceptibles de produire des données utiles à l'évaluation (tels que Météo France), des services déconcentrés de l'État et des représentants des CLI.

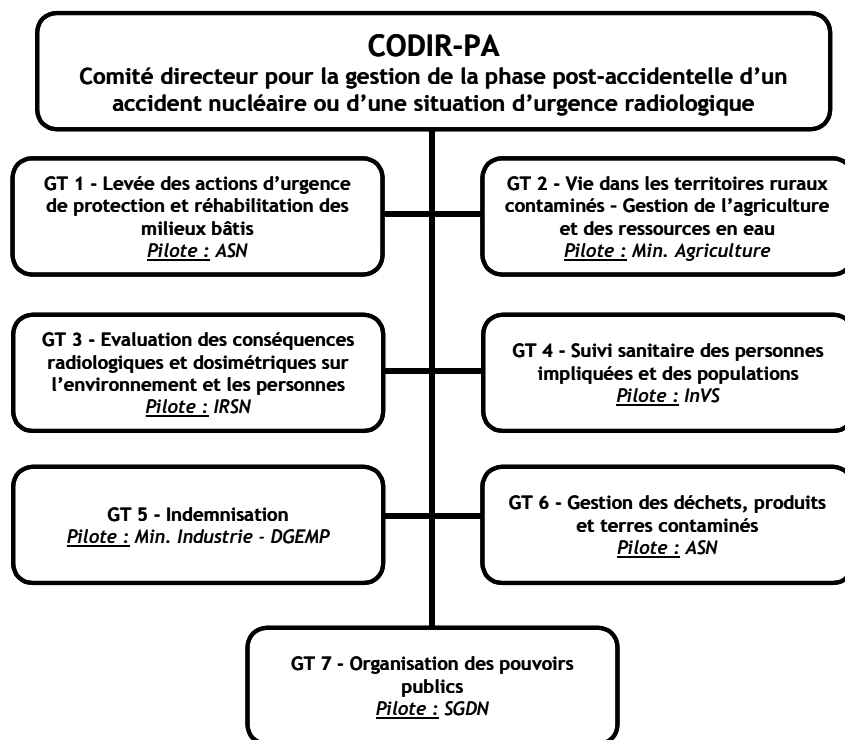


Figure 1 – Organisation et pilotage des groupes de travail thématiques du CODIR-PA.

2. La démarche et les objectifs de l'évaluation des conséquences post-accidentelles

En cas de rejet de substances radioactives provoqué par un accident radiologique ou nucléaire, ces substances se dispersent et, le cas échéant, se fixent dans divers milieux de l'environnement (air, sols, végétaux, etc.) et entraînent une exposition temporaire ou permanente des personnes présentes sur les territoires affectés ou consommant des produits issus de ces territoires. Les conséquences d'un tel rejet s'évaluent sur un plan radiologique et dosimétrique.

Les conséquences radiologiques concernent l'état de contamination des différents milieux et produits de l'environnement, généralement exprimé en concentration d'activité en radionucléides – Bq.m^{-3} (air), Bq.m^{-2} (dépôts de surface), Bq.kg^{-1} (matières solides, produits agricoles), Bq.l^{-1} (eau, lait) – et en débit de dose ambiant ($\mu\text{Gy.h}^{-1}$ ou $\mu\text{Sv.h}^{-1}$).

Les conséquences dosimétriques concernent les doses (en mGy ou en mSv) reçues par les personnes exposées lors de l'accident ou du fait de la contamination persistante dans l'environnement après l'accident. Dans le contexte d'un accident sur une installation nucléaire, les personnes concernées sont le personnel présent sur le site lors de l'accident, les intervenants sollicités dans le cadre de la gestion de la crise et la population impliquée dans l'environnement du site. Une fois l'accident maîtrisé, d'autres catégories de personnes peuvent être exposées : les personnes vivant sur les territoires contaminés ou consommant des produits issus de ces territoires et les intervenants chargés de faire des mesures ou des travaux de réhabilitation des territoires.

L'évaluation de ces conséquences repose sur deux approches complémentaires et interdépendantes :

- **la réalisation de mesures à caractère radiologique** (contamination, débit de dose) dans l'environnement ou sur des personnes. S'agissant de l'environnement, ces mesures peuvent être faites in situ à l'aide de balises fixes ou de moyens portatifs, ou de manière différée à partir de prélèvements d'échantillons analysés dans des laboratoires spécialisés. S'agissant des personnes, différents types de mesures sont possibles pour caractériser des voies d'atteintes spécifiques (dosimètres portatifs pour l'irradiation externe, anthroporadiométrie et analyses radiotoxicologiques pour la contamination interne) ;

- **le recours au calcul et la modélisation** : cette approche permet d'estimer des paramètres non directement établis par la mesure, notamment pour interpoler des résultats acquis, prédire des situations futures, comparer des scénarios de gestion, etc.. Par ailleurs, la détermination des doses reçues par les personnes exposées par différentes voies d'atteinte nécessite obligatoirement un calcul ou une modélisation, même lorsque des mesures directes sont faites sur les personnes ; c'est le cas a fortiori pour estimer les doses reçues par une population à partir de données environnementales. Outre des paramètres et des résultats de mesures à caractère radiologique, l'approche par modélisation nécessite également de nombreuses données et informations sur les caractéristiques de l'environnement ou sur les personnes exposées, de manière à fournir une estimation aussi pertinente que possible : météorologie, hydrologie, agriculture, pratiques alimentaires, etc.. En l'absence de telles informations, des hypothèses par défaut sont retenues pour réaliser les calculs ; dans un tel cas, il importe que ces hypothèses, réalistes ou pessimistes, soient explicitées et acceptées par les différentes parties prenantes.

Le GT3 a examiné les différentes techniques disponibles pour ces deux approches, en évaluant leur intérêt, leurs conditions de mise en œuvre et leurs limites. Cet examen a été mené en privilégiant le besoin de caractérisation initiale de l'état radiologique de l'environnement et de l'exposition des personnes à la sortie de la phase d'urgence, c'est-à-dire dans les heures et les premiers jours qui suivent la fin des rejets radioactifs (cette période est également appelée phase de transition). Ce choix, partagé par les différents groupes de travail du CODIR-PA, a été motivé par les constats répétés lors des exercices de crise abordant le début de la phase post-accidentelle et par les enseignements retirés de la gestion en France de l'accident de Tchernobyl.

Dans le contexte d'une situation post-accidentelle, l'évaluation des conséquences radiologiques et dosimétriques sur l'environnement et les personnes s'inscrit dans une démarche opérationnelle visant trois objectifs principaux :

- **Aider les autorités et gestionnaires à prendre leurs décisions et faire leur choix de gestion.**

Dans ce but, l'évaluation des conséquences est fondamentale pour la prise de décision des actions de protection des populations, de gestion des territoires et, de manière plus ciblée, comme base de l'évaluation des conséquences sanitaires. Il importe que les décisions fondées sur ce type d'évaluation procèdent de l'anticipation, l'objectif étant de prévenir les expositions à venir des populations potentiellement impactées par les retombées radioactives de l'accident. Dès lors, l'évaluation ne peut se contenter d'établir le diagnostic de la situation, le cas échéant avec une dimension rétrospective (reconstitution des expositions passées), mais doit impérativement avoir une dimension prédictive, faisant intervenir la modélisation. Dans ce cadre, la réalisation des mesures de radioactivité dans l'environnement a pour objectif principal d'alimenter un processus d'expertise et obéit à ce titre à des contraintes spécifiques (voir tableau 1).

L'évaluation prédictive des conséquences post-accidentelles serait particulièrement important dans les premiers moments de la phase post-accidentelle, à un stade où les données mesurées ou observées dans l'environnement seraient en nombre particulièrement limité. C'est pourquoi l'IRSN propose la mise au point d'une démarche d'évaluation itérative « pronostic/diagnostic » des conséquences, mettant en œuvre des outils de modélisation appropriés et interprétant au fur et à mesure les données disponibles, à l'instar de ce qui est fait lors de l'expertise en phase d'urgence. Cette démarche d'évaluation doit couvrir aussi bien les territoires significativement impactés par les retombées de l'accident que ceux qui sont considérés comme épargnés.

- **Vérifier le bien fondé et l'efficacité des actions de prévention et de limitation des conséquences post-accidentelles, notamment celles engagées sur la base d'une évaluation prédictive.**

Dans ce cadre, sur la base des premières évaluations menées à l'aide des mesures et d'outils de calcul, des plans de surveillance ciblés seraient à mettre en place dans la durée pour suivre les milieux ou les produits les plus sensibles et l'exposition des personnes. Le recours à la mesure est ici une nécessité, comme élément de preuve de la conformité des éléments surveillés au regard de critères prédéfinis ou des résultats recherchés. Dans ce contexte, les contraintes sur les mesures sont différentes de celles pesant sur les mesures d'expertise évoquées au point précédent (cf. tableau 1). Cette démarche de surveillance est d'une importance capitale afin de permettre aux autorités et gestionnaires du risque d'ajuster l'application des actions de prévention déjà engagées et, le moment venu, de décider leur levée. Cette démarche doit conduire in fine à crédibiliser les choix de gestion.

Afin de remplir correctement cet objectif, le GT3 a discuté des modalités optimisées d'emploi des moyens de mesure à des fins de contrôle, permettant de faire face à un afflux inflationniste et durable de demandes de réalisation de telles mesures, qu'elles viennent des pouvoirs publics dans le cadre de leur mission de contrôle ou des entreprises et des particuliers, pour leur propre compte.

Tableau 1 : comparaison des contraintes pesant sur les prélèvements d'échantillons et les mesures selon leur objectif

	Mesures destinées à l'expertise	Mesures destinées au contrôle
Choix des échantillons à mesurer	Produits les plus <i>sensibles</i> ; les plus <i>significatifs</i> pour un territoire donné (aller à la source de production)	Produits de <i>toutes natures</i> et de <i>toutes origines</i> , bruts ou transformés
Exigences sur les prélèvements	<i>Fortes</i> = conditions de prélèvement (quantité, date, lieu) maîtrisées et tracées	<i>Faibles</i> = stratégie orientée vers la protection du consommateur et le respect des règles (l'information sur l'origine du produit est secondaire)
Représentativité spatiale et temporelle	<i>Aussi forte que possible</i> (poids statistique) = disposer de lots de plusieurs échantillons (séries)	<i>Aucune a priori</i> = repose sur un plan de contrôle permanent par sondage ou systématique (choix d'autorité)
Contraintes sur la mesure	Avoir la <i>valeur « vraie »</i> de l'activité du produit = conditions métrologiques bien maîtrisées, spectre de radionucléides large et seuils de détection suffisamment bas	Avoir la <i>valeur « de discrimination »</i> de l'activité du produit = métrologie directe, radionucléides par famille (cf. NMA) et seuils de détection adaptés aux critères de gestion

- **Contribuer à l'information objective des acteurs et de la population.**

Cet objectif est directement lié aux deux précédents. Il s'agit d'un objectif sensible au regard du « passif Tchernobyl ». En termes d'évaluation, cet objectif nécessite de s'intéresser aussi bien aux territoires franchement affectés qu'à ceux franchement épargnés ; un aspect sensible concerne les « zones grises », c'est-à-dire les territoires de transition où les conséquences de l'accident sont suffisamment faibles pour ne pas nécessiter des actions de protection ou d'interdiction, mais néanmoins mesurables au point de susciter l'inquiétude et le questionnement de la part du public. Cet objectif impose également que l'évaluation de l'état radiologique du territoire, sous toutes ses formes (modélisation et mesures) puisse résister aux recoupements contradictoires qui seront inévitablement menés par des acteurs non « institutionnels ».

3. Les sujets en débat et les pistes d'action

Sur la base des deux scénarios accidentels proposés, le GT3 s'est attaché à analyser et comprendre les principaux phénomènes à l'origine des différentes formes de contamination environnementale et des voies d'atteintes à l'homme. A partir de cette connaissance, il a été possible de mieux appréhender la capacité et les limites des différentes techniques de caractérisation de la contamination des milieux et des produits et de l'exposition des personnes. Ainsi, le GT3 a étudié successivement :

- la caractérisation des retombées radioactives en milieu urbain et naturel ;
- la caractérisation initiale des doses reçues par les personnes exposées au cours de la phase d'urgence ;
- la caractérisation de la contamination des productions agricoles animales et végétales ;
- la caractérisation de la contamination des ressources en eau (travail mené en commun avec le GT1 et le GT2, dans le cadre d'un GT spécifique) ;
- la caractérisation des matériaux contaminés et des déchets à éliminer.

Un rapport d'avancement des travaux du GT3, à paraître en juin 2007, rend compte de l'état des réflexions sur ces sujets. Ces réflexions n'ont pas encore abouti en termes de doctrine ou d'organisation pratique, mais ouvrent des

pistes dans ce domaine, qu'il reste à approfondir. Les développements qui suivent illustrent quelques aspects de ces réflexions en cours.

3.1. La caractérisation des dépôts radioactifs initiaux

La caractérisation initiale des dépôts apparaît un élément déterminant de la gestion des territoires, comme l'a montré l'exemple de l'accident de Tchernobyl ; elle est donc principalement attendue sous forme cartographique, présentant les zones du territoire plus ou moins affectées. Pour autant, une telle caractérisation n'est pas triviale, surtout dans l'urgence, en raison de la complexité et de la variabilité des phénomènes impliqués dans la formation des dépôts radioactifs.

En pratique, c'est le dépôt effectivement retenu au sol qui déterminera l'essentiel des conséquences post-accidentelles (contamination des produits, débit de dose ambiant) et sera accessible à la mesure. C'est donc ce paramètre qui devrait être utilisé pour cartographier le territoire et définir ainsi les différentes zones plus ou moins fortement atteintes par les retombées radioactives de l'accident. Toutefois, il convient de souligner que la cartographie des dépôts issue d'une démarche de modélisation (principalement à partir des données de contamination de l'air) aura tendance à estimer l'activité totale déposée et pourra ainsi présenter des écarts par rapport au dépôt rémanent caractérisé par des mesures ; le plus souvent, ces écarts iront plutôt dans le sens d'une surestimation initiale (non prise en compte dans les modèles de la part du dépôt qui ne se fixe pas et est évacuée par les eaux de ruissellement), mais pas toujours (cas des taches de concentration du dépôt). Ce problème est également à mettre en perspective de l'échelle d'intérêt pour la représentation cartographique des dépôts.

Habituellement, les dépôts au sol sont exprimés en activité surfacique (Bq.m^{-2}). En pratique, d'autres grandeurs représentatives du dépôt peuvent avoir un intérêt opérationnel, tout particulièrement en milieu urbain :

- le débit de dose ambiant, fonction de la quantité de radionucléides présents sur les différentes surfaces et de la géométrie de ces surfaces ; c'est une grandeur d'intérêt majeur pour caractériser les risques d'exposition des personnes dans les différents lieux de vie ;
- l'activité surfacique labile, correspondant à la fraction du dépôt non fixée en surface et pouvant être ainsi remobilisée spontanément (remise en suspension par le vent) ou par le contact des personnes présentes (risque de contamination cutanée et d'ingestion involontaire de substances radioactives).

Deux types d'approches pour la caractérisation des dépôts ont été étudiés par le GT3 :

- **des approches principalement fondées sur la modélisation** : une première technique de ce type repose sur le calcul direct à l'aide d'un modèle de dispersion atmosphérique appliqué à la source de rejet ; il s'agit d'une méthode pouvant donner rapidement des résultats à partir de la connaissance des rejets et des conditions météorologiques, avec une précision relativement satisfaisante dans le champ proche (moins de 30 km du point de rejet) mais problématique pour les conséquences à plus grande distance. Une seconde technique repose sur un modèle empirique utilisant les données (calculées/mesurées) de la contamination de l'air et les données (mesurées) sur l'importance des pluies au moment où le panache radioactif est en cours de dispersion ; cette approche est encore relativement rapide et ne nécessite pas la connaissance du terme source ; son application est plutôt indiquée pour une estimation globale des dépôts sur des territoires étendus dans le champ lointain par rapport au point de rejet ;
- **des approches fondées sur des mesures de radioactivité** : de multiples techniques existent (instrumentation hélicoptère, spectrogammamétrie in situ, moyens de mesure portatifs, mesures sur des échantillons de terre+végétation) et sont d'une mise en œuvre plus ou moins rapide. En règle générale, elles ne permettent pas une caractérisation précise de la contamination de vastes territoires mais leur emploi est indiqué soit pour alimenter un processus d'expertise reposant sur de la modélisation, soit pour caractériser des milieux complexes, dans le champ proche de l'installation accidentée ou dans des milieux bâtis.

3.2. La contamination des productions agricoles

L'évaluation de la contamination des productions agricoles est un autre point clé de la gestion précoce d'une situation post-accidentelle, à la fois pour des raisons de réduction des doses par ingestion, car la contamination de la plupart des productions agricoles est maximale dans les jours qui suivent l'accident, et pour des raisons économiques.

La gestion de la commercialisation des produits agricoles repose sur des niveaux maximaux admissibles (NMA) fixés par un règlement européen qui serait pris rapidement après l'accident, en application du règlement Euratom du 22 décembre 1987 modifié.

Dans la pratique, l'application des NMA à des fins préventives conduirait les préfets des départements concernés par les retombées radioactives à prendre des arrêtés d'interdiction de commercialisation de productions agricoles dès le début de la phase post-accidentelle, ce qui implique de déterminer, a priori, les territoires où les NMA sont susceptibles d'être dépassés pour un type de production donnée (par exemple le lait de vache). Une telle cartographie ne peut être obtenue rapidement que par modélisation (par exemple à l'aide du code ASTRAL développé par l'IRSN) à partir de la connaissance des dépôts radioactifs et de l'état des pratiques agricoles autour du site accidenté. Les mesures directes de la contamination des produits agricoles ne seraient disponibles que progressivement, à l'issue de campagnes de caractérisation destinées à alimenter le processus d'expertise ou dans le cadre des programmes de surveillance mis en place par les autorités.

En principe, l'IRSN dispose des outils d'évaluation permettant d'établir rapidement les zones de dépassement des NMA pour la plupart des productions agricoles. Toutefois, la mise en œuvre de ces outils en situation de crise n'est pas sans soulever plusieurs difficultés :

- elle repose sur la connaissance des dépôts initiaux, sous leur composante sèche et humide ; or on a vu précédemment que cette connaissance est fort imprécise dans le détail, quelle que soit l'approche retenue ;
- indépendamment des conditions initiales des dépôts, de nombreux facteurs environnementaux sont très sensibles sur le niveau de contamination finale des productions destinées à être consommées, tels que l'état de croissance végétal, les modes de cultures, le mode de vie des animaux élevés ;
- enfin, la diversité des produits concernés par cette évaluation et l'évolution temporelle, parfois très rapide, de la contamination maximale atteinte par chaque catégorie de produits rendent complexe la restitution des résultats d'évaluation et leur prise en charge par les autorités devant interdire la commercialisation ou organiser l'information des consommateurs (découpage du territoire en zones multiples et évolutives dans le temps).

Actuellement, l'identification des zones où les NMA peuvent être dépassés est fondée sur une approche déterministe, sans prise en compte des incertitudes ou des facteurs sensibles et variables. Le résultat en est donc une cartographie binaire, distinguant une zone « avec dépassement » d'une zone « sans dépassement ». Par ailleurs, sur une partie du territoire où les NMA ne sont pas dépassés, un marquage radioactif des produits agricoles au-dessus des limites de détection propres aux techniques de mesure employées est susceptible d'être observé (voir ci-dessous). La façon de traiter ces « zones grises » en termes d'information du public, d'image des produits et de stratégie de surveillance reste un sujet à débattre. Ce questionnement inciterait à établir une cartographie qui ne soit pas binaire, comme c'est le cas selon les approches actuelles de l'IRSN, mais graduelle en fonction de la probabilité de dépassement des NMA et des limites de détection analytique. Une telle démarche permettrait de mieux orienter les stratégies de surveillance et nécessiterait une réflexion sur la manière de communiquer les résultats. De plus, elle n'est envisageable qu'à l'aide d'outils novateurs de classification des territoires en fonction des facteurs de sensibilité radioécologique, actuellement à l'étude à l'IRSN mais non encore opérationnels.

3.3. Quelles mesures pour quel objectif de contrôle ?

Il existe en France de nombreux laboratoires de mesure de la radioactivité, capable de quantifier, pour certains à de très bas niveaux d'activité, la contamination radioactive des échantillons fournis. En l'absence de toute règle spécifique, ces laboratoires auront tendance à appliquer les protocoles analytiques de routine, utilisés en dehors de tout contexte d'urgence, avec pour conséquences des délais de restitution des résultats pouvant être longs et une saturation rapide des capacités des laboratoires, incompatibles avec l'afflux important d'échantillons et le besoin de connaître rapidement les résultats pour statuer sur le sort des produits contrôlés.

Les discussions menées au sein du GT3 permettent de dégager plusieurs observations d'ordre général :

- pour un usage optimal de la capacité de mesurage à des fins de contrôle radiologique des produits, il importe que soient définis, en amont, les critères de gestion des produits à contrôler. Ainsi, il sera possible de choisir une technique de mesure « de tri » en fonction du paramètre radiologique à quantifier (par exemple une activité bêta globale ou un radionucléide émetteur gamma représentatif) et de fixer sa limite de détection en fonction de la valeur du critère de gestion. Or, en dehors des NMA servant à la gestion des

produits agricoles en vue de leur commercialisation, de tels critères n'existent pas et il est difficile de concevoir qu'ils puissent être fixés dans l'urgence (par exemple, critère pour orienter des matériaux contaminés vers les différentes filières d'utilisation ou d'élimination envisageables) ;

- la limite de détection, c'est-à-dire la plus petite valeur vraie de la grandeur à mesurer pouvant être détectée à l'aide de la technique de mesure employée, devrait être de l'ordre d'une fraction raisonnable du critère de gestion, ni trop bas afin de limiter la durée de l'analyse (temps de comptage), ni trop haut pour éviter tout risque d'erreur liée à l'imprécision de la technique de mesure. La limite de détection est associée à un seuil de décision métrologique qui est la valeur minimale du comptage net (comptage brut auquel on a déduit le mouvement propre du détecteur), obtenu lors de la mesure d'un échantillon, au-dessus de laquelle on peut conclure à la présence de radioactivité dans l'échantillon, avec un risque acceptable de se tromper. En général, l'analyse statistique du résultat de comptage du rayonnement émis par l'échantillon analysé conduit à ce que la limite de détection soit deux fois plus élevée que le seuil de décision ;
- il découle de ce qui précède que la technique analytique employée permet non seulement de quantifier l'activité d'un échantillon lorsque celle-ci est supérieure à la limite de détection et de comparer le résultat au critère de gestion applicable au produit contrôlé, mais aussi de déduire un critère de « non-contamination » lorsque le résultat de mesure est en dessous du seuil de décision. Dès lors, il existe trois statuts possibles pour le produit ainsi contrôlé : soit le produit est considéré comme « non-contaminé » car le résultat de comptage de l'activité de ce produit est en dessous du seuil de décision métrologique ; soit le produit présente une activité détectable par la technique analytique employée mais inférieure au critère de référence déterminant son devenir (par exemple l'aptitude ou non à être commercialisé) ; soit, enfin, le produit contrôlé est contaminé au-dessus du critère de gestion ;
- plusieurs difficultés de communication autour des résultats de contrôle ont été mises en avant par le GT3. En premier lieu, lorsqu'un produit est qualifié de « non contaminé » au vu des résultats de contrôle selon une méthode analytique donnée, on peut concevoir qu'un autre contrôle du même produit selon une méthode plus fine, c'est-à-dire avec un seuil de décision plus bas, révèle la présence d'une activité attribuable à l'accident. Il peut en résulter une confusion évidente aux yeux des différents acteurs (autorités, consommateurs, autres publics), voire des polémiques sévères. Par ailleurs, comme on l'a vu précédemment pour les produits agricoles, la gestion des produits présentant des traces de contamination inférieures au critère de gestion peut se révéler délicate pour des questions d'image et d'acceptation ; toutefois, il ne paraît pas souhaitable d'occulter la présence de ces traces d'activité (principe de transparence).

En conclusion, les méthodes de mesure employées pour contrôler la radioactivité d'un produit doivent satisfaire deux besoins complémentaires : vérifier la conformité du produit vis-à-vis des critères de gestion pré-définis ou attester de sa non-contamination, notamment sous forme d'un « certificat de non-contamination », comme cela a pu être observé en France à la suite de l'accident de Tchernobyl, pour permettre l'exportation de certains produits vers des pays tiers lointains. Dans ce contexte, il apparaît souhaitable de fixer une limite de détection adaptée au critère de gestion, tel qu'indiqué précédemment, qui soit comprise et acceptée par toutes les parties prenantes concernées. A ce stade, le GT3 a étudié ce sujet sans se prononcer sur la façon de fixer les limites de détection des méthodes analytiques employées. Le débat reste donc ouvert.

3.4. La connaissance des doses reçues par les personnes

La connaissance des doses reçues par les personnes est évidemment essentielle en termes de protection des différentes catégories de population mais aussi comme base objective du suivi sanitaire post-accidentel. Les populations considérées sont multiples et peuvent être schématiquement réparties en deux ensembles :

- les personnes exposées au moment de l'accident : on trouve dans cet ensemble, bien sûr les personnes concernées par les actions de protection décidées par le préfet dans le cadre du PPI, mais aussi les populations des territoires adjacents n'ayant pas bénéficié d'une telle protection, les intervenants autour du site nucléaire pendant la phase d'urgence (réalisation de mesures, actions de secours et de maintien de l'ordre, etc.), les personnes sur le site accidenté, etc.. Pour ce premier ensemble, les doses reçues proviennent majoritairement du panache radioactif entraînant une irradiation externe et une contamination interne par inhalation. Sauf cas particulier (intervenants équipés), aucune mesure individuelle de l'exposition n'est possible à ce stade de l'accident ;

- les personnes exposées après l'accident, soit parce qu'elles résident sur des territoires ayant une contamination résiduelle, soit parce qu'elles consomment des produits issus de ces territoires, soit parce qu'elles y interviennent dans le cadre de programmes de réhabilitation. Pour ce second ensemble, les doses reçues proviennent majoritairement soit de l'irradiation externe due au dépôt, soit de la contamination interne due à l'alimentation, ces deux voies d'atteinte pouvant être combinées.

Le GT3 a surtout étudié la question de l'évaluation des doses pour le premier ensemble de personnes mais a également abordé le cas des populations en situation d'exposition chronique post-accidentelle, en s'appuyant sur les résultats des programmes d'étude dans les territoires contaminés après l'accident de Tchernobyl (ETHOS, CORE).

Plusieurs observations d'ordre général sont ressorties des premières réflexions du groupe de travail :

- il existe deux approches complémentaires pour évaluer les doses : une approche par scénario, utilisant des modèles de transfert et d'exposition, des hypothèses, des données calculées ou mesurées dans l'environnement des personnes ; une approche par la mesure individuelle d'indicateurs d'exposition, notamment de contamination interne. Si la première approche est nécessaire pour orienter les actions de protection ou de prévention ou pour combler les manques de données directes sur les personnes, il apparaît indispensable de recourir rapidement à la seconde approche pour des raisons « psychosociales ». En effet, l'expérience des crises radiologiques médico-sanitaires passées montre que les personnes ont besoin de connaître leur dose personnelle et ne peuvent se contenter d'une estimation indirecte ou collective ;
- parmi les différentes voies d'exposition dans l'environnement pendant ou après un accident, c'est la contamination interne qui suscite le plus d'inquiétude et devrait donc être principalement contrôlée, si possible de façon systématique ;
- à l'issue de la phase d'urgence, le contrôle de la contamination interne par anthroporadiométrie ou analyses radiotoxicologiques devrait être assuré en priorité pour les populations les plus affectées par les rejets mais aussi pour les catégories de personnes les plus sensibles (enfants), compte tenu des capacités opérationnelles mobilisables ;
- les mesures de la contamination interne en début de phase post-accidentelle sont menées dans une optique de contrôle. Dans ce contexte, il convient de privilégier la rapidité du processus de mesure en se limitant à quelques indicateurs de contamination pertinents (iode-131, césium-137) sans chercher l'exhaustivité. Par ailleurs, les campagnes de mesures doivent être menées de façon à permettre le dépistage des radionucléides à vie courte ;
- en complément, des mesures d'expertise peuvent être envisagées pour une caractérisation plus complète de la contamination interne, sur des personnes volontaires. De telles mesures, qui peuvent se répéter dans le temps, peuvent s'avérer utiles pour les personnes ayant une contamination interne particulièrement élevée mais aussi pour consolider l'évaluation des doses par une approche scénarisée ;
- certaines situations accidentelles affectant des usines du cycle du combustible peuvent entraîner une contamination interne par des radionucléides émetteur alpha, difficile à détecter et à quantifier rapidement. Il s'agit d'un problème souligné mais non résolu à ce jour, qui devrait donner lieu à des développements sur les techniques analytiques.

Le GT3 souligne également l'intérêt qu'il y aurait à mettre en place un dispositif de recueil et de conservation centralisée des mesures d'exposition réalisées sur les personnes à l'issue de la phase d'urgence, à l'instar de ce que ferait l'IRSN pour les mesures de radioactivité de l'environnement, afin de ne pas voir perdre cette information et de pouvoir notamment l'exploiter dans le cadre du suivi sanitaire des populations. Compte tenu du contexte d'urgence propre aux circonstances d'un accident, il serait souhaitable que la conception et le développement d'un tel dispositif soient réalisés en amont de toute situation de crise.

En ce qui concerne les populations ayant une exposition chronique après l'accident, sur une durée potentiellement longue, l'expérience de l'accident de Tchernobyl montre qu'un questionnement scientifique peut perdurer sur les effets sanitaires, même à faible niveau d'exposition. On peut supposer qu'un tel questionnement rejaillirait en cas d'accident nouveau, a fortiori s'il survenait en France. Dans ce contexte, il est probable que des programmes d'études biologiques et médicales seraient engagés par différents organismes de recherche, au plan national et international ; il conviendrait alors d'anticiper les résultats obtenus à terme par ces programmes en recueillant et en exploitant un maximum de données directes ou indirectes, aussi détaillées que possible, sur les caractéristiques de

l'exposition des personnes concernées (suivi de cohorte). A ce sujet, un débat subsiste au sein du GT3 sur les critères d'intégration des personnes à cette cohorte et bien sûr, sur les modalités de réalisation d'une telle étude de suivi.

4. Conclusions et perspectives

Au cours de cette première phase de travaux, le GT3 du CODIR-PA a abordé les principales questions soulevées par l'évaluation des conséquences radiologiques et dosimétriques en phase post-accidentelle, en insistant plus particulièrement sur celles qui se posent à l'issue immédiate de la phase d'urgence. Dans cette première étape de réflexion, l'attention s'est portée sur la connaissance des phénomènes de contamination, des outils, techniques et méthodes d'évaluation disponibles et sur la formulation des problèmes à résoudre en s'efforçant de les replacer dans leur contexte spécifique.

Il est évidemment trop tôt pour retirer de ces travaux des propositions de doctrine, une organisation et des méthodes de travail finalisés. Toutefois, des premières bases pour construire ces éléments commencent à ressortir et seront proposées et discutées au sein du comité directeur, afin d'orienter la suite des travaux. Comme on l'a vu dans les développements qui précèdent, elles portent principalement :

- sur les objectifs et le statut des mesures de radioactivité dans l'environnement ou d'exposition des personnes, partagés entre une optique d'expertise et une optique de contrôle. Cette réflexion aboutit sur une proposition de structuration des démarches analytiques, qui devra encore être affinée, et qui devrait aider les différents acteurs de la mesure de répondre au mieux aux différents besoins qui s'exprimeraient en situation post-accidentelle, tout particulièrement à des fins de contrôles suscités par de multiples prescripteurs ;
- sur le découpage du territoire en zones différenciées selon l'importance des dépôts au sol, sous-tendu par deux problématiques principales de gestion : le maintien ou non des populations à l'issue de la phase d'urgence et le sort des productions agricoles. L'analyse des outils et techniques disponibles montre que, dans les premiers temps, cette question serait nécessairement traitée en priorité à l'aide de modèles radioécologiques et dosimétriques et qu'une méthode d'évaluation itérative (diagnostic/pronostic) intégrant les mesures et données environnementales au fur et à mesure de leur disponibilité devrait permettre de préciser progressivement la connaissance de l'état radiologique de l'environnement et des doses reçues par les personnes. Les outils et les techniques existent ou sont en développement, pour l'essentiel, et l'analyse comparée de leur intérêt et de leurs limites a pu être menée dans les grandes lignes ; en revanche, la mise en place opérationnelle d'une méthode d'évaluation itérative, qui incombe au premier plan à l'IRSN en tant qu'expert public mobilisé en cas de crise, reste largement à réaliser en lien avec les principaux acteurs pouvant y concourir ;
- sur les doses reçues effectivement par les différentes catégories de personnes, à tous les stades de la crise. Il apparaît que les estimations indirectes des doses (approche scénarisée), aussi fondées soient-elles, ne suffiraient pas à satisfaire le besoin légitime des personnes concernées de connaître leurs situations individuelles, notamment en termes de contamination interne. Le recours rapide et massif à des moyens de contrôle direct de cette exposition, principalement à l'aide de laboratoires mobiles, apparaît donc incontournable.

Il est à prévoir la poursuite des réflexions du GT3, principalement pour affiner les éléments de doctrine qui commencent à se dégager, préciser le cadre d'organisation des acteurs et les méthodes de travail associées et enfin, sujet peu abordé à ce stade, réfléchir aux façons les plus appropriées de restituer et de communiquer sur les résultats d'évaluation des conséquences radiologiques et dosimétriques. Le CODIR-PA devrait également pousser les différents groupes de travail, dont le GT3, à se placer dans des situations plus diversifiées (accident plus important, accident survenant à l'étranger et affectant la France, conséquences d'un acte de malveillance radiologique, etc.), afin de mettre à l'épreuve et d'ajuster les premiers éléments de doctrine mis en avant.

Il est également important de souligner l'intérêt de mener de front ces différents travaux, qui se révèlent être très interactifs et mobilisent de nombreux acteurs (plusieurs dizaines au total sur l'ensemble des groupes de travail du CODIR-PA) d'horizons variés. Cette façon d'opérer est tout à fait favorable à la construction d'une vision partagée et assimilée du sujet, complexe et à enjeux forts, de la gestion des situations post-accidentelles. Le succès d'une telle démarche n'est assuré que si elle s'inscrit dans la durée. Dès lors se posera la question, pour le CODIR-PA et les groupes qui le composent, des conditions à réunir (formations, information, exercices, retour d'expérience, plan de d'amélioration) pour maintenir cette pérennité.