

CODIRPA Groupe de travail n°3
« Évaluation des conséquences radiologiques et
dosimétriques en phase de transition »**Synthèse des éléments de doctrine et**
recommandations*Direction de l'environnement et de*
l'intervention

Didier CHAMPION

Les sujets traités au sein du GT3 lors des séances de travail tenues entre le 6 avril 2006 et le 8 juin 2007 ont été partiellement consolidés dans le rapport d'étape soumis en juin 2007 au CODIR-PA. Après confrontation av

c les travaux menés par les autres groupes et recueil des observations des membres du CODIR-PA, des premiers éléments de doctrine et des recommandations concernant les questions étudiées par le GT3 ont pu être dégagés, principalement sur les aspects suivants :

- rôle des évaluations prédictives des conséquences radiologiques et dosimétriques au début de la phase de transition ;
- rôle des mesures de radioactivité dans l'environnement, schéma analytique de principe et contraintes sur les acteurs pour la réalisation des mesures de contrôle ;
- évaluation a posteriori des doses reçues par les personnes exposées au cours de la phase d'urgence ou demeurant par la suite sur les territoires contaminés et suivi dosimétrique dans la durée.

1. Rôle des évaluations prédictives au début de la phase de transition**1.1 Principes à retenir pour les évaluations prédictives**

Afin de prévenir les doses à venir dues aux retombées au sol des substances radioactives rejetées lors de l'accident, les autorités devraient décider d'actions de protection telles que l'éloignement de populations résidant sur certains territoires, l'interdiction de la consommation des produits locaux et de la commercialisation des denrées agricoles. Les premières actions de protection devraient être mises en place dès le début de la phase de transition, sans concertation possible avec les populations et acteurs économiques concernés (contrairement à ce qui devrait être fait pour les actions engagées ultérieurement), sur des territoires définis en fonction de l'étendue présumée des retombées radioactives et des critères de protection retenus, à ce moment, par les pouvoirs publics.

La mise en place de ces actions de protection nécessite l'évaluation, en principe avant la fin des rejets radioactifs, de paramètres qui serviront à la prise de décision et qui ont tous en commun le fait de reposer sur une projection temporelle nécessitant de recourir à une modélisation :

- les doses efficaces et les doses à la thyroïde qui seraient engagées par les populations susceptibles de résider sur les territoires au cours de différentes périodes à venir, en considérant tout ou partie des voies d'atteinte selon la nature des actions à engager et, le cas échéant, en tenant compte des actions de protection ou d'amélioration de l'état radiologique de l'environnement ;
- les activités massiques ou volumiques susceptibles d'être observées dans les denrées agricoles locales, à leur stade de contamination maximale et au cours des mois qui suivent l'accident.

Ainsi, les évaluations nécessaires à la mise en place des premières actions de protection au début de la phase de transition ne peuvent être fondées que sur un pronostic établi par modélisation et tenant compte du diagnostic de la situation ; ce diagnostic peut lui-même être consolidé ou actualisé à l'aide des résultats de mesures disponibles dans l'environnement. En revanche, aucune mesure ne sera capable d'étayer directement le pronostic ni les décisions qui en découlent.

Les calculs prédictifs de doses et de contamination des composants de l'environnement impliquent :

- d'évaluer l'importance et les caractéristiques (dépôt sec et humide) des retombées radioactives au sol, dans les zones bâties et les milieux agricoles en tous points du territoire concerné, en termes d'activité surfacique (Bq.m⁻²) et de débit de dose ambiant (µSv.h⁻¹), ainsi que leur évolution au cours du mois à venir (effet de la décroissance radioactive) ;
- de connaître les caractéristiques des productions agricoles ou d'origine naturelle, affectées par ces retombées radioactives, afin d'en déduire les niveaux de contamination susceptibles d'être observés dans ces produits en fonction du lieu et du temps après l'accident ;
- de choisir des hypothèses sur les modes de vie et d'alimentation des personnes habitant sur les différentes parties du territoire concerné, afin d'évaluer les doses engagées par les différentes voies d'exposition retenues.

1.2 Évaluation des dépôts initiaux à la fin des rejets

La formation des dépôts étant progressive pendant la phase de rejet, la quantification des dépôts initiaux après l'accident ne peut théoriquement être stabilisée qu'une fois les rejets terminés. Dans ces conditions, afin de pouvoir mettre en œuvre les premières actions de protection au début de la phase post-accidentelle, la première cartographie globale des dépôts radioactifs ne peut résulter que d'un pronostic établi en phase d'urgence, avant la fin des rejets, en recourant à une modélisation prédictive de la dispersion atmosphérique des rejets.

L'expertise de crise menée par l'IRSN au cours de la phase d'urgence, telle qu'elle est actuellement conçue, permet de pronostiquer les conséquences de l'accident sur les 24 heures à venir, en fonction des informations dont il dispose sur l'installation accidentée et des prévisions météorologiques. Ainsi, une projection des dépôts formés à la fin des rejets devrait théoriquement pouvoir être obtenue dans les 24 heures qui précèdent et être actualisée au cours de cette période. En pratique, la prévision de la fin effective des rejets peut se révéler difficile et ainsi compromettre la capacité de stabiliser le pronostic des dépôts.

Cette expertise repose sur la modélisation prédictive des dépôts par calcul direct à partir du pronostic de la nature et de la quantité des radionucléides rejetés, mettant en œuvre des outils de crise qui donnent des résultats acceptables dans le champ proche (de 0,5 à 30 km autour du site accidenté) mais très imprécis au-delà, en particulier pour les territoires où des dépôts humides locaux sont susceptibles de se produire. **Il est donc recommandé de poursuivre l'amélioration des outils d'évaluation et, en attendant, de retenir des hypothèses raisonnablement prudentes sur les paramètres de calcul, afin de prévenir les risques de réévaluation « à la hausse » des conséquences ayant servi à la mise en place de zones de protection.**

Les mesures de radioactivité disponibles au cours de la phase d'urgence, après interprétation et recoupement avec les évaluations menées antérieurement, sont précieuses pour améliorer la qualité du diagnostic de la situation présente et, par là-même, celle du pronostic des dépôts formés à la fin des rejets, qui s'appuie notamment sur ce diagnostic.

Après la fin des rejets, la cartographie des dépôts initiaux doit être améliorée régulièrement, d'une part pour vérifier au plus tôt que des territoires « à risque » n'ont pas été oubliés, d'autre part pour libérer dès que possible des territoires qui auraient été inclus dans les zones initiales de protection sur la base des évaluations prédictives antérieures. Plusieurs approches existent pour améliorer la caractérisation des dépôts une fois que ceux-ci sont formés, réparties en deux catégories complémentaires : approches principalement fondées sur la modélisation ; approches fondées sur des mesures in situ ou d'échantillons analysés en laboratoire. Le rapport d'étape du GT3 évalue les atouts et les limites des différentes techniques identifiées. **Deux recommandations principales se dégagent :**

- **s'agissant des méthodes par modélisation rétrospective² des dépôts, les délais et les conditions opérationnelles de mise en œuvre doivent être testés afin d'en vérifier la faisabilité ; il convient pour cela de concevoir un exercice de mise en pratique, qui pourrait être mené entre acteurs spécialisés dans ce domaine (IRSN, Météo-France, exploitants...)** ;

² Les méthodes rétrospectives sont celles qui ne peuvent être utilisées qu'après formation du dépôt, par opposition aux méthodes prédictives utilisées lors de la phase d'urgence pour pronostiquer les dépôts avant la fin des rejets.

- les équipes et matériels susceptibles d'être mobilisés pour réaliser des mesures de dépôt dès la fin des rejets nécessitent un délai d'acheminement sur le terrain qui dans certains cas peut être long (par exemple, entre 7 et 29 heures pour le dispositif HELINUC) et des méthodes assurant la traçabilité et la restitution adéquate des résultats de mesure ; il faut pour cela définir les conventions de mobilisation par anticipation (donc au cours de la phase d'urgence) des acteurs qui seraient chargés de réaliser des mesures de dépôt dès le début de la phase de transition, et de définir l'organisation et les méthodes opérationnelles associées à leur intervention.

1.3 Évaluation de la contamination des denrées agricoles

L'évaluation prédictive de la contamination des denrées agricoles découle de la connaissance des dépôts et elle comporte ainsi le même degré de contraintes. De surcroît, de nombreux facteurs environnementaux ont une influence très sensible sur le niveau de contamination finale des productions destinées à être consommées, tels que l'état de croissance végétal, le mode de culture ou le mode de vie des animaux élevés. **Dans le contexte d'une crise nucléaire, il est pratiquement impossible de connaître les valeurs réelles des paramètres influençant la contamination de l'environnement et des denrées. Comme dans le cas de l'estimation des dépôts, il est proposé de choisir, au stade de l'évaluation initiale, des valeurs raisonnablement pénalisantes (du point de vue de l'importance de l'impact) pour se prémunir des incertitudes et prévenir les risques de « réévaluation à la hausse » ultérieures.**

Une piste actuellement explorée par l'IRSN vise à mieux prendre en compte les facteurs de sensibilité dans les outils d'expertise de crise et à mieux quantifier les incertitudes, afin de tendre vers une démarche d'évaluation plus réaliste.

Les outils actuellement disponibles à l'IRSN permettent d'estimer l'évolution prévisible de la contamination pour diverses catégories de denrées agricoles et pour de nombreux radionucléides. **Afin de ne pas être submergé par une trop grande masse de calculs à réaliser en urgence et d'organiser une restitution acceptable pour les autorités et les parties prenantes, il convient d'évaluer plus en profondeur la faisabilité de l'expertise de crise nécessaire à la détermination des zones de interdiction et de surveillance alimentaire, pour ce qui concerne les denrées agricoles.** De plus, dans le cas de rejets de longue durée (plusieurs jours), non encore étudié par le CODIR-PA, une adaptation particulière de l'expertise de la contamination des denrées semble nécessaire.

1.4 Évaluation des doses prévisionnelles

L'évaluation des doses prévisionnelles engagées sur le mois qui suit l'accident, fondant la décision des actions de protection à engager dès le début de la phase de transition et le zonage associé, dépend forte des hypothèses retenues sur le mode de vie des personnes à protéger. Ainsi, même au sein du groupe de population jugé le plus exposé aux retombées radioactives (par exemple les enfants de 2 à 7 ans dont les parents appartiennent à la catégorie socioprofessionnelle agricole avec autarcie partielle simultanée sur tous les produits), certaines personnes peuvent recevoir des doses significativement plus importantes que la moyenne du groupe, en raison d'un comportement spécifique sensible. Dans ces conditions, faut-il retenir les paramètres moyens caractéristiques du groupe, ou les paramètres correspondant au cas le plus sensible, bien que numériquement marginal ?

Il convient de se mettre d'accord, en amont de toute crise nucléaire, sur les hypothèses à retenir sur les groupes de référence qui vont servir aux calculs des doses prévisionnelles. Il importe que ce choix d'hypothèses soit connu et assimilé par les parties prenantes concernées, ce qui incite à engager une concertation préalable.

2. Rôle des mesures – Éléments de méthodes et préparation des acteurs de la mesure

Les mesures de radioactivité jouent un rôle capital de consolidation du processus d'expertise et de mise en confiance des acteurs quant aux choix de gestion des territoires, des produits et des personnes. Dès lors, **deux objectifs principaux pour la réalisation des mesures de radioactivités sont proposés :**

- un objectif d'expertise (le « becquerel scientifique »), visant à rechercher des données pertinentes pour actualiser et préciser le diagnostic des conséquences radiologiques ;
- un objectif de contrôle (le « becquerel stratégique ») visant à vérifier la conformité d'une situation ou d'un produit en regard d'un résultat attendu, d'un critère de gestion ou d'une limite réglementaire (par exemple les NMA).

Les conditions à respecter, le choix des techniques et les contraintes de réalisation ne sont pas les mêmes pour ces deux objectifs. Ainsi, la mission des équipes chargées de faire des prélèvements et mesures, le choix des moyens techniques, ainsi que les stratégies de mesure associées, devraient être définis selon l'un ou l'autre de ces objectifs. Il apparaît d'ores et déjà que les mesures destinées au contrôle seraient rapidement les plus nombreuses et soumises à une forte pression en termes de capacité technique (flux quotidien d'analyses à réaliser) et de délais de remise des résultats. Afin de faire face à cette difficulté, plusieurs recommandations sont formulées :

- réaliser des mesures de contrôles sur des indicateurs radiologiques simples, en nombre limité et facilement accessibles à la mesure, dont le résultat d'analyse peut être directement comparé aux critères de gestion dont on veut vérifier le respect ;
- privilégier des techniques de mesure dites « de tri » permettant de disposer de résultats dans un délai court, et ne recourir à des techniques plus longues que s'il y a nécessité de disposer d'un résultat plus précis pour caractériser une situation ou un produit en regard du critère de gestion pertinent ;
- fixer dans la mesure du possible une limite de détection ayant le même ordre de grandeur d'un laboratoire à l'autre, représentant une fraction raisonnable du critère de gestion auquel le résultat de mesure sera confronté, de manière à tirer des conclusions homogènes quel que soit le laboratoire impliqué.

La communication autour des résultats de contrôle peut soulever des problèmes d'image pour les produits qui présenteraient des traces mesurables de radioactivité imputables à l'accident (donc contrôlés au-dessus de la limite de détection) tout en étant conforme au critère de gestion du produit (par exemple valeurs inférieures aux NMA dans le cas d'une denrée alimentaire commercialisée). **Il est recommandé d'assurer la transparence de ce type de résultat, afin de prévenir toute polémique qui discréditerait l'action des pouvoirs publics, et de réfléchir aux modes de communication appropriés afin de maintenir la confiance des acteurs économiques et des consommateurs.** Un travail spécifique sur ce sujet devrait se poursuivre dans le cadre du GT2.

Enfin, plusieurs limitations techniques ou logistiques affectant les laboratoires de mesure ont été mises en évidence, qui risquent de compromettre les performances des démarches analytiques engagées en situation post-accidentelle :

- la plupart des laboratoires n'ont actuellement pas la capacité de mettre en place une logistique d'accueil et de vérification d'un flux important d'échantillons destinés au contrôle et, en particulier, pour s'assurer que l'activité de ces échantillons est bien compatible avec leur gamme analytique et la radioprotection du personnel ;
- les laboratoires de mesure actuellement impliqués dans des contrôles de routine ont pris l'habitude d'analyser des échantillons presque toujours dépourvus de radionucléides artificiels, et auraient ainsi des difficultés à interpréter les spectres complexes de radionucléides qui seraient mesurés dans les échantillons contaminés par les rejets accidentels d'un réacteur nucléaire ;
- les techniques de mesure de routine des radionucléides émetteurs alpha ou bêta donnent des résultats dans délais longs qui doivent être pris en compte dans les processus d'expertise et les actions de contrôle en situation post-accidentelle.

Face à ces constats, des travaux à visée pratique et opérationnelle doivent se poursuivre. D'ores et déjà, il paraît nécessaire de développer des guides techniques spécifiques et des actions de formation et d'entraînement des acteurs de la mesure (interprétation de spectres complexes, tests logistiques...).

3. Connaissance rétrospective des doses reçues par les personnes et suivi dans la durée

La connaissance rétrospective des doses reçues par les personnes est essentielle pour le suivi sanitaire post-accidentel. Les populations considérées peuvent être schématiquement réparties en deux ensembles :

- les personnes exposées au moment de l'accident proprement dit, pour lesquelles 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 au cours de l'accident ;
- les personnes exposées après l'accident, notamment parce qu'elles résident sur des territoires ayant une contamination résiduelle. Les doses reçues proviennent majoritairement de l'irradiation externe due au dépôt et de la contamination interne due à l'alimentation.

Il existe deux approches complémentaires pour évaluer les doses reçues par ces personnes :

- 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, notamment 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 pas se satisfaire d'une estimation indirecte ou collective.

Dans ce contexte, c'est la contamination interne qui suscite le plus d'inquiétude et devrait donc être principalement contrôlée ; un tel contrôle devrait être systématiquement proposé, au moins pour une partie de la population exposée.

Ainsi, à l'issue de la phase d'urgence, le contrôle de la contamination interne 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, femmes enceintes). Les mesures de la contamination interne réalisées en début de phase post-accidentelle devraient privilégier la rapidité en se limitant à quelques indicateurs de contamination pertinents (^{131}I , ^{137}Cs) sans chercher l'exhaustivité. Par ailleurs, les campagnes de mesures devraient être menées de façon à permettre le dépistage des radionucléides à vie courte.

En complément, des mesures d'expertise pourraient être envisagées pour une caractérisation plus complète de la contamination interne, sur des personnes « volontaires » ou sur avis médical. De telles mesures, qui devraient se répéter dans le temps, seraient utiles pour suivre les personnes ayant une contamination interne particulièrement élevée mais aussi pour consolider l'évaluation des doses par une approche scénarisée.

Il conviendrait également de 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, notamment dans le cadre du suivi sanitaire des populations. 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 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 nouveaux programmes d'études biologiques et médicales seraient engagés par différents organismes de recherche, au plan national et international ; il conviendrait alors d'anticiper les retombées des 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).