

Les aspects agricoles des situations d'urgence nucléaire et/ou radiologique



AGENCE DE L'OCDE
POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

DOCUMENTS DE L'OCDE

*Les aspects agricoles des situations
d'urgence nucléaire et/ou radiologique*

*Réunion de travail de l'AEN/OCDE
Fontenay-aux-Roses, France
12-14 juin 1995*

NOTE DE L'ÉDITEUR

Les textes reproduits ci-dessous ont été laissés dans leur forme originale pour permettre, pour un coût moindre, une diffusion plus rapide.
Les vues exprimées n'engagent que leurs auteurs et ne reflètent pas nécessairement celles de l'Organisation ou de ses pays Membres.

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) et la République de Corée (12 décembre 1996). 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 groupe aujourd'hui tous les pays Membres de l'OCDE, à l'exception de la Nouvelle-Zélande et de la Pologne. La Commission des Communautés européennes participe à ses travaux.

L'AEN a pour principal objectif de promouvoir la coopération entre les gouvernements de ses pays participants pour le développement de l'énergie nucléaire en tant que source d'énergie sûre, acceptable du point de vue de l'environnement, et économique.

Pour atteindre cet objectif, l'AEN :

- encourage l'harmonisation des politiques et pratiques réglementaires notamment en ce qui concerne la sûreté des installations nucléaires, la protection de l'homme contre les rayonnements ionisants et la préservation de l'environnement, la gestion des déchets radioactifs, ainsi que la responsabilité civile et l'assurance en matière nucléaire;
- évalue la contribution de l'électronucléaire aux approvisionnements en énergie, en examinant régulièrement les aspects économiques et techniques de la croissance de l'énergie nucléaire et en établissant des prévisions concernant l'offre et la demande de services pour les différentes phases du cycle du combustible nucléaire;
- développe les échanges d'information scientifiques et techniques notamment par l'intermédiaire de services communs;
- met sur pied des programmes internationaux de recherche et développement, et des entreprises communes.

Pour ces activités, ainsi que pour d'autres travaux connexes, l'AEN collabore étroitement avec l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique de Vienne, avec laquelle elle a conclu un Accord de coopération, ainsi qu'avec d'autres organisations internationales opérant dans le domaine nucléaire.

Also available in English under the title:

AGRICULTURAL ASPECTS OF NUCLEAR AND/OR RADIOLOGICAL EMERGENCY SITUATIONS

Photo de couverture : Photothèque EDF, Centrale de Golfech – Photo : P. Berenger

© OCDE 1997

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, or CCC Online: <http://www.copyright.com/>. Toute autre demande d'autorisation de reproduction 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

Il y a longtemps déjà que l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire s'intéresse à la préparation et à la gestion des urgences nucléaires. C'est dans le cadre de ce travail qu'elle a lancé, en 1990, un programme consacré spécifiquement aux exercices d'application hors site des plans d'urgence en cas d'accident nucléaire afin de contribuer au recensement des aspects des interventions hors site qui concernent les pays étrangers et des organisations internationales, et qui pourraient bénéficier d'une coopération et d'une coordination internationales renforcées. Ce programme avait aussi pour objectif de rapprocher les points de vues des pays participants sur les stratégies nationales à mettre en œuvre pour faire face aux urgences nucléaires. Il a débouché sur l'organisation d'un exercice international d'application des plans d'urgence en cas d'accident nucléaire, INEX 1.

Mené en 1993, cet exercice INEX 1 comportait deux étapes. La première consistait en une simulation théorique effectuée de mars à mai dans 16 pays (14 pays Membres et 2 pays non membres) qui a réuni les principaux décideurs et les experts chargés des questions d'intervention en cas d'urgence. La deuxième étape était une réunion internationale organisée à Paris en juin 1993 où les représentants des pays participants ont échangé leur expérience sur l'exercice et décidé d'un travail sur les interventions en cas d'urgence ou les exercices de crise, qui pourrait faire suite à ce premier exercice.

Afin de tirer la quintessence de l'expérience et des informations acquises au cours d'INEX 1, une analyse détaillée a été organisée dont les résultats ont été publiés sous la forme d'un document de l'OCDE : *INEX 1 : Exercice international d'urgence en cas d'accident nucléaire*. Un des sujets identifiés pendant l'analyse était la gestion des problèmes agricoles survenant après un accident. Il s'agit en d'autres termes de :

“Plusieurs grands sujets auxquels un débat international pourrait être bénéfique ont été recensés. Il a été suggéré que l'AEN patronne et organise des réunions de travail en vue d'aborder les sujets ci-dessous. On s'est largement accordé à reconnaître que ces réunions de travail devraient être axées sur les aspects pratiques et liés à l'application des domaines abordés, par opposition à leurs aspects théoriques.” Un des sujets traité était :

“La gestion des problèmes agricoles à la suite d'une urgence nucléaire, y compris les aspects liés à la gestion, à la manutention des déchets et à l'évacuation de grandes quantités de lait, d'aliments pour animaux et d'autres produits agricoles ayant été contaminés, ainsi que la gestion (mise à l'étable, alimentation, etc.) du cheptel national.”

L'AEN a donc été encouragée à organiser une réunion de travail internationale afin d'examiner ce problème en détail. L'idée générale était de provoquer un échange d'expérience et de faire le tour des stratégies nationales concernant les aspects agricoles des situations d'urgence nucléaire et/ou radiologique. Il était aussi entendu que l'on se cantonnerait aux aspects agricoles des

situations d'urgence radiologique graves. Ces spécifications, alliées à l'analyse détaillée d'INEX 1, ont permis de dégager les objectifs de la réunion :

1. Identifier les principaux aspects agricoles des situations d'urgence radiologique et étudier les normes et critères d'intervention.
2. Débattre de l'évaluation et de la gestion des cultures/stocks de denrées alimentaires, des animaux d'élevage et de la faune sauvage, des procédés de transformation des denrées alimentaires, des produits alimentaires contaminés et des déchets ainsi que des besoins de décontamination des sols.
3. Analyser les aspects économiques et sociaux des problèmes agricoles que soulèvent les situations d'urgence radiologique.
4. Examiner les mécanismes d'échange d'informations entre les experts agricoles et les spécialistes des urgences nucléaires au cours des différentes phases d'une urgence radiologique.
5. Débattre des diverses stratégies nationales adoptées pour traiter les aspects agricoles des situations d'urgence radiologique.
6. Tirer des conclusions et des recommandations des débats de la réunion.

Cette réunion a été organisée du 12 au 14 juin 1995 en région parisienne par l'Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire (IPSN) à Fontenay-aux-Roses, France. Le présent document, qui constitue les actes de la réunion, contient les communications présentées ainsi que les conclusions et recommandations dégagées au cours de la dernière session.

Les opinions exprimées n'engagent que leurs auteurs et ne reflètent pas nécessairement les points de vue des pays Membres de l'OCDE ou d'organisations internationales. Ce compte rendu est publié sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE.

TABLE DES MATIÈRES

Président de la Réunion – M. CARRETTE (France)

SÉANCE I : INTRODUCTION

Président de séance : Jean BRENOT (France)

Concepts théoriques, aides à la décision et aspects pratiques	11
Andrea Schenker-Wicki et Dominique Rauber (Suisse)	
Problèmes agricoles	19
George E. Bickerton (États-Unis)	
Normes et critères établis par les organisations internationales concernant les aspects agricoles des situations d'urgence radiologique	29
J.I. Richards, R.J. Hance et M.J. Crick (Programme conjoint FAO/AIEA)	

SÉANCE II : ÉVALUATION ET GESTION DES QUESTIONS AGRICOLES

Président de séance : Frances FRY (Royaume-Uni)

Difficultés susceptibles d'être liées à la mise en place d'une stratégie de restriction alimentaire dans les phases initiales d'une situation d'urgence	43
Paul Naylor (Royaume-Uni)	
La gestion des aspects agricoles des situations d'urgence nucléaire et/ou radiologique	49
Gérard Griperay (présenté par M. Cayeux) (France)	
Conséquences des retombées radioactives – expérience tirée de l'accident de Tchernobyl	57
A. Lutzko (Biélorus)	
Le dispositif suédois d'intervention dans le secteur agricole en cas d'accident nucléaire	63
Jan Preuthun (Suède)	
Mesures agricoles – problèmes liés à leur mise en œuvre	71
Sabine Bittner and R. Stapel (Allemagne)	

Modifications des pratiques agricoles et zootechniques pour réduire la contamination de la chaîne alimentaire	77
Henri Maubert et Philippe Renaud (France)	

Aspects agricoles des conséquences de l'accident de la centrale nucléaire de Tchernobyl en Ukraine	89
Boris Prister, L.V. Perepelyatnikova et V.A. Pronevich (Ukraine)	

Actions correctives agricoles : bases écologiques et problèmes associés à leur mise en oeuvre	101
C.M. Vandecasteele, O. Burton et R. Kirchmann (Belgique)	

SÉANCE III : ASPECTS ÉCONOMIQUES ET SOCIAUX DES QUESTIONS AGRICOLES
Président de séance : Jan PREUTHUN (Suède)

Impacts économiques et sociaux des accidents nucléaires sur le secteur agricole	119
J. Brenot et P. Hubert (France)	

SÉANCE IV : DISPOSITIFS POUR L'ÉCHANGE D'INFORMATIONS
Président de séance : Andrea SCHENKER (Suisse)

Communication en situation d'urgence radiologique : échange d'expertises entre l'IPSN et deux filières agricoles de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur	135
Laure Berthier et Vincent Pupin (France)	

Prolégomènes à une théorie de l'échange d'un savoir nucléaire	141
Dominique Van Nuffelen (Belgique)	

Échange d'informations sur les problèmes agricoles liés à une situation d'urgence radiologique	155
Aino Rantavaara (Finlande)	

SÉANCE V : PRÉSENTATIONS NATIONALES
Président de séance : George BICKERTON (États-Unis)

Présentation du Canada	165
Dianne E. Hedley (Canada)	

Mesures de précaution prises en Allemagne en cas d'accidents ou d'incidents susceptibles de porter atteinte à l'homme et à l'environnement par suite du rejet de radioactivité	171
Dieter Kaspar (Allemagne)	

Protection de l'agriculture contre les radiations nucléaires : conception et mesures	177
Hans-Jörg Lehmann (Suisse)	

Résumé	181
George Bickerton, Président de séance (États-Unis)	

SÉANCE VI : CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS
Président de séance : M. CARRETTE (France)

Conclusions et recommandations	185
---	-----

Liste des participants	191
-------------------------------------	-----

SÉANCE 1

INTRODUCTION

Président de séance : Jean BRENOT, France

CONCEPTS THÉORIQUES, AIDE À LA DÉCISION ET ASPECTS PRATIQUES

par

Andrea Schenker-Wicki et Dominique Rauber
Suisse

Résumé

Les exercices d'urgence font partie du quotidien des organismes chargés des interventions en cas d'urgence. En général, l'attention se porte essentiellement sur les phases initiales de l'opération souvent au détriment des étapes ultérieures qui concernent les problèmes agricoles et agro-alimentaires. Afin de tester ses concepts théoriques et son rôle de coordination, le Centre national des opérations d'urgence a lancé l'exercice BACCHUS, destiné au personnel des diverses autorités. Pour la première fois en Suisse, les responsables dans les domaines agricole et agro-alimentaire ont été intégrés au processus de prise de décision intervenant dans les phases finales, visant à simuler la façon de réduire la dose ingérée après un rejet accidentel de radioactivité. La principale conclusion a été que les critères de contamination utilisés par les experts en radioprotection et l'industrie agro-alimentaire seront très différents si de la nourriture saine est disponible.

1. Concepts théoriques

1.1 Introduction

Aux cours des dernières années, les gouvernements des divers pays touchés par l'accident de Tchernobyl ont investi des sommes importantes en logistique, en matériel et en logiciel, afin d'améliorer le savoir-faire des organismes chargés des plans d'urgence et de mieux protéger les populations. En réponse à l'accident de Tchernobyl, on dispose aujourd'hui de systèmes d'aide à la prise de décision informatisés, de nouvelles lignes de communication et d'une meilleure compréhension des processus radio écologiques et épidémiologiques. Bien que les organismes responsables des interventions en cas d'urgence soient mieux équipés que jamais, l'inquiétude du public vis-à-vis de l'utilisation de l'énergie nucléaire et des conséquences d'un éventuel accident n'a pas décliné. D'après les enquêtes générales réalisées en Suisse, la radioactivité continue de susciter des craintes irrationnelles de la part de la population.

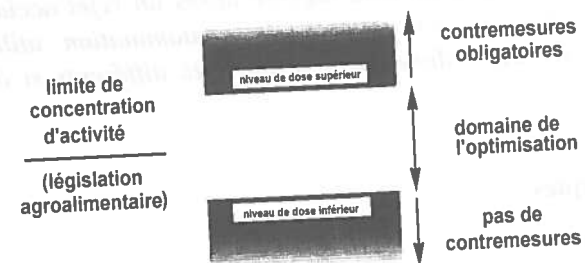
Ceci compliquera la tâche des autorités responsables des interventions du fait du comportement imprévisible et d'une éventuelle réaction de panique de la population. Afin de surmonter ces difficultés, le Centre national des opérations d'urgence a décidé de faire participer des personnes extérieures au processus de prise de décision afin de tester ses concepts théoriques et ses plans d'intervention, et de s'assurer que les dispositions proposées par l'administration sont aussi réalistes que possibles. Ceci permettra d'améliorer l'image de marque de l'organisation aux yeux du public et facilitera la mise en oeuvre de mesures curatives grâce à une meilleure compréhension mutuelle de l'agriculture, de l'industrie et de l'administration. Le Centre a donc réalisé l'exercice BACCHUS, destiné à améliorer les processus de communication et à vérifier les actions correctives

proposées au cours des différentes phases faisant suite à un rejet accidentel d'activité, du point de vue faisabilité et acceptation par le public.

1.2 Bases légales : niveaux d'intervention et limites légales

L'organisme suisse chargé des urgences radiologiques s'appuie sur différentes lois et règlements. Pour ce qui est des produits agro-alimentaires, la référence principale est constituée par la nouvelle loi sur la radioprotection et le règlement correspondant (l'un et l'autre parfaitement en accord avec le CIPR-60). La loi sur la radioprotection émet des limites légales pour la contamination des denrées agro-alimentaires, correspondant à une dose moyenne d'environ 5 mSv. Le règlement de radioprotection définit le concept « dose-action » et les seuils haut et bas d'intervention en cas d'urgence (voir figure 1). Si ces limites ne peuvent être respectées, le gouvernement est autorisé à les revoir à la hausse conformément au concept dose-action jusqu'à une dose maximale de 20 mSv, qui constitue la limite supérieure en matière de radioprotection.

Figure 1. Limites et concept dose-action



Par ailleurs, des valeurs de tolérance ont été définies comme critères de pureté des denrées agro-alimentaires : elles sont inférieures d'un facteur 100 aux activités volumiques indiquées dans les règlements de radioprotection. L'interprétation des niveaux de tolérance pose un problème spécifique en Suisse. Pour les autorités chargées de la radioprotection, il ne fait aucun doute que les niveaux de tolérance agro-alimentaires n'ont rien à voir avec la radioprotection. Ils constituent un critère de pureté parmi d'autres, au même titre que la présence de métaux lourds ou de microbes. L'industrie agro-alimentaire et les laboratoires cantonaux responsables du contrôle qualitatif et sanitaire des produits alimentaires ont clairement indiqué au cours de l'exercice BACCHUS qu'aucune denrée dont la concentration volumique dépasse le niveau de tolérance ne serait traitée tant que l'on disposerait de produits de rechange non contaminés.

2. Aide à la décision en cas d'urgence radiologique

2.1 Remarques générales

En cas d'urgence radiologique, quelle que soit la superficie de la zone affectée par la contamination, l'aide nécessaire aux autorités responsables et aux décideurs sera fournie à la fois par les systèmes informatiques pour une simulation rapide des conséquences et par des experts. Les phases initiales sont caractérisées par un changement rapide de l'environnement et une instabilité de la situation, et aucun système informatique n'est capable de prendre en compte tous les scénarii possibles et d'intégrer au fur et à mesure toutes les évolutions. Par conséquent, même si l'on dispose d'un système d'aide à la décision, il faut faire appel à la fois aux connaissances des spécialistes et aux techniques modernes de traitement de l'information et d'intelligence artificielle. En ce qui concerne les conséquences de la contamination radioactive sur le public et l'environnement, les autorités du pays doivent tenir compte du fait que les objectifs des différents décideurs sont souvent contradictoires, alors qu'il est essentiel d'avoir une approche globale et que le contexte de prise de décision peut évoluer brusquement suite à une pression du public. Pour venir à bout de ces problèmes, le Centre national des opérations d'urgence a décidé de concevoir un système d'aide à la décision destiné à son usage personnel et pouvant également apporter un support à l'équipe d'experts chargée d'évaluer et de hiérarchiser les mesures envisagées.

2.2 Systèmes d'aide à la prise de décision SAD concernant la réduction de la dose ingérée¹

Les systèmes d'aide à la décision (SAD) sont des systèmes informatiques visant à aider les utilisateurs à prendre des décisions efficaces concernant des problèmes épineux. Leur utilisation est d'autant plus intéressante lorsqu'un certain nombre de solutions similaires doivent être évaluées dans un environnement complexe.

Le système utilisé en Suisse considère la prise de décision à la fois sur le plan technique et politique. Il est composé de quatre modules. Le premier évalue le danger sur la base d'un modèle de pronostic, appelé ECOSYS², qui simule l'activité volumique des divers denrées et aliments ainsi que les doses correspondantes. L'objectif de ce module est de donner aux utilisateurs un aperçu complet de la dose reçue par deux catégories de la population (adultes et enfants) dans différentes parties de la Suisse. Les paramètres d'entrée du module d'évaluation des doses sont la concentration en nucléides du sol, de l'eau de pluie et de l'air. Comme il est improbable que le dépôt d'activité soit homogène, l'ensemble du territoire est divisé en neuf régions. On identifie les zones en fonction de leurs niveaux de dépôt et de leurs structures agricoles. L'activité volumique des denrées agro-alimentaires et les doses ingérées par la population dans les secteurs considérés sont ensuite calculées sur cette base.

Afin que la prise de décision soit bonne, un second module génère automatiquement le plus grand nombre possible de méthodes visant à réduire l'activité volumique des aliments destinés aux hommes et aux animaux. La liste des mesures évaluées passe à travers un filtre pour empêcher que le système ne produise des solutions impossibles du point de vue physique, chimique, biologique ou des

1. Schenker-Wicki, A. et Gibbert, R., A Crisis Management Decision Support System to Reduce Ingestion Dose, Radiation Protection Dosimetry, Vol. 50, nos 2-4, 1993, pp. 367-372.

2. Müller et G. Pröhl : ECOSYS 86, Ein Rechenmodell zur Abschätzung der Strahlenexposition nach kurzzeitiger Deposition von Radionukliden auf landwirtschaftlich genutzten Flächen, Benutzer Handbuch, Stand März 1988, Institut für Strahlenschutz, Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung, München-Neuherberg, 1988.

3.2 Actions prises immédiatement après un rejet accidentel d'activité

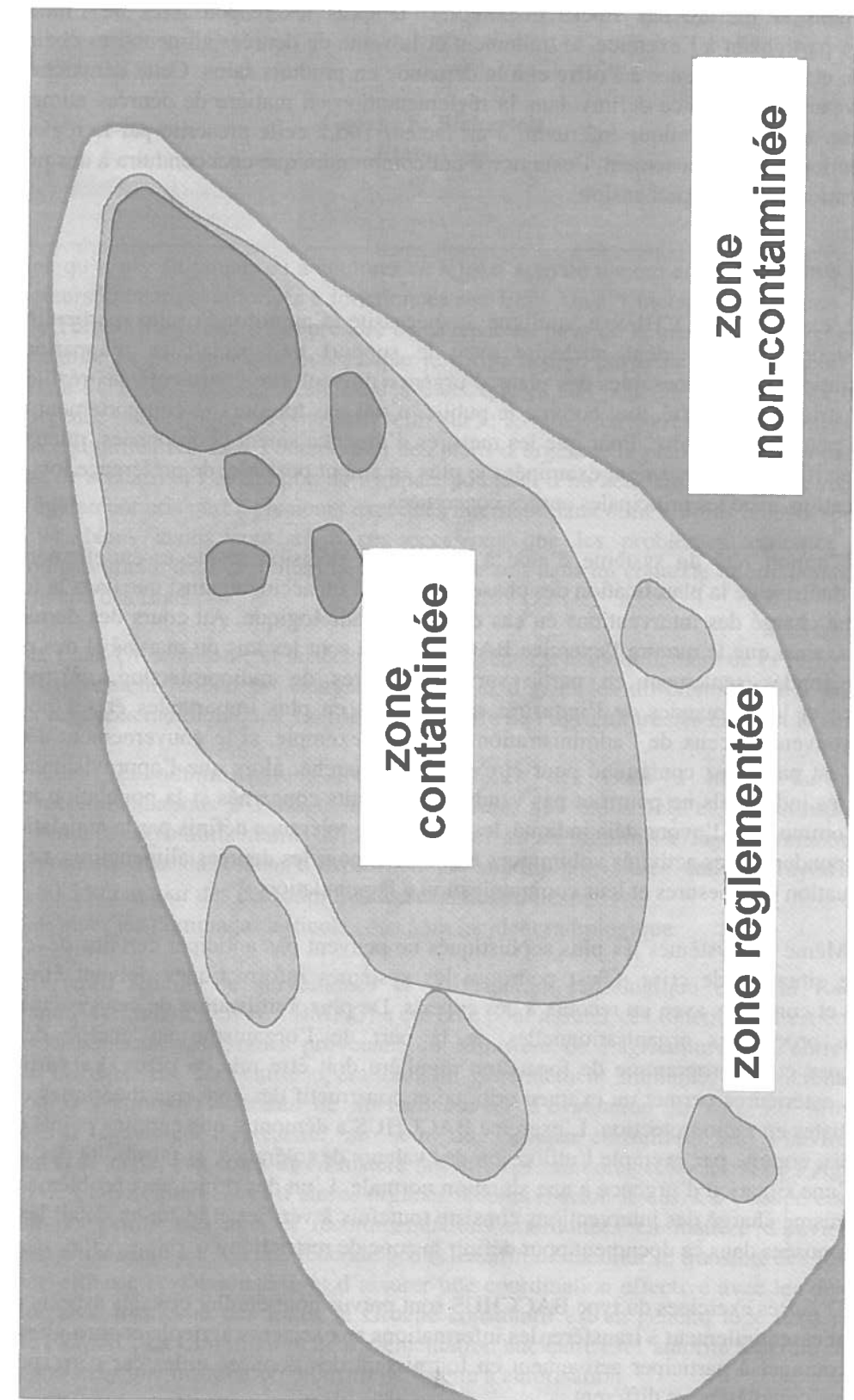
Phase d'alerte : La première équipe prête à intervenir en cas de rejet accidentel d'activité est le Centre national des opérations d'urgence. Grâce à la possibilité de contacter l'institut météorologique 24 heures sur 24, à la présence d'un officier d'astreinte et à des réseaux de surveillance automatique, la disponibilité est immédiate et les autorités tout comme le public peuvent être avertis rapidement. Le Centre opère à partir d'une installation protégée équipée de moyens de traitement des données et de communication modernes. Au cours de la phase faisant immédiatement suite à un rejet accidentel, des messages sont diffusés pour informer le public. Des listes de contrôle sont disponibles, un programme de surveillance peut être élaboré sur le champ et plusieurs équipes de mesure mises sur pied. Il est clair qu'au début de la phase initiale, seul le Centre national des opérations d'urgence peut garantir que les mesures de prévention nécessaires seront prises en raison de son haut niveau d'information et de préparation. Ni les autorités fédérales et cantonales, ni l'industrie ne disposent de moyens similaires. Dès que le Centre apprend qu'un incident s'est produit dans une centrale, il communique cette information aux autorités et au public concerné. Même s'il est bien préparé, il y aura forcément des problèmes pour transmettre rapidement les informations nécessaires à l'ensemble des autorités et aux media. Comme la plupart des maisons suisses sont munies de sous-sol et/ou d'abris, la première précaution à prendre au tout début de la phase initiale d'un accident est de veiller à ce que les gens restent à l'intérieur. L'évacuation en dehors de la zone de l'accident n'est pas la mesure à prendre en premier lieu mais seulement ultérieurement, si nécessaire. Dans le domaine agricole, il est conseillé aux agriculteurs de rentrer leur bétail, de le protéger et de lui donner un maximum de fourrage. L'industrie agro-alimentaire n'est pas concernée à ce stade de l'événement, sauf si les installations de production sont situées dans la zone contaminée.

Premières mesures : Du point de vue agricole, la première action consiste à délimiter une zone de restriction où la collecte et la vente de produits agricoles frais est interdite. Cette zone est redéfinie après le passage du nuage radioactif sur la base des données résultant des mesures de débit de dose gamma. Dans le scénario choisi pour l'exercice, avec fusion du coeur et utilisation de techniques de ventilation, la zone de restriction correspond à la région où le débit de dose gamma dépasse 200 mSv/h lors du passage du panache ou 20 mSv/h en valeur nette après son passage (voir figure 3). En dehors de ce secteur, l'activité volumique attendue et les doses calculées seront inférieures aux limites légales. Les zones de restriction doivent être étudiées pour les différents types d'accidents nucléaires afin de pouvoir les définir rapidement après un rejet accidentel d'activité.

Le concept de zone de restriction a été accepté par les participants qui l'ont jugé raisonnable et nécessaire pour éviter le transfert de produits contaminés vers des régions saines et donner le temps aux autorités de mesurer l'activité volumique des aliments destinés aux hommes et au bétail. Si les résultats des mesures effectuées en laboratoire sont inférieurs aux limites réglementaires, la restriction sera progressivement levée en partant de la périphérie de la zone. Aucun niveau d'intervention n'est défini par la législation suisse en ce qui concerne les produits pour animaux. Il appartiendra donc à l'organisme chargé des urgences radiologiques et aux agences concernées d'évaluer la meilleure utilisation possible pour le fourrage contaminé, et ce avec un maximum de liberté, tout en prenant en compte les recommandations de l'Union Européenne. Il est toutefois prévisible que cette carence de la législation suisse soit bientôt supprimée.

Mesures correctives : Par la suite, ce sont les agences fédérales qui sont responsables de la mise en oeuvre des actions correctives nécessaires. C'est également elles qui décident si les aliments destinés aux hommes et au bétail peuvent être autorisés à la consommation. A ce stade, le Centre national des opérations d'urgence se contente d'apporter son soutien aux agences fédérales compétentes par une surveillance de la situation radiologique et une évaluation des doses prévisibles. L'exercice a clairement démontré que les mesures prises en dernier lieu poseront un nouveau type de

Figure 3. Relations entre zone contaminée et zone de restriction



problèmes. Les critères de radioprotection ne seront plus déterminants. Les industries agro-alimentaires couvriront les besoins de la population en produits non contaminés aussi longtemps que possible, dans la mesure des stocks disponibles. D'après les responsables de l'industrie agro-alimentaire participant à l'exercice, le traitement et la vente de denrées alimentaires obéiront à la loi du marché, et en l'occurrence à l'offre et à la demande en produits sains. Cette démarche s'appuiera sur les niveaux de tolérance définis dans la réglementation en matière de denrées alimentaires, qui autorise une activité volumique inférieure d'un facteur 100 à celle prescrite par le règlement sur la radioprotection. Malheureusement, l'exercice a fait comprendre que ceci conduira à des problèmes de communication et de compréhension.

4. Conclusions

L'exercice BACCHUS a souligné la nécessité d'approfondir plus particulièrement les derniers stades d'un accident nucléaire avec le support de spécialistes n'appartenant pas à l'administration. Les responsables des plans d'urgence doivent être conscients des réalités et du fait que l'industrie et le marché, tout comme le public, n'ont pas toujours le comportement raisonnable auquel on pourrait s'attendre. Pour que les mesures d'urgence soient coordonnées, mieux comprises et efficaces, il faut qu'elles soient examinées le plus en amont possible, de préférence lors de la phase de planification, avec les principales entités concernées.

L'apport réel du système d'aide à la prise de décision réside essentiellement dans une meilleure maîtrise de la planification des phases initiales d'un accident, ainsi que dans la formation de l'organisme chargé des interventions en cas d'urgence radiologique. Au cours des dernières phases néanmoins, ainsi que le montre l'exercice BACCHUS, ce sont les lois du marché et des phénomènes politiques fondés seulement en partie sur des critères de radioprotection, qui prédominent. L'influence et les demandes de l'industrie sont de plus en plus importantes et ses points de vue diffèrent souvent de ceux de l'administration. A titre d'exemple, si le gouvernement déclare qu'un aliment n'est pas assez contaminé pour être retiré du marché, alors que l'approvisionnement reste suffisant, les industriels ne pourront pas vendre les produits concernés si la population refuse de les acheter. Comme nous l'avons déjà indiqué, les niveaux de tolérance définis par la législation suisse et qui correspondent à des activités volumiques très basses pour les denrées alimentaires, ne faciliteront pas l'évaluation des mesures et leur communication à la population.

Même les systèmes les plus sophistiqués ne peuvent pas anticiper certains développements lors d'une situation de crise. C'est pourquoi les systèmes informatiques doivent être hautement interactifs et combinés avec un recours à des experts. De plus, l'utilisation de ces systèmes doit faire l'objet de procédures organisationnelles de la part de l'organisme en charge des urgences radiologiques et un programme de formation régulière doit être mis en place. La participation de personnes extérieures permet un examen critique et constructif des concepts théoriques élaborés par les spécialistes en radioprotection. L'exercice BACCHUS a démontré que certains points doivent être approfondis, comme par exemple l'utilisation des valeurs de tolérance, la faisabilité des actions et le passage d'une situation d'urgence à une situation normale. L'un des principaux problèmes à résoudre par l'organisme chargé des interventions consiste toutefois à vérifier et tester en détail les valeurs de mesure proposées dans ce document pour définir la zone de restriction.

D'autres exercices du type BACCHUS sont prévus pour étudier certains aspects spécifiques. Ils viseront essentiellement à transférer les informations aux secteurs agricole et agro-alimentaire afin de les encourager à participer activement en fournissant des données utiles car correspondant à un point de vue complètement différent.

PROBLÈMES AGRICOLES

par

George E. Bickerton
États-Unis

Bien qu'il n'y ait jamais eu à déplorer de rejet d'activité majeur en provenance d'aucun des cent dix réacteurs industriels autorisés à fonctionner aux États-Unis, l'incident survenu en 1979 dans la centrale de Three Mile Island a fait prendre conscience au pays de la nécessité de se préparer à ce type d'éventualité. Le personnel du bureau que je dirige a déjà participé à environ 600 exercices d'intervention à l'échelle fédérale, locale ou des États, que ce soit pour planifier, vérifier ou évaluer les plans d'urgence radiologique ou pour intervenir sur le terrain. Ces exercices ont permis d'acquérir une expérience significative dans l'élaboration des plans d'urgence, la planification des exercices, la mise au point de scénarii et l'évaluation de l'impact potentiel d'un accident du point de vue agricole. Nous avons également pris part à plusieurs exercices internationaux dont les plus récents sont INEX 1 et RADEX 94. Nous avons constaté à ces occasions que les problèmes agricoles sont une préoccupation essentielle dans la plupart des cas, que ce soit dans un contexte international, national, local ou au niveau des États.

Aux États-Unis, la santé et la sécurité des citoyens est essentiellement de la compétence des États. Le gouvernement fédéral est chargé de guider et d'aider les différents États à prévoir et à répondre aux urgences radiologiques. Le rôle du ministère de l'agriculture des E.U. est le suivant :

- aider les administrations locales et celles des États à mettre au point des recommandations à l'usage des producteurs, des industriels et des transporteurs de produits agro-alimentaires afin d'empêcher ou de minimiser la contamination de ces produits dans la « zone d'exposition par ingestion » (située dans un rayon d'environ 80.5 km autour des centrales nucléaires industrielles) ;
- évaluer les dommages agricoles dus à un incident radiologique.

Le Centre fédéral de surveillance et d'évaluation radiologique (Federal Radiological Monitoring and Assessment Center, FRMAC) a été créé pour assurer ces fonctions. Il est composé de responsables officiellement désignés provenant du Ministère de l'agriculture et d'autres organes fédéraux. Le FRMAC est une entité opérationnelle généralement implantée à proximité du lieu d'intervention des équipes fédérales de surveillance et d'évaluation in situ. Le Ministère de l'agriculture est également représenté au sein du Groupe consultatif sur l'environnement, l'alimentation et la santé, aux côtés du Ministère des affaires sanitaires et sociales, de l'Agence pour la protection de l'environnement et d'autres organes fédéraux, selon le cas. Ce Groupe consultatif a pour mission de fournir des avis et recommandations coordonnés en matière d'environnement, d'alimentation et de santé à l'Agence fédérale centrale. Afin de faciliter le transfert des résultats des actions de surveillance et d'évaluation et d'assurer une coordination effective avec les délégués des instances fédérales, locales et des États, le Groupe consultatif est en général logé dans les mêmes locaux que le FRMAC. La Commission de réglementation nucléaire est l'autorité fédérale compétente si l'incident concerne une installation industrielle sujette à autorisation.

Aux États-Unis, la zone d'exposition par ingestion concernée par les interventions d'urgence et déjà évoquée ci-dessus est caractérisée par le dépôt de radionucléides (notamment l'iode et le césium) sur les cultures et la végétation, les plans d'eau et le sol, ainsi que par l'ingestion d'aliments, de lait et d'eau contaminés. La sûreté de l'approvisionnement dans cette zone d'un rayon de 80.5 km constitue un souci majeur pour l'ensemble de la communauté agricole.

Le gouvernement des États et les instances locales se fondent sur les directives émises par l'US Food and Drug Administration (Service des produits alimentaires et pharmaceutiques)³ pour définir si les doses d'irradiation prévues sont compatibles avec des mesures de protection et, si oui, quelles sont les actions préventives et correctives appropriées. Pour ce qui est des aliments destinés à l'homme et au bétail et faisant l'objet d'un commerce entre États, les organismes compétents au niveau fédéral en matière de réglementation sont le Ministère des affaires sanitaires et sociales et le Ministère de l'agriculture.

La décision d'émettre des recommandations quant aux mesures de protection à prendre est fonction de la gravité de la situation dans la centrale nucléaire, des informations disponibles sur la quantité d'activité rejetée dans l'environnement et de l'impact sanitaire, économique et social potentiel des actions proposées.

Des exemples sont donnés ci-après concernant les recommandations et informations susceptibles d'être transmises à la communauté agricole par les instances compétentes au niveau local et des États, ainsi que les problèmes qui doivent être pris en compte :

LAIT

- Le lait constitue la voie de transfert la plus précoce et la plus critique (pâturage ⇒ vache ⇒ lait ⇒ traitement ⇒ distribution ⇒ consommation) en raison de ses effets possibles sur les enfants. Les radionucléides apparaissent dans le lait quelques heures après que les vaches laitières aient consommé le fourrage contaminé pour atteindre une concentration maximale 24 heures à plusieurs jours après l'événement. Il sera conseillé aux agriculteurs – par l'intermédiaire du réseau public d'information en cas d'urgence – de retirer des pâtures les bêtes en lactation, de les mettre si possible à l'abri et de leur donner des aliments et de l'eau non pollués. Les autorités locales et de l'État prélèveront des échantillons de lait, de fourrage et d'eau qui seront analysés en laboratoire pour déterminer s'ils sont contaminés.
- S'il s'avère que les produits laitiers sont contaminés, il pourra être conseillé de retirer le lait du marché pour permettre la décroissance des radionucléides à vie courte, soit par congélation et stockage du lait frais, soit par fabrication de lait concentré ou de produits laitiers. Il est également possible de stocker le lait à basse température pendant une période assez longue, à condition qu'il ait été upérisé. Il peut également servir à fabriquer du beurre, du fromage, du lait en poudre sans matières grasses ou du lait concentré non sucré.

PROBLÈME : Dans certains pays, les bovins paissent à l'extérieur toute l'année et les abris sont rares. Par ailleurs, il n'existe pas toujours de débouchés pour les produits laitiers. Le lait contaminé doit donc être jeté.

3. US Department of Health and Human Services, Food and Drug Administration [Docket NO. 76N-0050], Accidental Radioactive Contamination of Human and Animal Feeds; Recommendations for State and Local Agencies, Federal Register, Vol. 47, No 205, Vendredi 22 octobre 1982.

Que faire si le lait contient beaucoup de césium ? Quelles sont les procédures à suivre pour son évacuation ?

FRUITS ET LÉGUMES

- Il pourra être demandé au public de laver, brosser, frotter, peler ou écosser les fruits et légumes locaux, y compris les racines et tubercules, afin d'éliminer de la surface les radionucléides à vie courte comme l'iode 131. Une autre possibilité consiste à mettre les produits en conserve, à les congeler, les déshydrater et les stocker pour permettre la décroissance de l'iode 131.

PROBLÈME : Perception par le public : Dans le cas où les gens seraient autorisés à rester dans leurs maisons, comment la fonction d'information du public pourrait-elle fonctionner et faire en sorte que le public en général se sente en sécurité alors que des précautions doivent être prises pour manger les fruits et les légumes locaux ?

SOL

- Les radioéléments peuvent constituer un problème à long terme vis-à-vis de la voie de transfert par ingestion car ils peuvent être absorbés dans le sol par la végétation en période de croissance ou par les prochaines cultures comme les légumes, les arbres fruitiers, les céréales et le fourrage. Ils peuvent alors mettre en péril les récoltes futures. Comme les niveaux de dépôt et d'absorption de l'activité sont variables, il peut être nécessaire de procéder à des analyses détaillées in situ et à des actions de protection à long terme. Si les autorités locales ou de l'État jugent que le sol est contaminé, des procédures de gestion des déchets pourront être mises en oeuvre en bonne et due forme pour ramener la contamination à un niveau acceptable.
- Dans certains cas, il pourra être nécessaire de recourir à la jachère, c'est-à-dire ne pas utiliser le sol pendant un certain temps. Si les niveaux de contamination sont très élevés, il sera éventuellement préférable d'enlever et d'évacuer la terre.
- Dans d'autres cas, des cultures de remplacement pourront s'avérer bénéfiques. A titre d'exemple, on pourra éventuellement remplacer les fruits et les légumes par des espèces non alimentaires comme le coton et le lin.
- Si les racines sont proches de la surface, un labourage profond permettra de placer les substances radioactives en dessous de la zone des racines, d'empêcher les plantes d'absorber les nutriments contaminés et d'abaisser progressivement le niveau d'activité. Par ailleurs, le chaulage et le traitement du sol par ajout d'engrais à forte teneur en potassium limiteront l'absorption du strontium et du césium par les cultures.

PROBLÈME : Le fait d'enlever et d'évacuer la couche de sol contaminée est relativement simple a priori mais s'accompagne d'un effet à long terme.

Un changement d'utilisation du sol est compliqué du point de vue technique, économique et social et sa mise en place risque de prendre un temps considérable.

EAU

- Il faudra en priorité procéder à l'échantillonnage de l'eau approvisionnée dans la zone considérée afin de juger si elle est apte à la consommation par l'homme et l'animal.
- Il faudra collecter des échantillons d'eau brute pour déterminer si sa contamination globale est évidente. La nappe phréatique devra être surveillée sur une longue période pour s'assurer qu'elle n'a pas été affectée.
- Les puits ouverts, les réserves et bassins d'eau pluviale seront recouverts pour empêcher la pollution de l'eau. Les puits et autres sources d'eau protégées ne devraient en principe pas être concernés par des dépôts d'activité.
- Les tuyauteries de remplissage devront être déconnectées des conteneurs de stockage de l'eau de ruissellement des toits et autres surfaces afin que les substances contaminantes n'entrent pas dans ces conteneurs.
- Il faudra fermer les vannes d'alimentation sur toutes les sources d'eau contaminées pour empêcher que l'eau ne soit distribuée ou utilisée pour l'irrigation.
- Il y a très peu de risques que l'on soit obligé de prendre des mesures de protection pour que le public ne consomme pas d'eau contaminée compte tenu de la très faible probabilité d'occurrence de séquences accidentelles susceptibles de conduire à des rejets majeurs affectant la voie de transfert par l'eau. Ceci s'accompagnerait de toute façon d'une réduction notable de la concentration en radionucléides du fait de la dilution et du traitement chimique avant consommation par le public.

PROBLÈME : En cas de concentration de césium ou de tritium dans l'eau approvisionnée, les méthodes de traitement ci-dessus n'auront peu, voire pas d'effet. Une modification des installations existantes permettant d'ajouter un moyen de traitement chimique pour enlever les radionucléides polluants n'est pas considérée comme faisable. Si de l'eau dont le niveau de contamination est inacceptable parvient dans le réseau d'alimentation domestique, la solution à envisager sera de trouver une autre source d'approvisionnement⁴.

VIANDE ET PRODUITS DÉRIVÉS

- L'incorporation de césium 134 ou 137 par un adulte suite à la consommation de viande peut être plus élevée qu'avec du lait. Par conséquent, si la teneur en césium du lait approche le niveau justifiant le déclenchement d'une action préventive, il faudra que ceci s'accompagne de mesures de surveillance et de protection appropriées concernant la viande : par exemple, retrait du bétail des pâtures, si possible mise à l'abri ou en corral, alimentation avec de l'eau et des aliments sains.

PROBLÈME : Si pour une raison quelconque, il est décidé que le bétail doit être abattu, il risque de se poser un problème intéressant. Il est probable que les animaux seront soit incinérés, soit enterrés. La première solution risque de ne pas être possible, en fonction de la taille des animaux concernés et de la disponibilité des installations nécessaires. Pour les enterrer, il faudra l'accord des autorités responsables en matière d'environnement et de santé.

4. US Federal Emergency Management Agency, Guidance on Offsite Emergency radiation Measurement Systems Phase 3 - Water and Non-Dairy Food Pathway, pages 3 à 10, mai 1990.

La volaille élevée en plein air devra faire l'objet d'un contrôle, en particulier si elle est destinée à la production d'œufs. Par contre, s'il s'agit d'animaux de batterie élevés à l'intérieur et nourris sur stocks, la contamination est improbable.

PROBLÈME : Les œufs de poules élevées en plein air devront également être analysés. La coquille risque d'être contaminée par du strontium, le jaune par de l'iode et le blanc par du césium.

Les poissons et autres animaux de la mer élevés en viviers ne devront pas être récoltés avant d'en avoir averti les autorités compétentes au niveau de l'État ou de la localité concerné et d'avoir pris des mesures pour échantillonner et analyser l'eau, le poisson et autres produits de la mer.

PROBLÈME : La contamination des viviers pose un sérieux problème pour les pêcheries en eau douce et les élevages de poissons. Le césium est très soluble dans l'eau (l'ingestion de poisson d'eau douce contenant du césium radioactif peut induire une dose d'irradiation importante). Comme la plupart des poissons élevés en viviers se nourrissent dans le fond, tout radionucléide tombé dans les sédiments risque d'être remis en suspension dans l'eau lorsque les poissons s'alimentent et sera ingéré en partie.

Les céréales pourront rester en place jusqu'à maturité puis seront récoltées. Il est probable que le broyage et le polissage élimineront toute contamination résiduelle.

PROBLÈME : Si l'incident intervient pendant la saison des récoltes, il faudra stocker séparément les grains sains et contaminés.

Le miel et les ruches devront être échantillonnés et analysés par les autorités compétentes au niveau de l'État ou de la localité en cas de détection de contamination dans la région. Les apiculteurs seront informés par ces responsables de la façon de procéder si le miel ou les ruches sont contaminés.

PROBLÈME : Aux États-Unis, les apiculteurs itinérants se déplacent à travers la région, en général au printemps. Les cultures fécondées par les abeilles sont la luzerne, la girofle et le soja. Les apiculteurs voyagent du Texas au Minnesota jusqu'à l'automne puis repartent vers le Sud. Environ 300 000 ruches sont concernées par cette migration. Les ruches ne peuvent être transportées que pendant la nuit (car les abeilles sont alors regroupées). La viande/les produits laitiers peuvent être indirectement affectés par l'intermédiaire de la luzerne⁵.

Gibier et animaux sauvages : Le public en général devra être informé que le gibier et les animaux sauvages peuvent être contaminés.

PROBLÈME : Les États et instances locales doivent bien connaître les espèces locales et faire en sorte que les chasseurs comprennent les risques potentiels liés à l'ingestion de viande contaminée.

En cas d'urgence, il est important de savoir quelles mesures de protection doivent être recommandées. Néanmoins, il est essentiel à notre avis qu'un plan d'urgence ait effectivement été mis en place pour qu'un État soit prêt à protéger avec succès la santé et la sécurité de la population. Pendant plusieurs années, le personnel du Bureau a travaillé en étroite collaboration avec les États pour mettre au point et expérimenter les plans d'urgence radiologique. Ces expériences ont débouché sur de nombreuses idées et réflexions. Voici quelques-uns des sujets qui nous semblent les plus importants.

5. Alan Marsson, America's Bee Keeper: Hives for Hire; National Geographic, Vol. 183, No 5, Washington D.C., mai 1993.

PLANIFICATION D'UN EXERCICE : Nous nous sommes aperçus que les résultats obtenus sont meilleurs si l'on s'en tient à peu près au scénario suivant :

- Une réunion a eu lieu six mois à un an avant l'exercice, avec la participation de spécialistes des compagnies d'électricité publiques de l'État, des délégués du gouvernement fédéral et d'autres États. Elle a servi à identifier et à s'entendre sur les objectifs à atteindre.
- Il a été demandé aux agences fédérales de fournir du personnel d'intervention et d'évaluation. Ceci a permis à l'État concerné de voir en pratique sur quelle aide il peut compter de la part du gouvernement fédéral.
- Les recommandations qui ont été faites ont été plutôt spécifiques que générales.
- Il était prévu d'effectuer quelques actions dans des régions situées à l'extérieur de la zone d'intervention de 16 kilomètres affectée par le passage du panache.
- La communauté agricole a reçu à la fois des messages d'information spécifiques et généraux.
- Le scénario prévu pour l'exercice comprenait l'ingestion d'activité, le retour dans la zone, le déplacement et la réinstallation de la population après la phase d'intervention urgente.
- Dans la mesure du possible, on a essayé de faire jouer un rôle actif au personnel clef après la phase d'intervention.

ALERTE ET NOTIFICATION : Même si les responsables au niveau local et des États sont très informés et ont confiance dans les recommandations mise en place sur le plan agricole, ceci ne servira à rien si ces recommandations ne sont pas transmises aux intéressés. Quelques-uns des moyens de communication envisagés aux États-Unis sont présentés ci-après :

- Le « système de diffusion des messages d'urgence » est activé par les responsables au niveau local et de l'État au cours des premières phases de l'incident. Il sert à l'information initiale du public en général, mais il peut également transmettre des messages spécifiques aux agriculteurs, industriels, distributeurs et autres intervenants du cycle de production agro-alimentaire se trouvant dans la zone d'intervention d'un rayon de 16 kilomètres.
- Les États sont par ailleurs tenus de publier et de distribuer une brochure à l'ensemble de la communauté agricole dans un rayon de 16 km autour de la centrale nucléaire industrielle. Elle donne des informations sur la situation et indique notamment les mesures recommandées pour protéger les familles, les animaux des fermes et les produits agricoles. Elle doit être disponible en quantité suffisante pour être distribuée en cas d'urgence dans l'ensemble de la zone d'intervention concernée par un risque d'ingestion (80 km).
- Réseau commun de recherche, d'éducation et de vulgarisation des États : il s'agit d'un système de courrier électronique qui transmet des informations à partir du siège du Service commun de recherche, d'éducation et de vulgarisation du Ministère de l'agriculture à Washington D.C. à destination des diverses antennes dans les différents États du pays. L'information transite des services de vulgarisation des États aux responsables des Comtés qui avertissent les milieux agricoles par la télévision, la radio, les journaux ou le téléphone.

STRATÉGIE D'ÉCHANTILLONNAGE : la mise au point d'un programme d'échantillonnage ou la définition de priorités pour les échantillonnages est un élément clef du processus de planification. Après un rejet d'activité, les responsables au niveau local ou de l'État doivent pouvoir fournir un relevé ou une carte de la contamination. Les données de site dont on dispose alors, telles que les cartes et autres documents indiquant l'utilisation du sol (par exemple laiteries, pâtures, production de fruits et légumes, usines agro-alimentaires, installations de traitement et réservoirs d'eau, barrages, canaux), permettent de définir les points d'échantillonnage. Des équipes entraînées et expérimentées sont ensuite envoyées sur le terrain pour collecter, transférer et analyser les échantillons.

AUTORISATION D'ACCÈS DES AGRICULTEURS : plusieurs États ont mis au point une politique autorisant les agriculteurs à pénétrer dans les zones évacuées pour des périodes limitées afin de soigner le bétail ou d'effectuer d'autres travaux essentiels. Une question reste en suspens, à savoir qui décontaminera les animaux et les bâtiments et quand ?

ÉVACUATION DES DÉCHETS CONTAMINÉS : Les États et les responsables locaux doivent savoir quelles instances sont compétentes et responsables pour l'assainissement et la collecte des déchets.

En janvier 1987, suite à l'accident de Tchernobyl, l'Association mondiale de la santé vétérinaire a tenu une conférence internationale à Stockholm, en Suède. L'objectif de cette table ronde était d'aider les spécialistes en hygiène alimentaire vétérinaire à se préparer à répondre convenablement et efficacement à d'éventuelles urgences radiologiques dues à des rejets accidentels d'activité. Il a été admis que ces spécialistes sont appelés à jouer un rôle essentiel dans la minimisation des conséquences d'un accident de ce type sur la santé du public en empêchant la dispersion de l'activité à travers la chaîne alimentaire animale. La conférence a eu pour thème l'hygiène alimentaire animale dans les domaines des sciences physiques, biologiques, écologiques et vétérinaires. À cette occasion, l'Association de la médecine vétérinaire américaine a appelé l'ensemble des responsables en matière de définition des mesures d'urgence à faire participer des vétérinaires à la préparation des plans de crise et d'intervention afin d'apporter au problème de la protection des aliments d'origine animale toute l'attention qui lui est due en cas d'urgence radiologique, comme c'est le cas aux États-Unis au niveau du gouvernement fédéral et de nombreux États, où les vétérinaires apportent une aide extrêmement précieuse.

- **Récupération après une urgence :** A mon sens, quatre points sont critiques et méritent une attention particulière :

Perception du public : La notion de « perception du public » a un jour été définie comme « les images que le public a dans la tête ». Les gens ont souvent une opinion toute faite sur les rayonnements. Lorsque l'on parle de « contamination radioactive », de « contamination légère » et de « voie d'exposition due au panache », il se peut que l'on contribue à entretenir le manque d'information du public. Si l'on admet que les gens réagissent la plupart du temps en fonction de ce qu'ils ressentent et non de ce qu'ils pensent, on comprend tout à fait que la peur peut souvent causer plus de mal que le danger potentiel dû à la radioactivité. L'une des questions clefs que nous commençons à poser aux responsables officiels des États est de savoir s'ils ont prévu dans leurs plans d'urgence quelqu'un de crédible et d'accrédité chargé d'expliquer au public en général pourquoi certaines mesures de protection sont prises, ce qu'est exactement la radioactivité, ce qu'elle peut faire ou ne pas faire. On a souvent constaté qu'après une urgence, les choses ne sont plus jamais comme avant. Une nouvelle norme s'établit. Un expert crédible peut contribuer à cette mise au point. Même lorsque

l'environnement est peu ou pas endommagé, une communauté peut rencontrer de sérieuses difficultés.

- **Problèmes sociaux** : Une communauté agricole peut se heurter à divers problèmes sociaux qui méritent d'être pris en compte en cas de crise grave. On trouvera ci-après quelques exemples de situations difficiles qui sont en elles-mêmes un défi et n'ont pas été suffisamment étudiées à ce jour lors d'exercices pour que leur impact potentiel soit connu.
 - retour à la maison/dans les fermes ;
 - vie dans les abris ;
 - difficultés psychologiques : stress, anxiété ;
 - conseil : coût et disponibilité effective ;
 - déplacement de populations ;
 - services sociaux ;
 - perte au niveau des loisirs fermeture des parcs locaux, régionaux ou nationaux ;
 - environnement – contamination des circuits d'approvisionnement ;
 - impact médical/coût ;
 - restrictions au niveau des déplacements (voiture, train, avion) ;
 - perte d'objets à valeur sentimentale ;
 - retour à la normale possible uniquement à long terme.

- **Problèmes politiques** : Les problèmes politiques susceptibles de se poser sont multiples et variés et peuvent être fortement influencés par la perception et la réaction du public. Les décisions peuvent être prises plus sous le coup de l'émotion qu'en vertu de critères objectifs et scientifiques. Les pressions et contraintes qui ne doivent normalement pas entrer en compte dans le processus de prise de décision deviennent brusquement des problèmes à part entière. S'ils ne sont pas soigneusement réglés, ils peuvent avoir les conséquences suivantes :

- perte de confiance du public (désinformation) ;
- perte des élections ;
- perte de réputation ;
- procès pour prise de décision mauvaise ;
- processus de prise de décision mal perçu par le public (manque de coordination entre les États concernés, les Comtés et les responsables locaux des plans de crise) ;
- blocage de la prise de décision et ralentissement du retour à la normale.

Ces conséquences affecteront sans doute tous les niveaux de prise de décision.

- **Problèmes économiques** : Dès que l'on commence à penser « économie », le premier mot qui nous vient à l'esprit est celui « d'argent », ou plus exactement, de « perte de profit ». Après une situation d'urgence, la perception du public peut avoir un effet considérable sur l'économie de la région concernée. Certaines inquiétudes sont souvent fondées, d'autres correspondent à des préoccupations égoïstes et beaucoup sont dues à la peur et au manque d'information. Les résultats peuvent être désastreux. Les problèmes évoqués ci-dessous risquent d'avoir des conséquences graves pour l'agriculture :

- perte des récoltes ou des cultures ainsi que du cheptel de reproduction ;
- coûts de mise en quarantaine et d'embargo ;

- perte de zones de loisirs ;
- coûts d'évacuation et d'assainissement ;
- logement temporaire ;
- déclin des affaires pour les producteurs, distributeurs, industries de traitement, fournisseurs, fabricants d'aliments pour les animaux, pétrole, équipement ;
- pertes au niveau touristique ;
- perte d'emplois ;
- perte d'équipement agricole ;
- banqueroutes ;
- pertes commerciales dans et entre les États et à l'international ;
- coût d'approvisionnement en aliments de substitution pour les animaux ;
- zone de sécurité, acceptation par le public ;
- assistance médicale et vétérinaire ;
- dépréciation des fermes et habitations.

La réaction du public et les problèmes sociaux, politiques et économiques qui y sont associés constituent un défi majeur aux responsables des plans d'urgence. Ce sont des questions épineuses qui demandent un énorme travail de réflexion et de planification pour que leur effet négatif puisse être minimisé en cas d'urgence radiologique.

**NORMES ET CRITÈRES ÉTABLIS PAR LES ORGANISATIONS INTERNATIONALES
CONCERNANT LES ASPECTS AGRICOLES DES SITUATIONS
D'URGENCE RADIOLOGIQUE**

par

J.I. Richards, R.J. Hance
Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

et

M.J. Crick
Agence internationale de l'énergie atomique

1. Introduction

Au cours des 35 dernières années, trois accidents nucléaires majeurs survenus à Windscale (Royaume-Uni) en 1957, à Kyshtym (ex-URSS) en 1957 et à Tchernobyl (ex-URSS) en 1986 ont causé de l'inquiétude et ont conduit à prendre des mesures de protection agricoles.

D'autres accidents ont été à l'origine d'une contamination agricole en Espagne, à Palomares, où un avion transportant des armes nucléaires s'est écrasé en 1986 et au Canada, suite à l'incendie du satellite à propulsion atomique Cosmos 954 lors de sa rentrée dans l'atmosphère en 1987. Par conséquent, malgré les progrès réalisés dans le domaine de la sûreté des centrales nucléaires et l'amélioration des procédures mises en oeuvre, il est impossible d'affirmer qu'aucun autre accident entraînant un dépôt de substances radioactives dans l'environnement ne se produira dans le futur.

Comme les installations nucléaires ne sont en général pas implantées dans des zones très peuplées, elles se trouvent habituellement dans un environnement rural, sinon agricole. L'accident de Tchernobyl a montré que les pratiques agricoles peuvent être affectées sur des centaines, voire des milliers de kilomètres du site de l'accident. Des plans d'urgence doivent donc être mis en place afin de pouvoir déclencher des contre-mesures visant à réduire la contamination des produits agricoles, même dans les pays n'ayant pas d'installations ou de programmes nucléaires propres.

Les principaux objectifs à prendre en compte par les instances gouvernementales (du niveau central au niveau local) lors de l'élaboration d'une stratégie de contre-mesures agricoles sont les suivants :

- définir des niveaux d'intervention à l'échelle nationale (ou locale) pour les denrées alimentaires (et aliments pour le bétail) ainsi que des seuils maximums admissibles pour les aliments faisant l'objet d'un commerce, sur la base des recommandations internationales ;
- protéger la santé de l'homme en réduisant la contamination radioactive des produits agricoles ;

- définir les contre-mesures à appliquer avant et pendant les retombées, puis à moyen et à long termes ;
- retrouver dès que possible une utilisation normale du sol ;
- faire en sorte que les dispositions prises soient en rapport avec les mesures de protection sanitaire et les coûts, et qu'elles compensent les perturbations induites au niveau de la vie de tous les jours et du bien-être de la population ;
- prendre en compte la contamination de l'environnement en général (en particulier des forêts et plans d'eau) et ses effets sur l'agriculture.

L'un des principaux points de repère utilisé pour mettre au point une stratégie adéquate est la dose d'irradiation ou le niveau de contamination à partir duquel une intervention est conseillée. Cet exposé traite essentiellement des recommandations émises au niveau international en matière de niveaux d'intervention.

2. **Élaboration de critères et de niveaux d'intervention**

Suite notamment à l'accident de Tchernobyl, la communauté internationale a mis au point des directives visant à aider les autorités nationales compétentes à définir des principes fondamentaux d'intervention [1]. C'est ainsi que la Commission des Communautés Européennes (CCE) a émis un rapport en 1986 sur les niveaux d'intervention dérivés de référence pour les denrées alimentaires les plus courantes [2]. Cette même année, l'AIEA a publié sa « Collection de sécurité » N° 81 concernant les principes, procédures et données nécessaires à l'établissement des niveaux de dose, appelés niveaux d'intervention dérivés (ND), à partir desquels des mesures de protection appropriées sont considérées comme nécessaires [3]. Toujours en 1986, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) a demandé à un groupe d'experts d'émettre des recommandations relatives aux limites de contamination des aliments par des radionucléides [4]. En 1988, plusieurs documents ont été publiés : la « Version révisée des recommandations sur les principes relatifs à l'établissement de niveaux d'intervention pour la protection du public dans le cas d'un accident nucléaire ou d'une urgence radiologique » de l'AIEA [6], les « Niveaux calculés d'intervention pour les radionucléides dans les denrées alimentaires » de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) [5], et les « Sources, effets et risques des rayonnements ionisants » [7] du Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation). Enfin, en 1989, l'Agence pour l'Énergie Nucléaire (AEN) de l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE) a défini des niveaux d'intervention pour la protection de la population [9].

Malgré ces efforts, des écarts ont subsisté quant à l'application des principes et guides d'intervention. En conséquence, certaines des mesures de protection prises ont pu, dans des cas extrêmes et contrairement à ce qui était prévu, aller à l'encontre du bien être de la population et de la qualité de l'environnement. Dans d'autres cas, les actions entreprises ont abouti à un gaspillage des ressources nationales. Par ailleurs, l'accident de Tchernobyl ayant eu un impact radiologique au-delà des frontières du pays, plusieurs événements à déplorer ont eu pour origine des réactions nationales contradictoires.

En particulier, l'accident de Tchernobyl a souligné la nécessité de disposer d'un ensemble de niveaux d'intervention simple et cohérent pouvant avoir une application générique sur le plan international et susceptible également d'améliorer la confiance du public dans les autorités chargées de gérer les conséquences d'un accident. Comme de nombreux pays ne possèdent pas d'installations

nucléaires propres et n'ont par conséquent pas de plan d'urgence détaillé, un dispositif simple et mondialement reconnu les aiderait en cas de rejets transfrontières.

Pour l'élaboration des présentes directives, on a consulté les nouvelles Recommandations de la Commission Internationale de Protection Radiologique (1991) [10], les dispositions du Codex Alimentarius de la FAO/OMS sur les « Limites indicatives pour les radionucléides dans les aliments à la suite d'une contamination nucléaire accidentelle » (1991) [11], ainsi que les conclusions et recommandations du Projet International Tchernobyl concernant l'étude des conséquences radiologiques et l'évaluation des mesures préventives (1991) [12]. Il convient de noter par ailleurs que l'Organisation mondiale du commerce nouvellement créée s'appuiera sur les niveaux indiqués dans le Codex Alimentarius de la FAO/OMS pour tous les contaminants, y compris les radionucléides, présents dans les produits alimentaires circulant au niveau international.

Compte tenu de la nécessité de parvenir à un consensus international sur les valeurs à retenir pour ces niveaux d'intervention génériques, un Groupe consultatif de l'AIEA a fait des propositions publiées dans le document technique (IAEA-TECDOC-698) d'avril 1993, intitulé « Niveaux radiologiques » [17]. Ce rapport provisoire a été transmis pour commentaires aux 124 Etats membres de l'AIEA ainsi qu'aux organisations internationales concernées. Suite aux nombreux commentaires reçus, le texte et les valeurs indiquées dans ce document ont été modifiés lors d'une réunion du Comité technique de l'AIEA sur les interventions en cas d'accidents. Les résultats en sont consignés dans la Collection de sécurité N° 109 [19], qui représente un compromis international sur les principes d'intervention et les valeurs des niveaux d'intervention génériques.

Les recommandations faites dans ces directives de sûreté ont servi de base aux normes et valeurs guides liées aux interventions et figurant dans les normes de sûreté fondamentale internationales sur la protection contre les rayonnements ionisants et la sûreté des sources d'irradiation [20] de la FAO, de l'AIEA, de l'Organisation internationale du travail (OIT), de l'AEN/OCDE, de l'Organisation panaméricaine pour la santé (PAHO) et de l'OMS.

A partir de ces recommandations, l'AIEA et la FAO ont publié en 1994 des directives communes issues de leur travail sur les mesures à prendre au niveau agricole suite à un rejet accidentel d'activité [17].

3. **Concepts et critères pour le choix de contre-mesures efficaces et appropriées**

3.1 **Importance de la planification et de l'intervention**

En cas d'accident nucléaire, l'efficacité des mesures visant à protéger le secteur agricole (personnes, sol, cultures et bétail) dépendra de l'adéquation des plans d'urgence préparés à l'avance. Ceux-ci sont conçus pour permettre une réaction particulièrement rapide. Même après l'urgence immédiate, le fait d'avoir défini à l'avance des critères pour les actions à plus long terme contribuera à ce que le public ne perde pas confiance dans la compétence et l'intégrité des autorités. Ces critères d'intervention se fondent essentiellement sur des principes de radioprotection.

3.2. Gestion des accidents

Il existe deux phases pour lesquelles une optimisation des mesures de protection doit être envisagée :

- Au cours de la phase de planification et de préparation précédant l'accident, une optimisation *générique* des actions de protection doit être prévue sur la base du calcul d'un scénario d'accident *générique*. Ceci permettra d'obtenir, pour chaque disposition et chacun des scénarii choisis, un niveau d'intervention *générique* optimum qui est considéré comme le premier critère d'action à utiliser immédiatement et peu de temps après un accident.
- Un peu après le début d'un accident réel, on peut s'attendre à pouvoir disposer d'informations spécifiques sur sa nature, ses conséquences et son évolution éventuelles. Dans ce cas, une étude d'optimisation spécifique plus précise devra être effectuée à partir des données et de l'efficacité réelles des contre-mesures. On obtiendra alors un niveau d'intervention spécifique pour chaque mesure de protection qui servira de critère à moyen et court termes. Toutefois, l'optimisation se heurtera souvent à des contraintes socio-politiques et il sera alors difficile de modifier les niveaux d'intervention génériques, sauf raisons majeures.

3.3. Mesures de protection

En ce qui concerne la protection contre les effets déterministes et stochastiques sur la santé de l'exposition aux rayonnements, trois grands principes se dégagent qui semblent être à peu près universellement acceptés.

- Tout doit être fait pour empêcher les effets déterministes graves sur la santé.
- Toute intervention doit être justifiée, c'est-à-dire doit apporter plus de bienfaits que de désagréments.
- Les seuils à partir desquels une action est déclenchée ou interrompue doivent être optimisés de sorte à tirer le maximum de profit d'une mesure de protection.

Dans la pratique, les contre-mesures agricoles concernent en règle générale les effets stochastiques sur la santé de la population, même si l'impact plus immédiat de la radio exposition sur le monde animal et végétal doit être pris en compte.

L'éventail d'actions dont on dispose pour empêcher ou limiter les doses d'irradiation par les voies d'exposition concernées (voir figure 1) sont présentées dans le tableau 1. Les risques, difficultés, perturbations et coûts financiers associés à chacune de ces mesures sont très variables et dépendent de plusieurs paramètres comme l'emplacement du site et les conditions météorologiques au moment de l'accident. Ne sont considérées en général que les dispositions essentielles telles que : mise sous abri, réinstallation des populations, mesures de restriction, décontamination, traitement et surveillance des sols et des aliments.

Figure 4. Voies d'exposition de l'homme

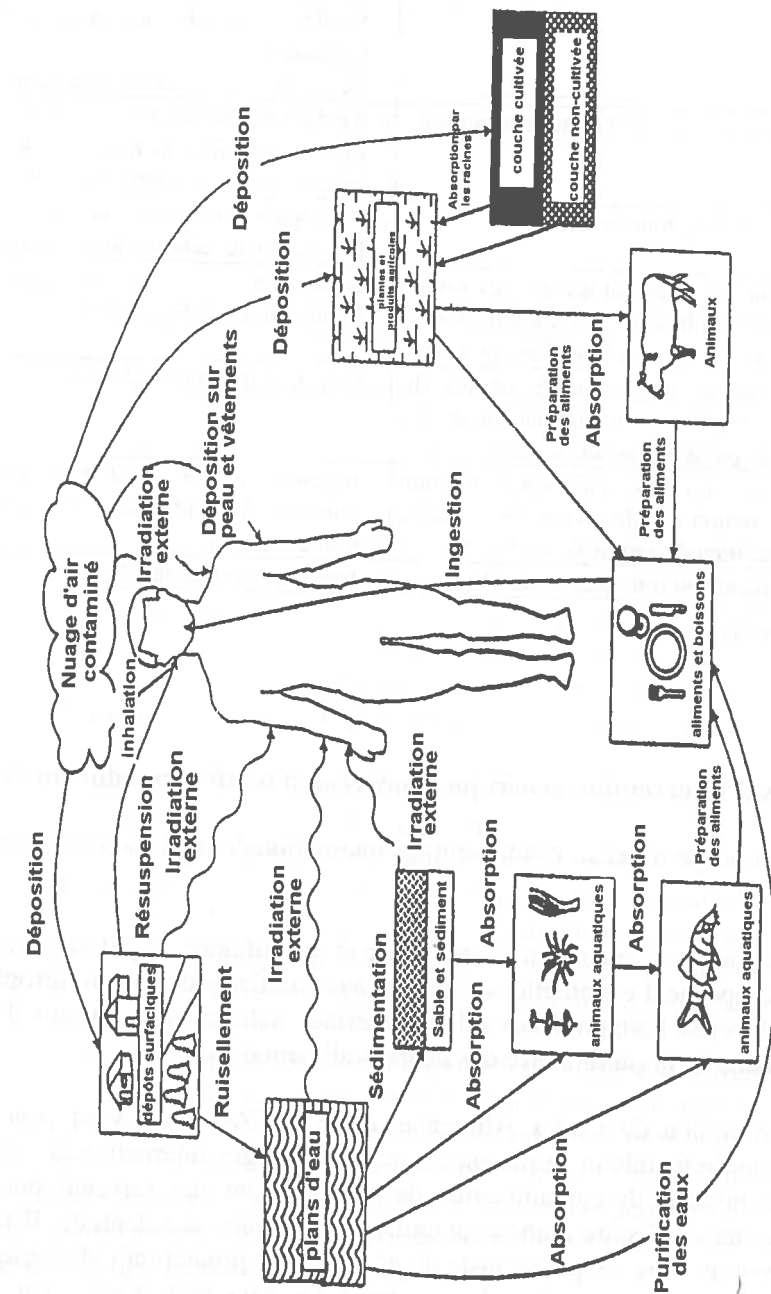


Tableau 1. Mesures de protection visant à empêcher la radioexposition par les différentes voies de transfert

Mesures de protection	Principales voies d'exposition
Mise sous abri ^{1,2}	Irradiation externe due à l'installation, au panache et aux dépôts sur le sol Inhalation de substances radioactives véhiculées par le panache Dépôt sur la peau et les vêtements
Déplacement provisoire ^{1,2} et réinstallation définitive ¹	Irradiation externe due aux dépôts sur le sol Ingestion d'aliments et d'eau contaminés Inhalation de radionucléides remis en suspension
Restriction d'accès dans la zone contaminée ^{1,2}	Irradiation externe due aux dépôts sur le sol Inhalation de radionucléides remis en suspension
Décontamination du sol ³ , des bâtiments, des routes et des véhicules et élimination des radionucléides présents sur le sol par raclage ou labourage profond	Irradiation externe due aux dépôts sur le sol Inhalation de radionucléides remis en suspension
Restrictions alimentaires (par exemple rentrée du bétail se trouvant en pâture) ou remplacement des aliments contaminés par des produits « sains » ³	Ingestion de radionucléides
Traitement avec des produits chimiques limitant l'absorption des radionucléides (par ex. chaux, engrais à base de K, bleu de Prusse) ^{1,2,3}	Ingestion par le bétail de boucherie et les vaches laitières de radionucléides avec le fourrage et l'alimentation
Traitement des aliments ou retrait de la vente ¹	Ingestion de radionucléides

1. consommation humaine
2. bétail
3. sol

4. Niveaux d'intervention génériques concernant les denrées alimentaires

L'utilisation de niveaux d'intervention internationalement reconnus présente de nombreux avantages :

- 1) elle contribue à maintenir la crédibilité et la confiance du public envers les autorités ;
- 2) elle empêche d'éventuelles anomalies aux frontières de pays limitrophes ;
- 3) elle favorise l'adoption des valeurs internationales comme niveaux d'intervention dans le domaine de la surveillance des denrées alimentaires.

La Commission du Codex Alimentarius de la FAO/OMS s'est penchée sur les normes internationales afin de maintenir le niveau élevé des échanges internationaux en matière de denrées alimentaires. Des niveaux de contamination de référence ont été convenus pour les denrées objets d'un échange international suite à une contamination nucléaire accidentelle. Il faut reconnaître qu'il s'agit d'un compromis entre ce qui est juste du point de vue protection radiologique (et donnerait lieu à des valeurs plus élevées) et le désir bien naturel des pays non affectés par un accident d'éviter d'importer des produits même faiblement contaminés, voire en dessous du niveau atteint du fait du rayonnement naturel. Ces valeurs figurent dans le tableau 2.

Tableau 2. Niveaux génériques d'intervention recommandés pour le retrait de la vente des denrées alimentaires dans le cas où des produits de substitution sont disponibles

Aliments destinés à une consommation générale		
Dose d'incorporation unitaire (Sv/Bq)	Radionucléides représentatifs	Niveau kBq/kg
10 ⁻⁶	Am-241, Pu-239	0.01
10 ⁻⁷	Sr-90	0.1
10 ⁻⁸	I-131, Cs-134, Cs-137	1
Lait et aliments pour les nourrissons		
10 ⁻⁶	Am-241, Pu-239	0.001
10 ⁻⁷	Sr-90, I-131	0.1
10 ⁻⁸	Cs-134, Cs-137	1

Notes:

Les niveaux d'intervention génériques sont exprimés en kBq/kg pour refléter leur moindre niveau de précision. Ces seuils sont valables lorsque des produits de remplacement sont disponibles. S'ils sont peu abondants, des valeurs plus élevées pourront être utilisées. Ils s'appliquent à des aliments prêts à être consommés et il serait trop restrictif de vouloir les utiliser pour des produits secs ou concentrés destinés à être dilués ou reconstitués. Les niveaux indiqués dans le Codex Alimentarius restent valables pendant une durée de un an après un accident nucléaire.

Comme les niveaux proposés ont été élaborés sur la base d'hypothèses très majorantes, il est inutile d'ajouter la part due à chacun des trois groupes de radionucléides. Chacun doit être traité séparément. Néanmoins, si plusieurs radionucléides sont présents, il faudra additionner les contributions des différents radionucléides responsables d'une contamination accidentelle au sein d'un même groupe. A titre d'exemple, en cas d'accident dans un réacteur, les aliments peuvent être contaminés en ¹³⁴Cs et ¹³⁷Cs et la valeur de 1kBq/kg indiquée correspond à la somme de l'activité de ces deux éléments.

La FAO et l'OMS ont attiré l'attention sur certaines catégories d'aliments consommés en petites quantités. Certains d'entre eux, contaminés suite à l'accident de Tchernobyl, contenaient de très grandes quantités de radioéléments. Comme ils ne représentent normalement qu'une infime proportion du régime total et ne contribuent donc que très faiblement à la dose cumulée, l'application des niveaux indiqués dans la directive risquerait d'être inutilement restrictif. La FAO et l'OMS savent par ailleurs que la politique à l'égard de ce type d'aliments est en train d'évoluer dans différents pays.

Les niveaux d'intervention génériques sont exprimés sous forme d'activité volumique d'un radionucléide donné (ou groupe de radionucléides) dans l'aliment considéré (par ex. Bq/kg, Bq/L) et les mesures prises visent normalement à rester en deçà de ces valeurs. Ces niveaux ont également été choisis à partir de fourchettes de niveaux d'intervention optimisés, correspondant soit à l'évacuation ou au remplacement des denrées alimentaires, soit à la substitution des aliments pour le bétail par du fourrage sain (tableau 3), tout en prenant en compte la radio toxicité des divers radionucléides, la nature des aliments et le coût des mesures agricoles simples.

Les valeurs figurant dans le tableau 2 correspondent à proprement parler à des niveaux d'intervention car ils ne sont pas associés à des mesures spécifiques et ne sont pas quantifiables. La cohérence et la simplicité de mise en oeuvre ainsi que la compatibilité avec les directives de la Commission du Codex Alimentarius ont été des éléments importants pour le choix des valeurs spécifiques.

Tableau 3. Niveaux d'intervention optimisés pour les denrées alimentaires

Groupe de radionucléides (e(50))	Niveau d'intervention optimisé (Bq/kg)			
	Spécifique à l'évacuation des aliments		Spécifique au remplacement par du fourrage sain	
	Catégorie d'aliments 1	Catégorie d'aliments 2	Lait	Viande
Groupe 1 (10 ⁻⁸ Sv/Bq)	≅ entre mille et dix mille	≅ entre dix mille et cent mille	entre environ une centaine et un millier	Cs-137 entre quelques centaines et plusieurs milliers I-131 entre une centaine et un millier
Groupe 2 (10 ⁻⁷ Sv/Bq)	Entre une centaine et un millier	Entre un millier et une dizaine de milliers	Entre une dizaine et une centaine	Sr-90 Plusieurs centaines à plusieurs milliers
Groupe 3 (10 ⁻⁶ Sv/Bq)	Entre une dizaine et une centaine	Entre une centaine et un millier	Entre un et dix	Pu-239 Quelques centaines à quelques milliers

5. Niveaux d'intervention spécifiques

Il faut admettre que les circonstances de l'accident, les conditions propres au site ainsi que des considérations d'ordre politique peuvent amener à retenir des niveaux différents, voire situés en dehors des fourchettes. Un assouplissement par rapport aux niveaux d'intervention préconisés peut s'avérer nécessaire en particulier lorsque le nombre de personnes et la superficie concernés par une mesure de protection deviennent extrêmement importants, que le coût des moyens à mettre en oeuvre et le bouleversement social impliqué ont tendance à devenir supérieurs aux moyens dont le pays dispose. Inversement, lorsque les effectifs et la superficie susceptibles d'être affectés sont très petits, les coûts supplémentaires nécessaires pour gagner la confiance du public sont plus facilement absorbés par la collectivité.

Dans la pratique, les niveaux d'intervention spécifiques utilisés dans les pays de la CEI diffèrent des niveaux génériques (tableau 4). C'est la raison pour laquelle les autorités nationales et locales pensent qu'il serait bon d'abaisser les niveaux d'intervention relatifs aux denrées alimentaires par rapport aux directives génériques compte tenu de la contribution supplémentaire que représente l'exposition externe comparée à la dose totale dans certaines localités. L'impact global sur l'agriculture est variable. D'une part, le lait et la viande peuvent être considérés comme plus contaminés que nécessaire et susciter une certaine inquiétude chez les consommateurs proches et lointains. D'autre part, les producteurs sont assurés de recevoir des subventions pendant plus longtemps si leur lait et leur viande dépassent les niveaux temporaires admissibles.

6. Activités futures

Il faudra que les autorités définissent des niveaux de référence secondaires (appelés « niveaux d'intervention opérationnels ») pour les aliments pour le bétail et les pâtures utilisées en temps normal. Ces quantités devront être exprimées dans les unités appropriées (par exemple Bq/kg).

Tableau 4. Niveaux d'intervention spécifiques (ou niveaux temporaires admissibles) actuellement utilisés dans des régions contaminées¹ de la CEI (1995) pour les interdictions alimentaires

	Teneur du lait en ¹³⁷ Cs Bq/L	Teneur de la viande en ¹³⁷ Cs Bq/L
Bélarus	111 ²	600
Ukraine	370	740
Fédération de Russie	370	740

1. Zones où le dépôt de ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr et ²³⁹Pu dépasse encore respectivement 1, 0.15 et 0.01 Ci/km².
2. Des niveaux plus faibles sont utilisés dans certains districts contaminés (comme la région de Gomel qui prend 37 Bq/L pour le lait et 370 Bq/kg pour la viande).

Un éventail de mesures agricoles est actuellement disponible pour réduire l'impact du radio césium sur la chaîne alimentaire. Ceci n'est pas le cas pour le strontium radioactif. Des travaux de recherche importants sont nécessaires en laboratoire et sur le terrain pour ce contaminant majeur. L'accident de Tchernobyl constitue un laboratoire in situ et fournit donc une opportunité à ne pas manquer.

Il existe par ailleurs des valeurs permettant de prédire le transfert des radionucléides entre le sol et les plantes pour les régions tempérées [18], mais pas pour les climats plus chauds et subtropicaux. Comme plus de 30 centrales nucléaires sont situées dans cette zone, l'AIEA a récemment lancé un programme de recherche conjoint visant à prévoir le transfert des radionucléides dans des conditions tropicales.

L'AIEA, conjointement avec la FAO, continue de promouvoir des mesures de protection agricoles ainsi que d'autres activités liées à Tchernobyl dans les pays de la CEI. Ceci comprend la supervision de projets de coopération technique et des programmes de recherche conjoints ainsi que la publication des documents techniques intéressants (Tableau 5).

Bien que les effets de l'accident de Tchernobyl sur la santé et l'environnement aient fait l'objet d'amples études scientifiques, les avis divergent encore beaucoup pour ce qui est de ses conséquences radiologiques. Dix ans après l'accident, une conférence internationale patronnée à la fois par la Commission européenne (CE), l'Agence internationale de l'énergie nucléaire (AIEA) et l'Organisation mondiale de la santé (OMS) sera organisée du 8 au 12 avril 1996 et cherchera une interprétation commune et définitive sur la nature et l'ampleur des conséquences radiologiques de l'accident. Cette conférence intitulée : « Dix ans après Tchernobyl : aperçu de l'impact radiologique de l'accident » sera organisée en coopération avec les Nations Unies, et notamment son service des affaires humanitaires (UNDHA), l'UNESCO et l'UNEP (Programme des Nations Unies pour l'environnement), l'AEN/OCDE et la FAO.

Tableau 5. Publications concernant les mesures agricoles et les autres activités liées à Tchernobyl dans la Communauté des États indépendants

Type d'activité	Pays	Nom du projet	Durée	Budget
Coopération technique	Bélarus	Culture de graines de colza sur des sols contaminés par des radionucléides	2 ans en continu	600 K en équipements, prestations d'experts et formation
	Bélarus	ii) Migration des radionucléides dans les sols contaminés	2 ans	
	Bélarus	iii) Création de procédures réglementaires et de laboratoires standards	2 ans en continu	
	Ukraine	iv) Réduction des radionucléides dans l'alimentation et l'environnement	2 ans	
Programmes coordonnés de recherche	Pays tropicaux et subtropicaux	i) Transfert des radionucléides présents dans l'air, le sol et l'eau vers la chaîne alimentaire humaine dans les environnements tropicaux et subtropicaux	1993-1997	150 K
	S.E. asiatique	ii) Efficacité des mesures visant à réduire l'absorption des radionucléides vis-à-vis des cultures tropicales	1996-1999	150 K (à confirmer)
	Europe et CEI	iii) Méthodes visant à réduire l'absorption de ⁹⁰ Sr par les animaux consommant du fourrage contaminé	1996-1999	150 K (à confirmer)
Publications	CEI	i) Document technique FAO/AIEA sur l'utilisation d'agents de fixation du césium visant à réduire la contamination des produits agricoles par cet élément dans les territoires d'Ukraine, de Bélarus et de Russie (résultats d'un projet des NU d'une durée de 5 ans patronné par le gouvernement norvégien (150 K US\$), avec la participation de 6 instituts de la CEI, de Norvège et du R.U.)	1995	20 K

RÉFÉRENCES

1. Agence internationale de l'énergie atomique, Principes relatifs à l'établissement de niveaux d'intervention pour la protection du public dans le cas d'un accident nucléaire ou d'une urgence radiologique, Collection sécurité N° 72, AIEA, Vienne (1985).
2. Commission des Communautés Européennes, Niveaux d'intervention dérivés de référence dans les denrées alimentaires courantes, Rapport du groupe d'experts établi selon l'article 31 du traité Euratom, CCE, Bruxelles, 29 Juillet 1986.
3. Agence internationale de l'énergie atomique, Niveaux d'intervention dérivés pour la limitation des doses au public dans le cas d'un accident nucléaire ou d'une urgence radiologique, Collection sécurité N° 81, AIEA, Vienne (1986).
4. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rapport de la consultation des experts sur les limites recommandées en cas de contamination des aliments par des radionucléides, Rome, 1 au 5 décembre 1986, FAO, Rome (1987).
5. Organisation mondiale de la santé, Niveaux calculés d'intervention pour les radionucléides dans les denrées alimentaires, OMS, Genève (1988). Agence Internationale de l'Énergie Atomique, *Revised Guidance on the Principles for Establishing Intervention Levels for the Protection of the Public in the Event of a Nuclear Accident or Radiological Emergency*, IAEA-TECDOC-473, Vienna (1988).
6. Nations Unies, Sources et effets des rayonnements ionisants (rapport à l'assemblée générale), Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR), UN, New York (1988).
7. Groupe Consultatif Commun AIEA/OMS/OIT/AEN sur la *Révision des Normes Fondamentales de Radioprotection*, Vienne 1989, Vol.2, AIEA, Vienne (1990). Agence pour l'Énergie Nucléaire de l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques, *Protection de la Population en cas d'Accident Nucléaire : la Conception des Interventions*, OCDE/AEN, Paris (1990).
8. Commission internationale de protection radiologique, 1990 *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, Publication No. 60, Annales of the ICRP 21 1-3, Pergamon Press, Oxford et New York (1991).
9. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture/Organisation Mondiale de la Santé, Codex Alimentarius, Dispositions générales, Section 6.1. *Limites indicatives pour les radionucléides dans les aliments, applicables dans le commerce international à la suite d'une contamination nucléaire accidentelle*. Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires. FAO, Rome, 1992.
10. International Advisory Committee, The International Chernobyl Project: Assessment of Radiological Consequences and Evaluation of Protective Measures, Technical Report, Section G, AIEA, Vienne (1991).
11. Agence internationale de l'énergie atomique, *Modelling of Resuspension, Seasonality and Losses during Food Processing*, First report of the VAMP Terrestrial Working Group, IAEA-TECDOC-647, AIEA, Vienne (1992).
12. Howard, B.J., Desmet, G. (Eds), *Relative Effectiveness of Agricultural Countermeasure Techniques (REACT)*, Proceedings, CEC Workshop, Sci. Total Environ. 137 1-3 (1993).

13. Commission internationale de protection radiologique, *Principles for Intervention for Protection of the Public in a Radiological Emergency*, Publication No. 63, Pergamon Press, Oxford et New York (1993).
14. Agence internationale de l'énergie atomique, *Generic Intervention Levels for Protecting the Public in the Event of a Nuclear Accident or Radiological Emergency*, Interim Report, IAEA-TECDOC-698, Vienne (1993).
15. Agence internationale de l'énergie atomique/Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, *Guidelines for Agricultural Countermeasures Following an Accidental Release of Radionuclides*, Technical Reports Series No. 363, IAEA, Vienne (1994).
16. Agence internationale de l'énergie atomique, *Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Temperate Environments*, produced in collaboration with the International Union of Radioecologists, Technical Reports Series No. 364, AIEA, Vienne (1994).
17. Agence internationale de l'énergie atomique, *Intervention Criteria in a Nuclear or Radiation Emergency*, Safety Series No. 109, AIEA, Vienne (1994).
18. Joint Secretariat for the Basic Safety Standards, *International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources*, jointly sponsored by the Food and Agriculture Organization of the United Nations, the International Atomic Energy Agency, the International Labour Organisation, the Nuclear Energy Agency of the Organisation for Economic Co-operation and Development, the Pan American Health Organization and the World Health Organization, AIEA, Vienne (à paraître).

SÉANCE II

ÉVALUATION ET GESTION DES QUESTIONS AGRICOLES

Président de séance : Frances FRY, Royaume-Uni

**DIFFICULTÉS SUSCEPTIBLES D'ÊTRE LIÉES À LA MISE EN PLACE
D'UNE STRATÉGIE DE RESTRICTION ALIMENTAIRE DANS
LES PHASES INITIALES D'UNE SITUATION D'URGENCE**

par

**Paul Naylor
Royaume-Uni**

Introduction

En cas d'accident nucléaire majeur, le Ministère de l'agriculture, des pêches et de l'alimentation (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, MAFF), en vertu de son rôle vis-à-vis du consommateur, est tenu de protéger la population contre les rayonnements reçus via la chaîne alimentaire. Ses objectifs sont les suivants :

1. empêcher une exposition inacceptable du public à des denrées alimentaires contaminées,
2. veiller à son approvisionnement avec des produits de remplacement, si nécessaire,
3. fournir des conseils pour l'évacuation et l'élimination des produits contaminés dans des conditions sûres,
4. minimiser les effets de l'accident sur l'agriculture, la pêche et l'industrie agro-alimentaire, conformément au besoin essentiel de protéger la santé de l'homme.

Cet exposé ne concerne que le premier objectif, qui sera atteint par le biais de mesures d'urgence en empêchant l'approvisionnement et le transport de denrées contaminées en provenance de la zone affectée, conformément à la loi sur l'hygiène alimentaire et la protection de l'environnement de 1985 (Food and Environment Protection Act, 1985, FEPA). Ces restrictions sont choisies par référence aux niveaux maximums admissibles de radionucléides dans les aliments émis par l'Union Européenne, et qui s'appliqueront à l'avenir aux situations accidentelles.

En cas d'urgence, les diverses entités du MAFF joueront chacune un rôle spécifique. Selon les dispositions actuelles, la Division politique est responsable de la stratégie globale du Ministère et des décisions en matière de restrictions alimentaires conformément à la FEPA, alors que le bureau régional concerné du MAFF est chargé de coordonner les interventions au niveau local. Les chercheurs de l'Unité de sûreté alimentaire radiologique, (Food Safety (Radiation) Unit FSRU) doivent collecter les informations sur l'accident pour déterminer ses effets éventuels sur l'alimentation et l'agriculture. Leur rôle consiste en premier lieu à étudier si des restrictions alimentaires sont nécessaires et, auquel cas, sur quelle superficie elles doivent s'appliquer, pour ensuite émettre des avis efficaces à l'usage de la Division politique et du Bureau régional concerné.

Formulation de conseils par la FSRU

Les premières prévisions concernant l'étendue de la contamination devront se fonder sur les données météorologiques générales ainsi que sur les estimations réalisées par les exploitants du site concernant l'importance et la nature du rejet. On peut également disposer de simples mesures de la concentration d'activité dans l'air à proximité du site ou des débits de doses. Parallèlement à ces

prévisions initiales, une stratégie de surveillance doit être mise en place. Le but des prédictions est avant tout de rentabiliser au maximum les outils de surveillance, qui peuvent être en nombre limité. Dès que l'on dispose de mesures de l'activité déposée, l'étendue de la contamination peut être prévue avec davantage de précision. Le processus mis en jeu risque d'être itératif, les résultats des mesures étant continuellement réinjectés pour affiner la stratégie de surveillance. Il est important de ne pas perdre de temps par un excès de prélèvements dans les régions gravement ou trop peu contaminées. Autrement dit, les efforts doivent se concentrer dans la zone d'incertitude.

Obstacles éventuels à la formulation de conseils efficaces

Il faut tenir compte de deux impératifs contradictoires, à savoir disposer de conseils précis, complets, clairs et raisonnablement prudents (sans toutefois l'être excessivement) et d'autre part, agir rapidement. On examinera ci-après quels sont les obstacles éventuels à surmonter pour atteindre cet objectif et comment on peut les contourner.

Les moyens de surveillance seront concentrés dans les zones situées à proximité du site de l'accident et pouvant représenter un risque immédiat pour la santé du public. D'après les études réalisées sur les scénarii d'accidents potentiels, la région qui peut faire l'objet de restrictions alimentaires est beaucoup plus étendue que celle concernée par d'autres mesures. Les rejets d'activité à grande échelle prévus dans les exercices d'urgence conduisent généralement à la décision d'évacuer le public sur un rayon de 1 kilomètre autour du site et à interdire le lait sur quelques dizaines de kilomètres. La surveillance initiale réalisée entre autres par les exploitants portera sur les zones proches du site. Ces mesures devront servir à extrapoler les niveaux de contamination à des distances beaucoup plus importantes du site afin de fournir une première idée de la zone pouvant être concernée par des restrictions alimentaires. Pour minimiser ces problèmes, il est important que tous les exploitants connaissent bien les besoins du MAFF. On y parvient par différents niveaux de liaison, notamment lors de la préparation, de la réalisation et de l'analyse des résultats des exercices d'urgence nationaux. Il faut par ailleurs que le ministère dispose de ses propres moyens de mesure. Des échantillons d'herbe (destinés à estimer le dépôt total d'activité) et de cultures seront collectés par les antennes régionales du ministère et analysés dans les laboratoires du MAFF, ceux des universités situées à proximité ou ceux des centres de recherche ayant la qualification nécessaire. On s'appuiera également sur les résultats des mesures effectuées par d'autres organismes.

Les modèles de dispersion atmosphérique peuvent ne pas s'avérer fiables après comparaison avec les rejets et les conditions de dispersion réels. Des modèles de dispersion atmosphérique seront utilisés pour calculer les niveaux de contamination lointains à partir des mesures effectuées à proximité du site. Les changements de direction du vent, surtout s'ils sont associés à un rejet prolongé, peuvent étaler le panache sur une grande distance dont on ne peut rendre compte avec précision au moyen d'un simple modèle de dispersion. La zone de dépôt de substances radioactives suite à l'incendie survenu à Windscale en 1957 illustre bien ce phénomène. La variabilité du terrain, la flottabilité du panache (qui peut être très élevée en cas d'incendie important) et l'inhomogénéité des chutes de pluie peut considérablement réduire l'efficacité des modèles. Les conditions météorologiques côtières peuvent être particulièrement imprévisibles, alors même que la plupart des grands sites nucléaires du Royaume-Uni sont proches des côtes. Par conséquent, un certain nombre de précautions doivent être prises lors de l'utilisation de modèles de dispersion. Il peut être nécessaire d'effectuer un filtrage au niveau des points de mesure et, à chacune des phases, de faire tourner le modèle plusieurs fois avec divers paramètres réutilisés à chaque opération. Le processus itératif consistant à réinjecter les résultats des mesures pour la prévision des activités de surveillance futures vise à compenser une confiance excessive dans les modèles.

Les mesures de concentration d'activité dans l'air et sur le sol devront être extrapolées pour obtenir les niveaux d'activité dans les denrées alimentaires, avec un certain degré d'incertitude. Les résultats des mesures réelles ou présumées concernant les concentrations d'activité dans l'air et les dépôts sur le sol devront être convertis pour obtenir les niveaux de contamination maximums estimés dans les aliments, à des fins de comparaison avec les valeurs maximales autorisées par l'Union Européenne. Si l'on dispose de suffisamment de temps, ces valeurs pourront être introduites dans un modèle de transfert à l'environnement en choisissant les paramètres reflétant le mieux l'environnement agricole proche du site de l'accident. C'est la sélection de ces paramètres et non le fonctionnement effectif du modèle qui risque de prendre du temps. Si la prise de décision doit être rapide, les résultats des mesures seront comparés à des ensembles de valeurs préparés à l'avance à l'aide du modèle. Ces ensembles de données seront obtenus sur la base d'hypothèses de modélisation majorantes afin de fournir une estimation pessimiste de l'étendue de la contamination.

On trouvera ci-après une comparaison du dépôt d'iode 131 calculé (ou mesuré) avec le niveau maximum autorisé (500 Bq/litre) dans le lait.

Modèle d'intervention en cas d'urgence du MAFF, hypothèses majorantes	4.2 kBq/m ²
Résultats de l'étude du NRPB (Office national de protection radiologique) avec modèle de transfert (1)	6.6 kBq/m ²
Incendie de Windscale, mesures réelles (2)	10 kBq/m ²

Compte tenu du grand nombre de paramètres et d'hypothèses concernés, la concordance entre les deux modèles et la situation réelle est encourageante.

Si l'on ne dispose pas de valeurs mesurées sur le dépôt, il faudra utiliser les concentrations d'activité dans l'air. Les niveaux de dépôt seront calculés sur la base de vitesses théoriques de dépôt pour chacun des radionucléides. La vitesse de dépôt des isotopes de l'iode sera considérée égale à 0.01 mètre par seconde dans le modèle d'intervention en cas d'urgence du MAFF, ce qui correspond à une hypothèse généralement admise quand on ne dispose pas d'informations plus fiables. Suite à l'incendie de Windscale, on a enregistré des vitesses de dépôt de l'iode 131 d'environ 0.003 à 0.005 mètres par seconde à proximité du site. Cette valeur est passée à 0.001 mètre par seconde un peu plus loin de la source suite au dépôt de fractions assez significatives des composants les plus réactifs du panache. Lors de l'extrapolation des concentrations d'activité dans l'air et des niveaux de contamination des aliments, les vitesses de dépôt des substances rejetées constitue le facteur d'incertitude majeur.

Les mesures de dépôt sont difficiles à interpréter tant que le rejet d'activité n'a pas cessé et que le panache n'a pas quitté le site surveillé. Mieux vaut utiliser les mesures de l'activité déposée que les concentrations d'activité dans l'air, d'une part pour éviter les incertitudes liées aux vitesses de dépôt et d'autre part, parce qu'il s'agit de valeurs intégrées sur la durée du rejet et non de valeurs à un instant donné. Ceci n'est tout à fait vrai que lorsque le processus de dépôt est terminé, c'est-à-dire lorsque le bord arrière du panache n'est plus à l'endroit en question. Le trajet parcouru par le nuage peut donc notablement retarder l'évaluation réaliste de la dispersion de la contamination si la région concernée se trouve loin du site de l'accident. En cas de rejet d'une durée de 900 à 1 200 heures par vent léger de 2 mètres par seconde, l'arrière du panache ne quittera une localité située à 30 km sous le vent que 1 600 heures après l'accident.

Un laps de temps important s'écoule avant que la concentration en radionucléides des aliments n'atteigne son maximum. Ce délai est fonction à la fois des radionucléides et des produits en cause. On trouvera ci-après des exemples du temps qu'il faut pour que la concentration en radionucléides des aliments soit maximale suite à un dépôt.

Iode 131	légumes verts	immédiat
Iode 131	lait	3 jours
Césium 137	lait	6 jours
Césium 137	boeuf	20 jours

En théorie, ces délais semblent favorables en cas d'urgence pour la plupart des denrées alimentaires puisqu'ils permettent de ne pas prendre des mesures immédiates de restrictions à grande échelle. En pratique, il faut si possible éviter d'étendre progressivement la zone concernée par les restrictions alimentaires. Les mesures réalisées directement sur les récoltes et aliments sont certes idéales dans la mesure où il n'est pas utile dans ce cas de convertir les données de concentration dans l'air et de dépôt en niveaux de contamination des aliments. Néanmoins, le fait que les denrées alimentaires mettent un certain temps avant que leur concentration en radionucléides n'atteigne un niveau maximum signifie que les mesures doivent être interprétées avec soin et que leur fiabilité augmente avec le temps. Pour conclure, tous les types de mesures ont leurs avantages et leurs inconvénients en fonction de l'usage qui en est fait, en termes de vitesse, de fiabilité et de facilité d'interprétation. D'un point de vue général, une stratégie de crise doit être souple pour qu'à tout moment, l'on puisse recourir aux mesures les plus appropriées. Dans la pratique, ceci revient sans doute à dire que la concentration dans l'air est employée dans les phases initiales de la situation d'urgence, les mesures de dépôts à moyen terme et les mesures sur les cultures et les produits alimentaires à plus long terme.

Perception du public quant au risque d'absorption d'aliments contaminés

La pression exercée sur les chercheurs du MAFF pour obtenir des conseils rapides et précis sur lesquels fonder une stratégie de restriction alimentaire peut encore être renforcée par certains comportements du public.

- Comme nous l'avons déjà évoqué, les restrictions alimentaires concerneront très certainement une région beaucoup plus vaste que les autres contre-mesures. Ceci aura tendance à faire paraître le danger dû à la contamination des produits alimentaires comme beaucoup plus grave qu'il n'est en réalité.
- Les critères de l'Union Européenne en matière d'alimentation ont été définis de sorte à ce que l'absorption à long terme de produits présentant le niveau de contamination maximum autorisé n'engendre qu'un risque supplémentaire minime pour le consommateur. Le public peut imaginer que l'absorption par inadvertance d'un seul aliment dont le niveau d'activité est supérieur à cette limite représente un risque sérieux pour sa santé. Son inquiétude aura tendance à être renforcée par l'idée largement partagée que la radioactivité est associée à davantage de dangers que les autres pollutions alimentaires.

Conclusions

Juste après un accident nucléaire majeur, le public s'attend à ce que des dispositions soient prises rapidement et sans équivoque afin d'éviter tout risque d'ingestion de produits contaminés. La priorité pour les chercheurs du MAFF sera de définir la zone concernée par d'éventuelles restrictions alimentaires. Pour pallier les difficultés susceptibles de se poser, les recommandations suivantes peuvent être faites :

- Il faut éviter de faire trop confiance aux modèles de dispersion atmosphérique, surtout s'ils n'ont pas été validés au préalable à l'aide de données correspondant à des situations réelles.
- Les résultats des mesures doivent être utilisés dès qu'ils sont disponibles pour améliorer sans cesse les prévisions concernant les zones contaminées ainsi que la stratégie de surveillance.
- Les valeurs mesurées dont on peut disposer en cas d'urgence présentent chacune leurs avantages et leurs inconvénients. Par conséquent, les plans de crise doivent veiller à en utiliser le plus grand éventail possible.
- La stratégie la plus efficace consistera sans doute à recourir à des types de mesures différents en fonction de la phase de l'intervention.
- La perception que le public a des restrictions alimentaires à grande échelle et leur association avec d'autres contre-mesures doit être pris en compte à tous les stades des plans d'urgence.

RÉFÉRENCES

1. *Likely Extent of Contamination Following a Design Basis Accident*. Document préparé par l'Office national de protection radiologique sous contrat de NII and DTI.
2. M.J. Crick et G.S. Lindsay, *An Assessment of the Radiological Impact of the Windscale Reactor Fire, octobre 1957*. Office national de protection radiologique Publication R135, 1982.

**LA GESTION DES ASPECTS AGRICOLES
DES SITUATIONS D'URGENCE NUCLÉAIRE ET/OU RADIOLOGIQUE**

par

**Gérard Griperay
France**

Introduction

Paradoxalement, l'issue négative des 50 premières années de travaux de recherche sur l'atome que furent les deux explosions des 6 et 9 août 1945 engendrèrent une position sinon positive du moins relativement neutre dans l'opinion publique en général sur l'énergie nucléaire.

L'explosion américaine du 1er mars 1954 sur l'atoll de Bikini engendra – du moins en France – l'appellation d'un maillot de bain féminin « deux-pièces ».

À la suite des essais nucléaires des grandes puissances jusqu'en 1963, date du moratoire, tous les pays ont disposé de prélèvements sur les produits agricoles et les multiples réunions d'experts (Guyaquil 1972, Canberra 1973) ont considérés la contamination radioactive comme non significative.

Les incidents de Three Mile Island (US) et Sellafield (GB) n'ont pas non plus entamé la (relative) sérénité des agriculteurs qui savaient qu'outre la radioactivité naturelle s'ajoutait une faible dose, due aux technologies, contrôlée sur le plan sanitaire.

L'accident de Tchernobyl a donc été reçu en agriculture comme un « électro-choc » ; il a engendré une véritable révolution culturelle.

1. Ce que Tchernobyl a révélé sur la gestion agricole en France

La méconnaissance totale des consommateurs, tant vis-à-vis des conditions de production que vis-à-vis des conditions de contamination a conduit à une mévente en France des productions agricoles évaluées à 150 millions de francs pour la seule année 1986.

Les produits les plus touchés ont été les fraises, les asperges et les champignons, auxquels s'ajoutèrent plus tard les plantes médicinales – surtout le thym – et le foin dans le Sud-Est.

Le cas le plus typique est l'interdiction de consommation d'épinard dans le Haut-Rhin, décidée sous le choc émotionnel et sous la pression des événements et des pays voisins mais sans réelle justification sanitaire : il eut fallu manger 2 tonnes d'épinards dans la semaine pour voir la santé menacée.

Enfin, une désaffection assez nette sur la consommation de lait dans l'Est et le Sud-Est.

Ce constat nous a conduit à plusieurs réflexions :

1.1 L'Information

L'information doit être préparée **AVANT** une crise, mais elle est ingérable **PENDANT**.

1.2 Les normes internationales

Si les médias peuvent (en partie) être responsables de désinformation, les organismes internationaux sont les réels coupables :

L'OMS, la CEE, FAO/CODEX – Experts 31 – EURATOM ont diffusé chacun leurs normes : la CEE a modifié 4 fois les siennes !

Quant aux « normes » préconisées par différents pays (fin 1986) elles sont variables selon les pays, les produits et le temps. Comment les journalistes, les consommateurs et les producteurs peuvent-ils s'y retrouver là où les scientifiques du nucléaire et de la santé doivent céder devant l'alarmisme et les politiques ?

Les normes fixées par la directive EURATOM sont conçues pour le fonctionnement normal des installations et ne s'appliquent pas, en principe, aux situations accidentelles pour lesquelles les niveaux d'intervention peuvent être nettement supérieurs. Elles ont finalement été déterminées sur des objectifs non pas sanitaires mais essentiellement économiques visant à harmoniser les conditions d'importation des produits destinés à la consommation.

On comprend donc que le public ait eu du mal à savoir à quoi s'en tenir et qu'il fallait relativiser les informations alarmistes de certains médias ou de certaines associations ou laboratoires indépendants non agréés par les pouvoirs publics.

Par exemple :

1. Pour un foin ou un ensilage de 6.700 Bq par kilogramme, les coefficients de transfert permettent d'évaluer l'ingestion quotidienne maximale garantissant que l'on ne dépassera pas 600 Bq/j dans la viande et 370 Bq/kg dans le lait : cette ingestion ne devra pas dépasser 30.000 Bq/j pour les vaches, 7.500 Bq/j pour les moutons et 3.000 Bq/j pour les chèvres. Une vache ne devra pas consommer plus de 5 kg/j de l'ensilage le plus actif pour respecter les limites autorisées (cf. travaux INRA).
2. Pour un lait à 60 Bq de Césium/litre consommé à raison d'un litre par jour et par an on obtient 60 Bq x 365 j soit environ 20.000 Bq/an, soit 20% des limites admissibles d'incorporation (LAI) définies par les articles 30 et 31 du Traité de Rome, fondés eux-mêmes sur les recommandations de la Commission internationale de protection radiologique dès 1977 (CIPR).

Pour atteindre la LAI, il faudrait en boire 5 tonnes dans l'année.

3. Pour un thym à 3.000 Bq/kg de Césium, consommé à raison d'1 gramme/jour/1 an, le consommateur n'ingérera pas plus de 1.000 Bq/an soit 1/300^e de la LAI, qui ne sera atteinte qu'avec une consommation de 100 kg/an !

LAI Césium 134-137 = 300.000 Bq/an

LAI Iode 131 = 100.000 Bq/an

En conclusion sur cette partie, les normes actuelles doivent encore être réajustées.

Il est évident que la recommandation « CIPR 60 » publiée en 1990 est fondée sur l'état de la science en 1988, mais entre 1988 et 1994 des acquis déterminants sont intervenus, dont le rapport UNSCEAR 94 fait un inventaire exhaustif, de même que le BEIR-V (1990) et le RERF américano-japonais (1994).

C'est sur ces bases proposées par les scientifiques que les politiques de la CEE doivent appuyer la réglementation communautaires. Elles assurent à la fois une protection efficace des travailleurs et des populations tout en évitant des obstacles aux échanges et de tendre vers une optimisation à « niveau zéro » en-dessous de la radioactivité naturelle.

1.3 Les failles de connaissance en agriculture

Après Tchernobyl, il nous était impossible de répondre aux questions posées par les agriculteurs :

- Que deviennent les dépôts sur les sols ?
 - S'enfoncent-ils dans le sol ?
 - Pénètrent-ils dans les végétaux ?
- Peut-on récolter les végétaux, les laisser sur place, les enfouir, les ensiler, les brûler avec quels risques humains ?
- L'éleveur doit-il évacuer le cheptel, le rentrer à l'étable, le laisser abattre ?
 - Quelle eau lui donner ?
- L'éleveur peut-il vendre les bêtes contaminées, peut-il épandre les déjections ?
 - Que faire du lait ?

Il est apparu que si les Plans particuliers d'intervention (PPI) et si les Plans d'urgence interne (PUI) des Installations nucléaires de base (INB) existaient bien en France, en revanche les Plans post accidentels (PPA) étaient inexistantes ou balbutiants.

Un tel plan est difficile à établir. Il ne peut pas être généralisable mais adapté localement.

1er exemple : Dans le Haut-Rhin, l'abattage des animaux est prévu. Mais le problème de l'équarrissage et de l'incinération des carcasses n'est pas résolu, faute de fours. Le problème de l'enfouissement n'est pas résolu faute de cartes géologiques pour les charniers ?

2ème exemple : Dans la Manche, il y a environ 1 million de têtes de bétail. Les éleveurs et les Pouvoirs publics ont préféré garder le cheptel dans les enclos et n'évacuer que la viande de consommation dans les trois centres de veaux autour de La Hague.

Un PPA organise en urgence l'évacuation ou le confinement, mais surtout **le retour à la vie normale**.

Le retour à la vie normale, c'est :

à court terme :

- la gestion immédiate des déchets, des décharges où seront éventuellement déversées 100 000 t de végétaux, 100 000 t de produits animaux saisis ou contaminés, ou 100 000 t de lait qu'il faudra gérer.

à long terme :

- la gestion des sols,
- la nature des cultures,
- les conséquences sur les filières agro-alimentaires,
- etc.

Sur ce dernier point et selon la nature et l'importance du terme-source à l'origine de l'incident, on peut, par exemple, soit différer la consommation (pour le lait : mise en conserve, lait en poudre, fromage à temps d'affinement long), soit aboutir à un produit moins contaminé (beurre), soit réutiliser la matière première en alimentation animale car la contamination – compte tenu des facteurs de transfert et de la période d'abattage – sera moindre que celle du produit initial.

En conclusion sur cette partie : c'est pour tenter une réponse sur tous ces points que la FNSEA a travaillé pendant quatre ans avec le CEA/IPSN sur une brochure d'information qui constitue la base technique d'un plan post accidentel en agriculture (édité en 1990 par la FNSEA et réédité depuis par le CEA/IPSN).

2. Les grands axes de travail à effectuer

2.1 L'Indemnisation

Si un incident nucléaire et/ou radiologique se produit dans un pays signataire de la Convention de Paris, les dégâts sont (partiellement) remboursés par l'État ou par des réassurances internationales en fonction des niveaux atteints.

L'Ex-Union soviétique n'étant pas signataire, les 150 MF de mévente n'ont pas été remboursés aux agriculteurs français.

En revanche, les agriculteurs allemands ont reçu une indemnité de 260 M de DM.

Il convient donc d'étudier :

- si les niveaux actuels de tranches de la Convention de Paris seraient suffisants en cas d'incidents dans les pays signataires et sur quelles modalités se feraient les indemnisations,
- si – compte tenu de la vétusté du parc d'INB dans les pays de l'Est palliée, par une aide financière et technique de l'Ouest – une extension n'est pas envisageable en cas d'un nouvel incident similaire à Tchernobyl dans les pays non actuellement signataires.

2.2 Les recherches à faire et les résultats à diffuser

Par exemple :

- sur les transferts (animal et végétal),
- sur les dépôts d'aérosols sur les cultures, les sols et en forêt,
- sur les programmes de restauration des sols (RESSAC) (CAPTATIO),
- sur les intercomparaisons des laboratoires (Pouvoirs publics et privés)(réseau GERMON) (système CONRAD inter-frontières avec l'Allemagne),
- sur les concentrations dans les sédiments (SERE/Rhône).

Ce sont surtout les résultats qui sont attendus par les agriculteurs qui souhaitent une meilleure concertation sur les programmes et une information sur la faisabilité pratique.

2.3 Le plan post-accidentel

À la suite d'un exercice effectué à Cadarache en 1991, on peut évaluer le devenir de la filière agro-alimentaire et esquisser un plan post accidentel : (cf. rapport IPSN 1993). « Une fois la caractérisation de la contamination faite, les experts peuvent émettre des avis au Préfet. Les tableaux et les cartes de contamination délimitent des zones de contamination où des contre-mesures peuvent être prises.

Au-delà des informations radiologiques, les experts doivent pouvoir accéder à des informations socio-économiques pour établir un diagnostic et une ligne d'action.

La connaissance des pratiques zootechniques (calendrier d'affouragement, nombre et périodes des coupes et ensilages) permet de déterminer le monde d'alimentation du bétail - très différent d'une région à l'autre - et permet d'apprécier les contaminations envisageables du lait et de la viande et leurs évolutions au cours du temps.

La connaissance des pratiques culturales (type de cultures, nombre et périodes des récoltes, provenance des eaux d'arrosage ou d'irrigation) permet d'avoir aussi une estimation réaliste des contaminations des produits végétaux et de leurs évolutions.

Ces informations permettent aux experts de conseiller le Préfet qui devra, in fine, prendre des décisions de destruction des récoltes, d'éradication d'animaux, d'interdiction de consommation ou de commercialisation »

2.4 Les exercices à faire

Cet exercice sur le terrain faisait suite à d'autres exercices en salle. Au cours de ces exercices, la profession agricole a été invitée à participer.

Nous conseillons vivement aux participants à cet atelier de l'OCDE d'organiser de tels exercices avec les agriculteurs, les journalistes, les maires, etc.

L'intérêt de ces exercices est multiple :

- **décloisonnement** entre les pouvoirs publics, les scientifiques, les politiques, les usagers (société civile) et les pays voisins,
- **connaissance** des hommes, des objectifs poursuivis, des moyens, des contraintes, des failles du système, notamment en logistique, des remèdes à apporter,
- **information** basée sur la transparence, une meilleure confiance, prémisses d'une nouvelle ère de consensus entre les parties,
- **conformément** des travailleurs du nucléaire, des laboratoires, des moyens de secours, des personnels de l'État dans la reconnaissance de leur tâche au lieu d'une contestation systématique,

Enfin, pour l'agriculture, comme pour les autres composantes de la société, le fait d'être « plongé dans le bain » et de voir les problèmes au plus près, représente une **formation** exceptionnelle.

2.5 L'Information

Plusieurs fois au cours de cet exposé il a été fait référence à l'information, qui doit être faite **AVANT**, pour être optimale **PENDANT** une crise.

L'information est excessivement difficile à faire.

Tchernobyl a eu lieu il y a 10 ans.

- L'agriculture française professionnelle a édité avec l'IPSN un livre de référence techniques en 1990 : il est oublié maintenant.
- Les vétérinaires français ont édité plusieurs fascicules scientifiques destinés aux vétérinaires et – on peut le supposer – aux pharmaciens ruraux.
- Le Parlement français a publié de nombreux rapports sur la sûreté et la sécurité : combien sont lus ?
- Les organismes, tel l'IPSN, publient également des rapports annuels sur leurs travaux. Sont-ils repris dans la presse ?

Mais en France, il n'y a toujours pas de Plan post accidentel officiel, peu d'articles de vulgarisation, et, en s'appuyant sur le facteur « oublié », sans « piqûre de rappel », l'information de base n'est pas plus connue qu'en 1986.

En y ajoutant le facteur « alarmisme », la perception globale par rapport au nucléaire serait peut-être même en régression négative.

On informe sur la météo, à la rigueur sur la qualité de l'air, mais jamais sur les bulletins de Téléray ou MAGNUC (réseau d'appel automatique en France).

Il conviendrait donc de programmer une information (répétée) sur la gestion d'une crise avec toutes les composantes de la société.

Conclusion

Actuellement, du moins pour l'agriculture française, il serait souhaitable d'avoir une meilleure concertation en général, une actualisation des connaissances en particulier, et une mise en oeuvre de moyens, notamment sur les points suivants :

1. Les argumentaires en présence pour la nouvelle définition **des seuils communautaires**.
2. Une actualisation – tenant compte de la Politique Agricole Commune (PAC) – de la situation des productions alimentaires et de l'industrie agro-alimentaire autour des installations nucléaires de base pour pouvoir disposer en temps réels des **statistiques** nécessaires à la prise de décision.
3. En l'absence de plan post-accidentel, qu'un dispositif soit mis rapidement en place par les pouvoirs publics pour rassurer le consommateur et n'offrir au marché local et à l'exportation qu'une production agricole certifiée conforme sur le plan sanitaire.

Ce dispositif pourrait consister – en dehors du contrôle de l'OPRI – dans l'obligation pour les Installations nucléaires de base, dont la responsabilité est engagée, d'assurer la maintenance de **détecteurs** de radioactivité qui, en cas d'incident majeur, seraient installés par l'INB sur **les goulots d'étranglements** dans l'industrie alimentaire voisine de l'INB (coopérative laitière, vinicole, ensilage de fruits et légumes, conditionnement divers) sur des emplacements reconnus à l'avance et prêts à fonctionner. La détection serait donc automatique ou avec du personnel formé et sans contestation ultérieure (consommateur ou expertise contentieuse).

Ceci suppose – *a contrario* – que soit réglé **AVANT** l'incident le problème de **l'indemnisation** des produits saisis, retirés, mis en décharges, notamment concernant les denrées périssables, pour éviter les « débats d'expertise » 3 mois après l'incident et les contentieux avec les **assurances** (échantillonnages)

4. N'envoyer les échantillons qu'aux seuls laboratoires publics ou privés mais agréés par l'Etat et soumis aux règles d'intercomparaison (éviter la panique et la diffusion de fausses nouvelles).
5. La mise en oeuvre d'un plan de formation et d'information à tous les niveaux pour que la population soit capable de relativiser l'information et d'éviter la panique au lieu de suivre les Cassandre et les faux prophètes.
6. Enfin, compte tenu du sinistre développement du terrorisme chimique (Tokyo – sarin), du terrorisme alimentaire (yaourts empoisonnés), il faut prévoir le terrorisme nucléaire.

Dans cet esprit, il est absolument capital d'une part **de maintenir en activité** les stations radiologiques existantes et de maintenir au moins les crédits existants pour sauvegarder un outil dont les servants sont formés et prêts maintenant à être opérationnels en cas de crise. Si les armées deviennent relativement moins importantes, en revanche la défense civile doit être plus richement dotée.

D'autre part, il est non moins capital d'inciter à une coordination inter-services d'État (et d'États), avec des représentants professionnels, pour assurer une veille technologique permanente prête à pallier le moindre incident.

**CONSÉQUENCES DES RETOMBÉES RADIOACTIVES –
EXPÉRIENCE TIRÉE DE L'ACCIDENT DE TCHERNOBYL**

par

**Alexandre Lutzko
Biélarus**

L'expérience acquise dans les premières années qui ont suivi l'accident de Tchernobyl et les décisions prises par les autorités ont largement été débattues. J'aimerais laisser de côté l'analyse des événements et faire quelques observations sur la nature des mesures de protection qui ont été mises en oeuvre.

Les actions entreprises, du moins au cours des quatre années qui ont suivi l'accident, reflètent pour la plupart la grande expérience acquise par l'URSS dans le sud de l'Oural en matière d'utilisation des terres agricoles contaminées, expérience dont la mise en application directe a néanmoins été controversée après l'accident de Tchernobyl. De toute évidence, ce qui était valable dans les années 50 et 60 ne l'était plus forcément dans les années 80. A titre d'exemple, les niveaux de dose acceptables avaient souvent et fortement été revus à la baisse. Par ailleurs, l'accident s'est produit dans une zone peuplée à fort développement agricole. Il faut également admettre que la faible efficacité des interventions était essentiellement due au manque de personnel qualifié et d'équipements nécessaires après une catastrophe de cette ampleur. Je citerai à ce sujet le décret des Ministres de la santé et de l'agriculture du 12 mai 1986.

Nature : Confidentiel

*A : Comité exécutif de Minsk
 Comités exécutifs régionaux
 Offices centraux de protection publique des ministères et organes fédéraux*

Date : 12.05.1986 #H 7/375

Pendant la durée de la gestion des conséquences de l'accident de Tchernobyl, les niveaux de dose admissibles suivants sont mis en vigueur :

Catégorie	Niveau admissible par kilo	Catégorie	Niveau admissible par kilo
Eau potable	3700 Bq	Légumes/fruits/fourrage concentré :	
Lait	3700 Bq	Vaches laitières	37 MBq
Crème aigre	18500 Bq	Boeufs de boucherie	740 MBq
Fromage blanc	3700 Bq	Fourrage grossier :	
Beurre	74000 Bq	Vaches laitières	11.1 MBq
Viande	1.48 MBq	Boeufs de boucherie	370 MBq
Poisson	37000 Bq	Fourrage riche :	
		0	
		Vaches laitières	2.59 MBq
		Boeufs de boucherie	74 MBq

En cas de dépassement des niveaux de dose admissibles, les produits devront soit être dilués par mélange avec des aliments non contaminés, soit éliminés. Le Comité d'État à l'agriculture et à l'industrie doit mettre en place un contrôle médical local avec dosimètres pour s'assurer que la contamination de l'eau potable et des aliments est inférieure aux seuils ci-dessus. Le commerce des produits laitiers est autorisé moyennant l'indication : « Réserve aux adultes ». Tout commerce au niveau des rues est formellement interdit. Des instructions seront communiquées de façon quotidienne en matière de surveillance alimentaire.

*Y. M. Husainov
Président,
Comité d'État à l'agriculture et à l'industrie*

*N. E. Savchenko
Ministre de la santé*

Or, ces niveaux de dose admissibles, au demeurant relativement élevés, n'ont pas pu être respectés car les équipements dont on aurait eu besoin dans le pays à ce moment-là n'étaient pas disponibles. On peut toujours alléguer que les prises de décision doivent s'appuyer sur des données réelles. Dès 1990, c'est-à-dire quatre ans plus tard, on avait conçu et produit en grande quantité des dosimètres et des radiamètres d'une haute sensibilité. Aujourd'hui, le Bélarus compte parmi les premiers pays pour ce qui concerne la qualité et la diversité des instruments de surveillance et de mesure du sol et de l'environnement, notamment en radionucléides gamma.

Au cours des neuf années qui se sont écoulées depuis l'accident, diverses données expérimentales ont été accumulées. Le temps des mesures chaotiques est enfin révolu. L'expérience obtenue a été évaluée. On a mis au point des modèles sains de comportement des radionucléides dans l'environnement et des mesures de protection efficaces. Malheureusement, de 1989 à 1991, certaines déclarations politiques ont considérablement réduit les chances d'une coopération scientifique internationale sur l'impact de la catastrophe de Tchernobyl. En conséquence, les recherches dans ce domaine ne bénéficient pas du support des technologies modernes et nos homologues au niveau international ne connaissent nos meilleurs résultats et bases de données. Pire, la situation économique actuelle du pays ne donne aucune raison de penser que ceci change dans un avenir proche.

Une cartographie des terres agricoles contaminées a été établie avec mise à jour régulière. Les fermes et les villages reçoivent des comptes rendus sur la situation radiologique des environs. On maîtrise les modes de comportement du Cs-137 et du Sr-90. Les informations dont on dispose sur les isotopes du plutonium et l'Am-241 sont moins fiables. Il est reconnu que le nombre des isotopes de l'américium s'est accru et peut causer un problème majeur dans les années à venir en raison de la mobilité et de la toxicité de ces isotopes.

Pour ce qui est du strontium et du plutonium, ces radionucléides sont heureusement sous une forme solide difficilement soluble. Du moins ceci vaut-il en cas de circulation horizontale faible de l'activité. Or, les profils verticaux du sol ont subi des modifications temporaires, mais l'on sait que les radionucléides en question sont restés dans la couche superficielle d'une épaisseur de 5 cm, d'où la méthode d'échantillonnage annulaire sur une profondeur de 5 cm. Actuellement, on trouve des radionucléides à une profondeur de 15 cm, voire 60 cm dans les tourbières, les sols gréseux ou de la famille des grès. Ceci explique pourquoi de nouveaux dispositifs et méthodes de mesure ont été introduits. La notion de « concentration de la radioactivité en surface » est donc inexacte et finit par induire la confusion. Il nous semble raisonnable d'employer les deux notions de concentration intégrale et différentielle de l'activité, la concentration différentielle faisant allusion à la concentration de radionucléides dans des couches à des profondeurs différentes.

En Bélarus, la plupart des méthodes préconisées pour réduire la concentration en radionucléides du sol ont été utilisées. On trouvera ci-après une brève analyse de leur efficacité respective.

1. **Labourage** : Un labourage sur une profondeur de 5 cm a permis de réduire la concentration en radionucléides dans la zone des racines juste après l'accident et de faire diminuer l'exposition d'un facteur 3 à 4 jusqu'à l'automne 1986. Malheureusement, les radionucléides ont été absorbés par les racines dès l'année suivante. De ce fait, et bien que cette méthode ait coûté très cher, son rendement a été faible. Le labourage profond s'est également avéré inefficace et a mis en danger la fertilité des sols.
2. **Chaulage des sols** : Cette méthode abaisse le coefficient de transfert des radionucléides. Elle est fortement recommandée pour les sols à pH faible.

3. **Fertilisation avec de la potasse ou des engrais phosphatés** : Ceci réduit le transfert du césium radioactif et augmente la fertilité du sol.
4. **Changement des cultures** : Cette méthode est largement utilisée dans le pays. Les cultures absorbant le potassium sont plantées dans les zones contaminées.
5. **Labourage et fertilisation des pâtures naturelles** : Seulement si les pâtures naturelles sont utilisées.
6. Bols pour le bétail.
7. Toutes ces mesures ont permis de réduire par un facteur de 1.5 à 2 les niveaux de contamination des divers produits agricoles dès 1986.

Le tableau 1 montre la baisse de production de viande et de produits laitiers dont le niveau de dose dépasse les valeurs admissibles.

Tableau 1. Baisse quantitative de production de viande et produits laitiers excédant les niveaux de doses acceptables

Année	Viande (*1 000 000 kg)	Lait (*1 000 000 kg)
1986	21.1	580.8
1987	6.9	388.6
1988	1.45	238.9
1989	0.6	91.4
1990	0.7	8.7
1991 (10 mois)	0.0288 (0.03%)	27.4 (0.74%)

Le tableau 1 mérite quelques commentaires : d'une part, les informations collectées dans les années 1986-87 ne sont pas fiables ; d'autre part, les chiffres ne sont pas comparables car différents niveaux de dose admissibles ont été prescrits au cours de cette période (voir tableau 2).

Malgré cela, le secteur agricole privé a produit chaque année de la viande et des produits laitiers dépassant les niveaux de dose admissibles. En 1994, la quantité de produits contaminés issus des secteurs public et privé a connu une légère hausse en raison de la baisse des investissements agricoles et de l'augmentation des coefficients de transfert due à un été exceptionnellement chaud.

Pour ce qui est des céréales, on n'a pas observé de dépassement au cours des dernières années, alors que 312.1×10^6 kg de céréales présentaient un niveau de contamination inacceptable en 1986.

Aujourd'hui, les chercheurs s'intéressent de plus en plus près aux biocénoses forestières dans les régions contaminées. Il y a énormément de forêts en Bélarus. Elles jouent un rôle important dans l'économie du pays. Les locaux y cueillent des baies, des champignons, des herbes. Les forêts contribuent donc largement au cumul des doses à la population dans les visages voisins. Néanmoins, ceci peut faire l'objet d'un débat séparé. Des rapports ont récemment été rédigés à Vienne sur ce sujet ainsi que sur la modélisation des écosystèmes forestiers mise au point par l'Institut Sakharov.

Pour terminer, quelques considérations générales : des sommes énormes ont été consacrées à la décontamination du Bélarus. Les mesures telles que l'enlèvement et l'évacuation de la couche superficielle du sol se sont avérées inefficaces. Des douzaines de sites de stockage temporaires ont ainsi été lessivés par la pluie et les eaux souterraines. Apparemment cette méthode est plus indiquée pour de petites que pour de grandes surfaces.

Tableau 2. Contenu radioactif ; niveau admissible dans les aliments

Type d'aliment	Niveau admissible temporaire en 1986 Bq/kg	Niveau admissible temporaire en 1988 Bq/kg	Niveau admissible temporaire en 1990/92 Bq/kg
Césium			
Eau potable	370	18.5	18.5
Lait	370	370	185
Crème aigre, fromage blanc	3 700	370	185
Huile végétale, graisse margarine	7 400	370	185
Beurre, lait concentré	7 400	1 100	370
Porc, mouton, poulet	3 700	1 850	592
Boeuf	3 700	2 960	592
Lait en poudre	18 500	1 850	740
Pommes de terre et plantes sarclées	3 700	740	592
Légumes, fruits	3 700	740	592
Baies sauvages			185
Champignons			185
Champignons séchés		11 100	3 700
Herbes, thé			1 850
Aliments pour bébés		1 850	37
Pain et produits à base de céréales		370	370
Miel, jus, conserves		740	185
Autres			592
Strontium-90			
Eau potable			0.37
Lait et produits laitiers			3.7
Lait en poudre			18.5
Pain et produits à base de céréales			1.85
Viande, poisson, oeufs			18.5
Lait concentré			3.7
Aliments pour bébés			1.85

Récemment, le Comité national de radioprotection (NCRP) a adopté un nouveau concept en matière de protection sociale de la population ayant souffert de l'accident de Tchernobyl. Il comprend deux points très importants. Tout d'abord, il constate que le pays est en phase de réhabilitation. Ensuite, il annonce que les mesures de protection radiologique seront prises uniquement par référence aux doses, alors qu'il y a encore peu de temps, on se serait fondé sur l'étendue de la contamination superficielle d'une région. Désormais aucune mesure ne sera prise si la dose annuelle cumulée est inférieure à 1 mSv.

Le NCRP a transmis le dossier au Conseil des ministres, mais il n'est pas sûr qu'une loi soit votée en raison de la crise parlementaire. Néanmoins, le NCRP s'inquiète des répercussions négatives de certains des articles prévus. Ainsi, certaines terres ne pourront pas être fertilisées et aucune action de protection ne pourra y être conduite. Certaines fermes ne recevront pas de bols pour le bétail. Ceci ne manquera pas de faire augmenter les doses annuelles dans les régions concernées, qui seraient alors dans la situation de pouvoir bénéficier de ce qui leur a été refusé. Ces fluctuations, par ailleurs de plus en plus faibles, semblent inévitables et iront en s'amenuisant. Le NCPR aimerait être consulté sur ce sujet.

Pour conclure, si l'on fait abstraction un instant de la décroissance naturelle, il semble bien que jamais on ne se débarrassera de la radioactivité. J'admets que son intensité peut être réduite artificiellement, mais ceci requiert une optimisation raisonnable qui n'est possible qu'en s'appuyant sur l'expérience internationale.

LE DISPOSITIF SUÉDOIS D'INTERVENTION DANS LE SECTEUR AGRICOLE EN CAS D'ACCIDENT NUCLÉAIRE

par

Jan Preuthun
Suède

1. Responsabilité

L'entité normalement chargée d'une certaine activité en assume la responsabilité même en cas d'accident nucléaire.

La Suède est subdivisée en 24 régions administratives (provinces) de taille extrêmement variable, puisque leur superficie varie entre 0.7 pour cent et 24.0 pour cent du territoire, leur part dans la population totale oscillant quant à elle entre 0.6 pour cent et 19.2 pour cent.

Chaque province comporte un Conseil administratif provincial directement placé sous l'autorité de l'exécutif. D'une façon générale, les Conseils administratifs provinciaux sont chargés de l'administration publique de la région ainsi que de la conduite des opérations d'assistance et de secours d'urgence en cas d'accident nucléaire. Il leur incombe également d'assurer les opérations de décontamination à la suite d'accidents mettant en jeu des matières radioactives.

Les services centraux sont eux aussi placés sous l'autorité directe de l'exécutif. De compétence nationale, ils sont responsables de différents secteurs, et c'est pourquoi, en cas d'accident nucléaire, les tâches sont réparties de la manière suivante :

- Le Service national de l'inspection de l'énergie nucléaire (SKI, Statens Kärnkraftinspektion) analyse les causes de l'accident et évalue le terme source d'un éventuel rejet radioactif ;
- L'Institut de météorologie et d'hydrologie (SMHI, Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut) est chargé de transmettre les messages d'alarmes envoyés par l'étranger et d'établir des prévisions météorologiques permettant d'indiquer quelle pourrait être l'évolution de la dispersion des substances radioactives après un accident ;
- L'Institut national de protection contre les radiations (SSI, Statens Strålskyddinstitut) effectue et coordonne au niveau national les mesures de rayonnement ; il conseille les administrations des provinces et les services centraux impliqués (Agence nationale de l'alimentation, l'Office de l'agriculture et Conseil national de la santé et de la protection sociale, par exemple) au sujet des mesures à prendre pour réduire le plus possible la dose d'irradiation reçue par la population ;
- Il incombe à l'Agence nationale de l'alimentation (SLV, Statens Livsmedelsverk), organisme public chargé des questions alimentaires, d'édicter des règles et recommandations relatives au secteur de l'alimentation ;

- En cas d'accident nucléaire, le SLV doit adopter les mesures nécessaires pour garantir que la consommation alimentaire par habitant n'entraîne pas l'absorption d'une dose d'irradiation supérieure à un certain niveau. Le SLV peut fixer pour les différents aliments une teneur maximale en substances radioactives, fournir des conseils de choix alimentaires et établir des recommandations relatives au traitement des aliments. L'Union européenne a par ailleurs adopté une procédure de fixation des valeurs marginales de radioactivité pour les produits destinés à la consommation tant humaine qu'animale ;
- L'Office de l'agriculture (SJV, Staens Jordbruksverk), organisme spécifiquement chargé de l'agriculture, de l'horticulture et de l'élevage de rennes, a pour tâche d'établir des règles et recommandations concernant ces trois secteurs ;
- En cas d'accident nucléaire, il incombe au SJV d'adopter les mesures permettant de limiter la contamination des produits agricoles par des substances radioactives. Le SJV peut par exemple fixer une concentration maximale de substances radioactives dans les aliments du bétail et émettre un avis sur les mesures qu'il conviendrait de prendre pour le secteur agricole, etc. ;
- Le SJV aura probablement à gérer, pour ce qui relève de ses domaines d'activité, l'indemnisation des coûts et pertes supplémentaires entraînés par l'interdiction de la mise en marché des denrées alimentaires présentant une concentration élevée de substances radioactives. Pour les secteurs du ressort de l'Office, la catastrophe de Tchernobyl a donné lieu, jusqu'en 1993/94, à des paiements s'élevant à quelque 680 millions de couronnes suédoises, l'élevage de rennes ayant absorbé environ les deux tiers de ce montant.

Les services centraux sont également chargés de tenir le Cabinet informé de l'évolution de la situation. Le gouvernement suédois et les autorités compétentes sont conscients de l'importance de la formation et de la conduite d'exercices de simulation pour faire en sorte que le pays soit toujours prêt à faire face à une éventuelle urgence nucléaire. Le Centre des services de secours (SRV) supervise la planification des services de secours et des opérations de décontamination au niveau régional et en coordonne l'organisation pour les cas d'urgence. Le SRV veille à ce que tous les responsables ainsi que le personnel des administrations provinciales soient formés et participent régulièrement aux exercices d'intervention en cas d'urgence. Par ailleurs, il organise tous les ans des cours destinés au personnel des organismes appelés à intervenir.

2. Structure centrale de crise

En cas d'accident nucléaire, l'Institut national de protection contre les radiations assume une fonction de conseil et de coordination.

L'Office de l'agriculture demeure l'autorité spécialisée pour ce qui concerne les secteurs de l'agriculture, de l'horticulture et de l'élevage de rennes. Il lui incombe d'une part d'assister les administrations des provinces et d'autre part, d'être l'instance gouvernementale compétente pour ces secteurs.

La structure centrale de crise, localisée à l'Institut national de protection contre les radiations (SSI), comporte quelque 175 personnes formant deux équipes qui se relaient. Son rôle consiste essentiellement à fournir aux administrations provinciales des données et des conseils leur permettant de déterminer les mesures les plus aptes à réduire autant que possible les conséquences d'un accident nucléaire dans leurs provinces respectives.

Cette structure centrale comprend un groupe administratif de conseil constitué de représentants des pouvoirs publics et d'organismes tels que l'Agence nationale de l'alimentation et l'Office de l'agriculture. Ces représentants assurent la liaison entre la structure centrale de crise et les structures de crise des différentes instances impliquées. A partir de l'évaluation de la situation fournie par l'Institut national de protection contre les radiations, ils doivent également prendre les mesures qui s'imposent dans leurs domaines de compétence respectifs.

Un représentant de l'Office de l'agriculture fait par ailleurs partie du groupe national d'experts en décontamination, qui dépend de la structure centrale de crise. Le rôle de ce groupe consiste principalement à établir, au plan opérationnel comme au plan économique, un cadre de référence pour les décisions relatives aux interventions de décontamination, et à conseiller les administrations provinciales sur différentes questions s'y rapportant.

3. Organisation prévue par l'Office de l'agriculture

Très rapidement, une « cellule de crise » est mise en place et un centre d'information organisé. La « cellule de crise » est présidée par le Directeur général adjoint, qui prend les décisions concernant l'accident nucléaire et ses conséquences.

Même s'il est sans conséquence grave, un accident peut entraîner, pour l'Office de l'agriculture, une charge de travail considérable et nécessiter une coopération très souple entre les divers départements de l'Office. La demande d'information et de conseils sur les mesures à prendre par les agriculteurs au niveau individuel peut être très importante, même si les retombées radioactives sont assez faibles.

La mise en place d'une « cellule de crise » permet de mieux faire face au besoin de décisions rapides que nécessite une situation d'urgence tout en continuant d'expédier par ailleurs les affaires courantes. Grâce à la création de la cellule à un stade précoce de la crise, il ne sera pas indispensable de modifier la structure lorsque la situation deviendra plus difficile à gérer.

La « cellule de crise » est notamment composée de représentants des secteurs suivants de l'Office de l'agriculture : Département des productions et de la santé animales, Département des productions végétales et de l'environnement, Division de l'Information, Division des analyses économiques, Division des Affaires juridiques et Division de la planification d'urgence.

4. Objectifs

Avant et après un rejet radioactif, des mesures sont prises pour :

- limiter la dose d'irradiation individuelle maximale afin :
 - d'éviter les atteintes graves (affections déterministes) ;
 - de ramener à un niveau acceptable les risques de maladies radio-induites susceptibles de se déclarer ultérieurement (affections stochastiques) ;
- limiter la dose d'irradiation reçue par l'ensemble de la population, de manière à ramener à un niveau acceptable le nombre d'affections stochastiques.

Afin de réduire la dose d'irradiation reçue par le biais des aliments contaminés, l'Office de l'agriculture établira des recommandations visant à limiter la concentration des matières radioactives

présentes dans les produits agricoles. L'Agence nationale de l'alimentation fixera éventuellement des niveaux maximaux admissibles de radionucléides dans les aliments, l'Office de l'agriculture en fixant de son côté pour les aliments du bétail, mais l'Union européenne établira probablement des niveaux maximaux aussi bien pour les produits destinés à la consommation humaine que pour ceux destinés à l'alimentation animale.

Pour l'élaboration de ses recommandations, l'Office de l'agriculture prend également en compte :

- la dose d'irradiation à laquelle le travailleur agricole est exposé au cours de ses activités sur l'exploitation ;
- la législation relative au bien-être des animaux ;
- les aspects sociaux et financiers ;
- etc.

5. Ambitions de l'Office de l'agriculture et mesures préparatoires mises en oeuvre

Créer une structure de crise qui puisse s'adapter à divers accidents et cas d'urgence, et donner à cette structure les moyens de prendre rapidement et efficacement toutes les mesures nécessaires.

Les dispositions qui ont été prises au moment de la catastrophe de Tchernobyl n'ont pas satisfait aux objectifs fixés à une structure de crise à capacité de réaction rapide et efficace. Le gouvernement a estimé que l'Office de l'agriculture, entre autres, devrait formaliser l'organisation qu'il a adoptée, afin d'améliorer sa capacité d'intervention en cas d'accident grave.

C'est dans cette optique qu'a été rédigé un « manuel d'intervention d'urgence ». Ce manuel envisage les événements susceptibles de constituer une menace pour les secteurs de l'agriculture, de l'horticulture et de l'élevage de rennes comme les maladies épizootiques, les rejets radioactifs et les guerres. Il traite en particulier des rejets radioactifs, car dans l'ensemble, le personnel de l'Office de l'agriculture n'est pas familiarisé avec les substances radioactives et les rayonnements ionisants.

Pour être prêts à intervenir et, par conséquent, rendre plus aisée une adaptation rapide et efficace des mesures qui s'imposent, il importe en particulier de s'informer de l'évolution des connaissances. L'accent est mis actuellement sur l'amélioration des connaissances relatives au transfert des matières radioactives dans différentes chaînes trophiques et à l'efficacité de diverses mesures.

La formation du personnel est en cours, et il est en outre prévu d'effectuer des exercices de simulation tous les trois ans. Sont également envisagées des études consacrées au traitement des animaux lors de l'évacuation et aux effets de différents systèmes et cadres d'indemnisation. Pour ce qui est des tests et mesures, une coopération avec l'Institut national de protection contre les radiations permet d'améliorer la capacité d'intervention de l'Office.

6. Le « Manuel d'intervention d'urgence »

Le « manuel d'intervention d'urgence » contient les détails précis devant servir de base aux mesures immédiates à prendre en cas d'alarme.

Chaque événement étant unique en son genre, le choix définitif des dispositions visant à renforcer la capacité d'intervention et à limiter les dommages n'est fait qu'une fois survenu un accident ou un cas d'urgence, ou si celui-ci est imminent.

Le manuel envisage différents cas de figure et indique les éléments pouvant entrer en ligne de compte dans les décisions, et non une procédure obligatoire.

Un tel manuel doit contenir non seulement des informations sur l'organisation prévue, les mesures immédiates à prendre en cas d'alarme ainsi que celles visant à améliorer la capacité d'intervention, mais également, de manière assez développée, des indications sur les conséquences de ces mesures et une présentation méthodique des diverses mesures qui peuvent être adoptées pour limiter les dommages, c'est-à-dire présenter les avantages et inconvénients des différentes options.

Les grandes lignes du manuel :

Mesures préparatoires :	1.	Capacité d'intervention de l'Office de l'agriculture.
Mesures en cas d'alarme imminente :	2.	Initiatives individuelles.
Mesures consécutives à une alarme (accidents, etc.) :	3.	Guerre/risque de guerre.
	4.	Rejets radioactifs.
	5.	Maladies épizootiques.
	6.	Autres accidents et urgences majeurs.
Considérations générales :	7.	Rôle d'autres instances et de l'Union européenne.
	8.	Rôle, organisation et compétence de l'Office de l'agriculture.
	9.	Activités d'information.
	10.	Evacuation.
	11.	Questions liées à l'indemnisation.
	12.	Numéros de téléphone, de télécopie et de télex.

Le **premier chapitre** explique pour quelles raisons l'Office de l'agriculture doit établir un plan d'intervention en cas d'accident ou d'urgence, dans quelles situations celui-ci doit être mis en oeuvre et comment les activités de préparation doivent être conduites.

Le **chapitre 2** met l'accent sur la nécessité des initiatives individuelles – c'est-à-dire qu'il n'est pas toujours suffisant d'attendre que le gouvernement émette des instructions ou que « l'alarme » soit donnée d'une façon ou d'une autre.

Les **chapitres 3 à 6** traitent successivement, pour chaque événement, des mesures immédiates à prendre en cas d'alarme, des objectifs des actions concernées et des mesures qu'il pourrait être utile de prendre pour renforcer la capacité d'intervention et limiter les dommages.

Quant aux **chapitres 7 à 12**, ils fournissent des indications générales sur les actions à entreprendre. Ils décrivent notamment le rôle et les compétences de l'Office de l'agriculture ainsi que la « ligne générale » adoptée par l'Office en matière d'organisation, d'information, de traitement des animaux au cours de l'évacuation et d'indemnisation. Le chapitre 12 donne la liste des numéros de téléphone, de télécopie et de télex utiles.

Ce manuel est appelé à évoluer régulièrement. À mesure que de nouvelles connaissances seront acquises et que, par exemple, les renseignements nominatifs deviennent obsolètes, il est en effet prévu d'établir de nouvelles versions de chapitres, parties ou annexes du manuel en vue de remplacer les anciennes.

7. Dispositions prévues en cas de rejet radioactif

Diffusion de conseils sur les mesures générales et, à un stade ultérieur, ciblage des mesures en fonction des précisions fournies sur la situation radiologique.

Lorsqu'un rejet radioactif s'est produit ou qu'il est imminent, il sera probablement très difficile de savoir d'une part quelle est l'importance du rejet et, d'autre part, si la Suède sera touchée et, dans l'affirmative, dans quelle mesure elle le sera.

Si les vaches sont au pâturage, l'iode radioactif peut contaminer le lait dans les vingt-quatre heures suivant le rejet. Il y aurait donc lieu de demander instamment aux agriculteurs, par le biais d'un bulletin d'information généralement suivi par ces derniers à la radio ou à la télévision, de ne pas conduire leur troupeau au pâturage après la prochaine traite prévue. L'autre solution, qui consiste à rentrer les animaux lorsqu'il n'y aura pas de traite à prévoir, pourrait prendre beaucoup de temps et être difficile à gérer. Il sera également recommandé aux éleveurs de réduire la ventilation le plus possible, de rentrer les aliments du bétail et les fourrages dans les bâtiments, et d'utiliser des aliments non contaminés.

Il est demandé aux cultivateurs de différer les interventions prévues (travail du sol, semis et récolte) en attendant des instructions plus détaillées et, dans la mesure du possible, de couvrir ou de rentrer les intrants tels que les semences, ainsi que les produits récoltés.

8. Mesures visant à limiter les dommages dans les secteurs des productions animales et végétales

Choisir la série de mesures la mieux adaptée à la situation du moment.

Tout événement est unique en son genre. Comme le manuel donne une liste systématique des différentes mesures pouvant être prises, il y a lieu de sélectionner et de combiner les mesures appropriées. Par exemple :

Pour les productions animales

1. Réduire l'exposition du bétail aux rayonnements :
 - irradiation externe (logement, décontamination du toit des étables) ;
 - irradiation interne (logement, autres aliments du bétail, autres pâturages).

Pour les productions végétales

1. Différer toute intervention dans les champs.

Pour les productions animales (suite)

2. Limiter le transfert au produit :
 - ration alimentaire (apport plus important de fibres, complémentation en calcium) ;
 - type de production (production de viande, autres animaux) ;
 - abattage (époque, alimentation à visée sanitaire).
3. Ne pas utiliser les produits destinés à l'alimentation humaine :
 - comme aliments pour le bétail ;
 - en interdisant l'utilisation.

Pour les productions végétales (suite)

2. Ne démarrer aucune culture :
 - d'autres plantes agricoles (plantes énergétiques, plantes industrielles) ;
 - de plantes habituellement cultivées.
3. Éliminer le dépôt radioactif :
 - enlever les matières contaminées (couche de neige, herbe et systèmes racinaires des plantes, couche de terre) ;
 - labourer (labour classique ou labour profond).
4. Réduire le transfert aux cultures :
 - par le recours à des produits agrochimiques (fertilisation, chaulage) ;
 - en cultivant d'autres plantes (autres variétés, cultures équivalentes, autres plantes fourragères, par exemple, autres cultures).
5. Limiter l'utilisation des cultures en place :
 - en interdisant leur commercialisation ;
 - en recommandant certaines méthodes de récolte.

À mesure que l'on dispose de données sur la contamination du sol, il convient de limiter la surface sur laquelle les vaches laitières doivent être enfermées, même si la situation se prolonge. Dans les premiers jours qui suivent l'accident, il devrait être possible de connaître précisément les zones n'ayant pratiquement pas été touchées par des retombées. Au bout d'un mois, les données relatives à la superficie contaminée par le césium 137 devraient être suffisamment détaillées pour permettre de faire de nouveau pâturer les vaches laitières dans les régions où le taux de contamination est inférieur à un certain niveau. Pour ce qui est des zones où la contamination du sol est élevée, ce sont les mesures effectuées de façon continue qui détermineront la date à laquelle les vaches pourront de nouveau être conduites au pâturage. Les mesures de limitation du pâturage pourront être levées progressivement au fur et à mesure de la décroissance des matières radioactives et de la repousse de l'herbe.

Pour déterminer la date à laquelle le pâturage peut être autorisé, les mesures de radioactivité doivent être effectuées au sol ainsi que sur l'herbe et sur le lait. On peut utiliser à cet effet certaines exploitations agricoles où plusieurs vaches laitières seront laissées au pâturage. Le gouvernement versera alors le prix correspondant aux quantités de lait inutilisables.

Cette procédure permet de tester les hypothèses sur le lien entre contamination du sol et concentration de matières radioactives dans l'herbe, puis dans le lait et, par conséquent, d'obtenir des données plus fiables pour déterminer s'il est possible de remettre au pâturage les vaches laitières d'autres exploitations compte tenu du taux de contamination du sol dans la zone considérée.

MESURES AGRICOLES – PROBLÈMES LIÉS À LEUR MISE EN OEUVRE

par

S. Bittner, R. Stapel
Allemagne

1. Introduction

En cas d'incident nucléaire susceptible d'avoir des conséquences radiologiques significatives, des mesures doivent être prises afin de maintenir l'exposition de l'homme à un niveau aussi faible que possible. On fait la distinction entre les dispositions du type agricole et les autres qui, sauf en cas de contamination très importante du sol, sont des actions à court terme lorsqu'elles sont mises en oeuvre avant ou pendant le passage du panache. Par contre, les mesures du type agricole ne peuvent souvent être déclenchées qu'après le passage du panache. Ces actions tardives, parfois fort onéreuses, pourraient être évitées par des interventions plus précoces permettant de minimiser les dégâts d'ordre économique et écologique. Par conséquent, il est clair que pour émettre des recommandations dans le domaine agricole, il faut prendre en compte un grand nombre de facteurs qui doivent être considérés lors d'une urgence radiologique. En effet, il faudra :

- veiller à ce que les mesures soient adaptées à la situation réelle,
- tenir compte des facteurs économiques,
- analyser l'impact écologique possible.

Les mesures agricoles seront donc examinées ci-après à la lumière de ces éléments.

2. Phases d'intervention

En cas de rejet d'activité dans l'atmosphère, il s'est avéré judicieux de distinguer trois phases par référence passage du panache :

- Phase I : mesures prises avant le passage du panache,
- Phase II : mesures prises pendant et juste après le passage du panache,
- Phase III : mesures prises après le passage du panache.

2.1. Phase I (antérieure au passage du panache)

Cette phase correspond à l'attente du nuage radioactif. Le temps dont on dispose pour s'y préparer peut se chiffrer en heures ou en jours. Les mesures pouvant être recommandées dans ce cas se fondent sur les résultats d'une évaluation radio écologique de la contamination prévue, sur la base d'un terme source potentiel issu de calculs de dispersion. Des erreurs considérables peuvent être faites avec ce type de prédiction en raison des incertitudes liées aux estimations par rapport aux événements réels.

Les mesures préconisées dans ce cas sont des actions à court terme destinées à éviter la contamination, telles que :

- collecte immédiate de tous les produits prêts à être récoltés,
- fermeture des serres et des châssis de couches,
- couverture des cultures fruitières et des produits stockés à l'extérieur,
- dispositions visant à rentrer le bétail et à l'empêcher de paître.

L'intérêt de ces mesures réside dans leur coût modique et leur caractère préventif. Leurs conséquences écologiques sont relativement faibles, voire inexistantes.

Il est donc nécessaire de définir des valeurs de référence au cours de la phase de planification précédant la contamination. Si ces seuils sont dépassés, les mesures ci-dessus devront être déclenchées. Compte tenu de l'incertitude associée aux valeurs contenues dans la base de données disponible et du faible coût des actions prises, il suffira d'indiquer des ordres de grandeur au-delà desquels il est recommandé d'intervenir.

2.2. Phase II (pendant et juste après le passage du panache)

La base de données utilisée est sensiblement la même que pour la phase I. Les recommandations reposent essentiellement sur des prédictions car on ne dispose de valeurs mesurées suffisantes sur la contamination des produits agricoles que si le temps de passage du nuage est relativement long.

De la même façon, les dispositions prises sont à peu près les mêmes que précédemment. L'objectif reste d'empêcher la contamination des produits agricoles, mais il faut également tenir compte du risque de radio exposition de l'homme par inhalation. Par conséquent, les animaux doivent rester à l'étable et les produits arrivés à maturité ne doivent pas être récoltés pendant le passage du panache. Un autre exemple de mesure appropriée consiste à éviter d'utiliser de l'eau superficielle contaminée pour irriguer les champs ou remplir les abreuvoirs.

2.3. Phase III (après le passage du panache)

Cette phase correspond à la contamination de différentes parties de l'environnement par dépôt direct puis, au bout d'un certain temps, de zones peu ou pas exposées à ce type de dépôt. Il est alors important d'obtenir une vue à long terme du processus de concentration de l'activité dans les secteurs concernés.

Après le passage du panache, la question est de savoir si les niveaux d'intervention ont été dépassés. Si tel est le cas, il faut déterminer si les produits agricoles peuvent être mis en vente ou, à défaut, si l'on peut ramener leur activité à un niveau conforme aux limites établies par l'Union Européenne, moyennant des mesures appropriées, telles que :

- stockage en vue de la décroissance radioactive des radionucléides à vie courte,
- traitement industriel,

Si ceci est impossible, les produits devront être éliminés.

Pour émettre des recommandations, on dispose alors d'une base de données constituée de valeurs de mesure relatives aux zones agricoles (par exemple contamination du sol, activité volumique du lait, des plantes etc.).

Les dispositions prises suite à une contamination radioactive, comme par exemple l'élimination des produits agricoles, sont plus onéreuses et souvent plus compliquées que lors des phases précédentes. Pour cette raison, elles se fondent non pas sur des prévisions mais sur des mesures. Les prédictions ne sont utilisées que pour identifier les éventuels produits agricoles critiques et les zones affectées, entre autres pour en déduire l'évolution future de la contamination.

Les actions possibles dans ce cas sont de deux types :

1. Mesures visant à réduire la contamination des denrées alimentaires et des aliments pour le bétail :

- retardement des récoltes, coupe à un niveau plus élevé que prévu, etc. ;
- alimentation avec du fourrage sain, complément avec des liants du Cs et du Sr ;
- traitement industriel (fabrication de conserves, de jus de fruit, de vin, de beurre, broyage complet des céréales) ;
- stockage ;
- autre utilisation ou élimination des produits alimentaires fortement contaminés (mise au rebut).

2. Mesures visant à réduire ou à empêcher que les radionucléides déposés ne passent dans les denrées alimentaires et les aliments pour le bétail, telles que :

- décontamination et traitement des sols agricoles (élimination/enlèvement de la couche végétale, labourage profond, ajout d'engrais, etc.) ;
- cultures de substitution (lin, remplacement du blé par le colza et des pommes de terre par les betteraves à sucre, etc.) ;
- abandon de zones agricoles (mise en forêt des zones fortement contaminées).

Les mesures isolées peuvent avoir un impact plus écologique qu'économique en raison d'interférences souvent graves avec la nature conduisant à une rupture permanente de l'équilibre écologique (par exemple enlèvement de la couverture végétale) qui ne sera rétabli qu'à longue échéance.

3. Problèmes

3.1. Généralités

Avant de préconiser une mesure, son utilité doit être étudiée par rapport à la situation réelle en considérant l'ensemble de ses conséquences économiques (analyse coût-bénéfices). La situation est différente selon que l'intervention en question doit être réalisée sur une zone limitée ou sur l'ensemble du territoire.

Une action spécifique n'est possible que si les autorités compétentes garantissent dès la phase de planification, c'est-à-dire avant la contamination nucléaire, que l'on dispose du personnel et des équipements nécessaires. Des problèmes sont néanmoins toujours possibles dans la pratique.

3.2. *Problèmes liés aux mesures à court terme*

En cas de mesures à court terme intervenant avant le passage du nuage, le temps dont on dispose joue un rôle essentiel. Il se pose là encore un problème matériel : dispose-t-on du personnel et des moyens nécessaires (par exemple moissonneuses, espace de stockage, films pour recouvrir les récoltes, fourrage sain en quantité suffisante) ?

3.3. *Problèmes posés par les mesures à moyen terme et long terme*

En cas de dégâts écologiques très lourds, les actions entreprises visent à ne plus employer les terres pour un usage agricole. Si l'on élimine une forêt par exemple, l'effet secondaire sera de créer une zone sèche avec risque d'entraînement des particules radioactives déposées. Cette remise en suspension peut contribuer à augmenter la dose inhalée, notamment par dispersion des particules alpha.

L'abandon des terres agricoles risque par ailleurs de provoquer un changement radical d'utilisation du sol. Ceci s'accompagne nécessairement, à un moment ou à un autre, de pertes financières énormes pour des parties de la population. Ceci peut également entraîner une modification des habitudes alimentaires au niveau local, en fonction de la taille de la zone affectée. Le problème est d'autant plus crucial si les zones fortement contaminées doivent être mises en jachère, c'est-à-dire ne plus être cultivées. Dans ce cas, on offrira une compensation financière ou une autre terre en échange.

Problèmes de décontamination : Il existe plusieurs méthodes de décontamination avec des exigences et des conséquences différentes. On peut traiter les sols agricoles en enlevant la couche de terre végétale avec des balayeuses utilisées pour les routes. Ce procédé génère d'importantes quantités de déchets qui doivent être évacués, rompt l'équilibre écologique du sol et abaisse sa fertilité. Il est également possible de faire passer la couche supérieure du sol à un niveau inférieur ou de procéder à un labourage profond. Dans ces deux cas, on ne dispose pas des équipements nécessaires.

Problème de l'élimination des déchets : L'élimination des déchets d'origine végétale et la mise au rebut des produits alimentaires fortement contaminés pose un problème difficile à résoudre. Si la zone concernée est petite ou géographiquement limitée, la mise en oeuvre de cette mesure peut être relativement simple. Les dommages causés devront être compensés mais il devrait être assez facile de trouver des produits de substitution sains. La difficulté est toute autre en particulier si l'ensemble du pays est concerné.

Dans les deux cas, la question de l'évacuation des déchets se posera comme à chaque fois que des mesures de décontamination sont prises, même en dehors du domaine agricole.

Problèmes liés au traitement industriel : Des difficultés apparaîtront lors du traitement industriel des produits, comme par exemple pour la transformation du lait en beurre. Mis à part le surcoût occasionné, il faudra savoir quoi faire du beurre fabriqué qui viendra s'ajouter aux excédents

déjà existants. Dans ce cas, ne serait-il pas plus raisonnable de jeter le lait contaminé ? Le stockage de nouvelles quantités de beurre n'aboutira-t-il pas à des dépenses supplémentaires ?

4. Conclusion

L'ensemble des réflexions exposées dans ce document font apparaître la nécessité de soigneusement peser les mesures à prendre dès la phase de préparation. Il serait utile de disposer pour chacune des phases, notamment les deux premières, d'un catalogue de mesures associées à des seuils au-delà desquels des actions seraient recommandées. Ces valeurs seraient traitées et prêtes à être utilisées en fonction des produits agricoles et d'autres grandeurs (telles que concentration d'activité dans l'air intégrée dans le temps, la contamination du sol etc.).

C'est dans ce but qu'une première compilation a été réalisée en Allemagne, appelée Catalogue de contre-mesures [1]. Une présentation sous forme de tableau serait utile également.

La France aussi dispose d'un résumé des mesures agricoles avec valeurs de référence [2].

Un autre problème à clarifier est celui des déchets de décontamination et de l'évacuation des produits agricoles rejetés.

RÉFÉRENCES

1. Karthein, R.; Schnadt, H.; Willrodt, C, Übersicht über Maßnahmen zur Verringerung der Strahlenexposition nach Ereignissen mit nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen TÜV Rheinland, Cologne, 30 juin 1992 (révision du 22.03.1993).
2. Association nationale pour le développement agricole, 1990 *Agriculture, environnement et nucléaire*, Comment réagir en cas d'accident.

MODIFICATIONS DES PRATIQUES AGRICOLES ET ZOOTECHNIQUES POUR RÉDUIRE LA CONTAMINATION DE LA CHAÎNE ALIMENTAIRE

par

Henri Maubert et Philippe Renard
France

Résumé

Suite à un accident nucléaire il importe de réduire autant que possible les expositions des populations aux aérosols radioactifs déposés sur les sols et les surfaces. Les contre-mesures radioagronomiques sont des dispositions de protection applicables au système agricole et à la filière agro-alimentaire qui permettent de répondre à cette préoccupation. Leurs efficacités intrinsèques et cumulées, les conditions et intérêts de mise en oeuvre sont maintenant mieux appréciés, notamment par leur application à grande échelle suite à l'accident de Tchernobyl.

Sur la base d'une large étude bibliographique, ce document fournit des informations chiffrées sur les contre-mesures radioagronomiques.

1. Introduction

Depuis l'accident de Tchernobyl, de nombreuses études ont été consacrées aux contre-mesures radioagronomiques (CMR). Il s'agit de dispositions applicables au système agricole et à la filière agro-alimentaire, dont le but est de réduire la quantité de radionucléides susceptibles d'atteindre l'homme, principalement par la voie ingestion.

Le présent document a pour objet d'en dresser le catalogue et de fournir des éléments chiffrés permettant d'estimer leur efficacité en termes radiologiques.

2. Modifications des pratiques agricoles

2.1 Les techniques de réhabilitation

Ces techniques permettent de fixer puis de retirer du sol une partie de l'activité déposée. Dans le cas d'un sol agricole faiblement couvert (terres labourées, chaumes ou semis récents) et peu pierreux, deux techniques peuvent être utilisées. Elles consistent à rendre cohésifs, puis à enlever, les premiers centimètres de sol qui contiennent la quasi-totalité de la radioactivité.

Cette cohésion peut être assurée soit par des **mousses polyuréthane** [1] qui, répandues sur le sol polymérisent en « emprisonnant » les particules de sol, ou par un **tapis végétal**, naturel ou artificiel, qui possède un réseau racinaire traçant ayant le même effet. Des tests réalisés en 1992 près de Tchernobyl ont montré que l'enlèvement, par « déplaquage » de certains tapis végétaux permet une décontamination variant de 95 à 99 % selon les radionucléides et l'épaisseur enlevée.

Ces techniques sont d'autant plus efficaces qu'elles sont appliquées dans les premières années après l'accident. Elles nécessitent par ailleurs un gel du sol dans cette attente. En effet, tout travail du sol, avec pour conséquence la pénétration de la radioactivité, en réduit rapidement l'efficacité.

Elles présentent par ailleurs l'inconvénient de nécessiter des moyens spécifiques de mise en oeuvre dont le niveau d'élaboration n'est pas encore satisfaisant.

Une autre méthode, l'**enfouissement**, consiste à enfouir la radioactivité au moyen de charrues spéciales, au dessous de l'horizon racinaire (-1 mètre), avec pour effet de rendre celle-ci inaccessible, en plus ou moins grande partie, aux racines des végétaux de culture. Il ne s'agit pas, à proprement parler, d'une technique de décontamination du site, car, contrairement aux précédentes, elle n'enlève pas la radioactivité. L'efficacité notée suite à quelques expérimentations serait d'un facteur 2 à 3 par rapport à un labour normal [2].

Cette technique pose cependant le problème d'une possible migration ascendante vers la zone arable ou descendante vers les nappes de l'activité, dans un milieu qui pourrait favoriser sa remobilisation [3]. Des expérimentations sont en cours pour tester une méthode consistant à bloquer par des substances chimiques dans la couche superficielle, l'activité déposée en surface, puis à l'enfouir (sans retournement) à 30 ou 40 cm de profondeur [4].

Enfin, dans le cas de cultures pérennes, vignes et vergers, la **défoliation** non létale pour les végétaux eux-mêmes, a pour objectif d'empêcher la translocation des dépôts depuis la surface des feuilles vers les parties ligneuses et les fruits. Cette technique n'en est actuellement qu'au stade de tests préliminaires.

2.2 Utilisations d'adjuvants

Les ajouts dans le sol d'homologues stables des radionucléides par le biais d'**engrais** sont susceptibles de réduire le facteur de transfert aux plantes par un phénomène analogue à la dilution isotopique. Cette contre-mesure est particulièrement efficace pour les sols possédant une forte capacité de sorption pour le radionucléide considéré. Elle a été très utilisée après l'accident de Tchernobyl et des gains allant d'un facteur 1.5 à 2.5, pour différentes cultures ont été mis en évidence [5], [6], [7], [8]. Les terres sableuses de la région de Tchernobyl ne sont toutefois pas celles qui se prêtent le mieux à cette contre-mesure. En effet pour les sols à faible pouvoir de rétention, il y a un risque, si la dose d'engrais est trop forte (plus de 1g/kg soit 3t/ha) de provoquer l'effet inverse, c'est à dire une augmentation du facteur de transfert. Ceci est dû à la remobilisation du césium remplacé sur les sites de fixation par les ions potassium. Dans tous les cas les engrais contenant de l'ammonium doivent être évités [5]. L'ion ammonium a pour effet de provoquer la désorption des cations fixés aux particules du sol, ce qui provoque une biodisponibilité accrue des polluants.

Dans l'utilisation d'**adsorbants** ou de **complexants** (chélateurs) on recherche l'augmentation des capacités de rétention du sol, et donc la fixation des radionucléides. L'application de zéolites sur les sites contaminés de Tchernobyl a permis un gain d'un facteur 1.5 à 2 sur le transfert sol-plante du césium [6]. Cette contre-mesure semble moins efficace si elle intervient en complément de l'administration d'engrais [7]. La diminution de l'acidité des sols a pour effet de diminuer les facteurs de transfert. De la chaux peut donc être rajoutée aux sols acides. Cette contre mesure appliquée en Ukraine a permis un gain d'un facteur 1.5 à 2 [8] pour le césium. En particulier,

une combinaison chaulage – engrais sur prairie a permis une réduction d'un facteur 3.5 de la concentration en césium du lait [9].

3. Modification des pratiques zootechniques

3.1 Généralités sur les productions animales

La production de lait qui concerne en particulier les enfants, est la plus sensible en situation post-accidentelle, dès les premières heures qui suivent le dépôt. A court terme après l'accident les transferts d'iode radioactif dans le lait constituent une des voies d'atteinte parmi les plus importantes, et ce plus particulièrement pour des vaches en libre pâture directement exposées au dépôt. A moyen et long terme ce sont les transferts de radiostrontium et radiocésium au lait qui peuvent rester préoccupants alors que les transferts aux végétaux cultivés ne posent plus problème.

De manière générale, l'ensemble des bovins se trouvant aux champs, élevés pour leur lait ou pour leur viande, doivent en être retirés rapidement si possible; tout particulièrement les veaux élevés sous leur mère qui concentrent de manière importante la radioactivité. Ce type d'élevage est toutefois de plus en plus rare, les veaux étant maintenant nourris avec du lait reconstitué. En revanche, les productions porcines et volaillères sont souvent mieux préservées dans les mois qui suivent l'accident, du fait de l'alimentation en stabulation, auge, parc ou batterie.

Les contre-mesures envisageables pour des animaux restés en pâture après l'accident ou qui pour des raisons économiques (rentabilisation des productions fourragères ou céréalières), ou de difficultés d'approvisionnement extérieur, doivent être nourris par des aliments contaminés, sont : l'abattage différé, la cure alimentaire de décontamination et les techniques de diminution du transfert métabolique (cf. § 3.3)

3.2 Le retrait du pâturage

Cette contre-mesure donne des résultats d'autant plus appréciables qu'elle est prise tôt, et dans la première semaine qui suit l'accident. La diminution de l'activité du lait qu'elle engendre se répercute directement sur la durée d'une éventuelle interdiction de consommation (figure 1). Pour une réduction d'un facteur 2 de la radioactivité du lait de vache une fois l'équilibre métabolique atteint, il faut attendre de 7 à 10 jours pour le césium, 40 heures pour le strontium et 20 heures pour l'iode [10]. Parallèlement au retrait du pâturage, il convient de veiller à ce que l'eau d'abreuvement soit la moins contaminée possible.

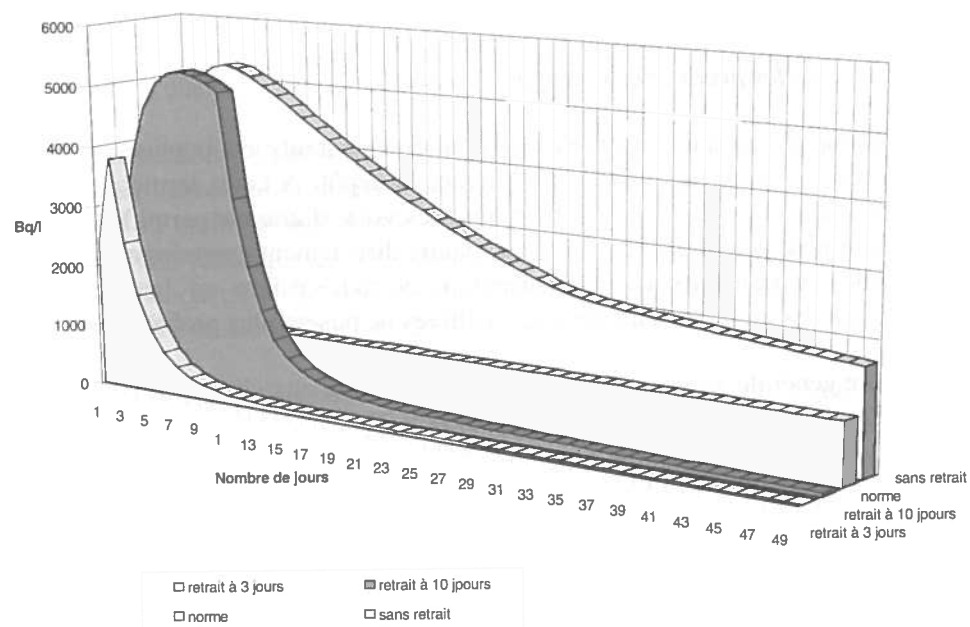
Son efficacité peut être également évaluée en effectuant le rapport de la concentration dans le lait, intégrée sur 100 jours, sans et avec retrait du pâturage au bout d'un certain nombre de jours.

Tableau 1. Exemples de l'efficacité de la contre-mesure « retrait du pâturage » sur l'activité intégrée du lait en césium pendant 100 jours (Bq produits sans retrait / Bq produits avec retrait le x^{ème} jour).

x (jours)	2	5	8	10	30
Efficacité	14	6	4	3	1.5

Pour le strontium 90 les efficacités relatives sont comparables.

Figure 1. Efficacité du retrait du pâturage sur la contamination du lait en césium 137 pour des vaches en libre pâturage sur une zone présentant un dépôt de 1E5 Bq.m⁻²



Cette contre-mesure pose le problème de l'approvisionnement, en particulier pour les élevages de type extensif dans le cas d'un accident survenant au printemps ou au début de l'été. Il faut en effet prévoir une disponibilité équivalente à 13 kg de matière sèche par jour et par animal. Il est possible de ramener cette ration de production à une ration d'entretien de 8 à 10 kg de matière sèche par jour et par vache. Dans le cas où la stabulation se révèle difficile, voire impossible pour tout le cheptel de manière durable, il est envisageable de parquer les animaux sur des surfaces limitées préalablement fauchées, puis dès que la repousse est suffisante, d'étendre ces surfaces de manière à réaliser un retour progressif au libre pâturage.

Dans ce sens, un jeu de contre-mesures dénommé « Amélioration radicale des prairies et pâturages naturels » a été appliqué en polésie Bélarus [11], [12] suite à l'accident de Tchernobyl. Cet ensemble consiste à effectuer un labourage profond associé à l'adjonction de complexants et d'engrais, puis à re-semer la prairie. Il a permis l'obtention de gains d'un facteur 3 (sur sol podzolique ou tourbeux) à 16 (sur sols plus fertiles) sur la concentration en césium du lait des vaches, en absence de toute autre disposition liées à ces animaux. Cette contre-mesure contribue également à la diminution d'un facteur 2 à 3 de l'exposition externe. Il semble cependant que dans le cas de contamination par des « particules chaudes », l'effet soit inverse, probablement par effet de dégradation de la matrice qui emprisonnait les produits de fission.

La norme indiquée est de 1000 Bq/kg (norme CCE). Le modèle métabolique adopté pour l'obtention de cette figure est le modèle allemand ECOSYS [14].

De manière générale, la concentration du lait des vaches qui pâturent sur prairies naturelles est de 3 à 14 fois plus élevée que celle du lait des vaches de prairies cultivées, pour un dépôt identique et en absence de toute autre contre-mesure.

3.3 L'abattage différé et la cure de décontamination

Dans le cas de bovins en libre pâturage qui n'ont pu être rentrés dans les huit jours, il convient de différer leur abattage de manière à attendre l'élimination métabolique des contaminants et de leur donner durant ce laps de temps des fourrages non contaminés. Pour une diminution de l'activité d'un facteur 2 chez les bovins et ovins il faut attendre de 5 à 7 jours pour les iodes, de 20 à 40 jours pour les césiums et de 60 à 100 jours pour les strontiums [10]. R.G.Iliazov *et al* [12] annoncent une période biologique d'élimination du césium allant de 14 à 30 jours suivant la ration alimentaire. Ces résultats sont compatibles avec les périodes métaboliques utilisées dans les modélisations dynamiques de transfert aux produits animaux [13], [14].

La cure de décontamination permet de traiter le cas de bovins qui sont nourris, en partie avec des aliments contaminés, et dont la viande est en dehors des normes de commercialisation. Il est, en effet, possible de diminuer, par une nourriture non contaminée appropriée, les périodes biologiques d'élimination précédentes et de prévoir une cure avant l'abattage pour revenir à la norme. N. P. Astacheva *et al* [15] précisent que pour certains régimes d'engraissement final (à base d'orge notamment), la diminution globale de la radioactivité de la viande peut atteindre un facteur 8 à 12 en 2 à 3 mois.

3.4 Diminution du transfert métabolique au lait et à la viande

L'administration d'iode répond au principe bien connu, de la dilution isotopique; employé par ailleurs pour la protection des humains. On peut attendre une réduction d'un facteur 2 à 4 de l'activité en iode du lait de vache pour une dose de l'ordre de 10g d'iodure de potassium ou de sodium administrée quotidiennement [16].

Pour le césium et le strontium, les contre-mesures consistent à ajouter à la ration alimentaire des animaux, des produits ayant la propriété d'adsorber les radionucléides dans le tractus gastro-intestinal. Ainsi une plus grande partie des polluants est excrétée et ne contribue plus aux transferts vers le lait et la viande.

L'administration d'argiles (bentonite, vermiculite) incorporée à la ration alimentaire provoque ainsi une réduction de la concentration en césium du lait (vache ou brebis) et de la viande (boeuf, mouton ou cochon) d'un facteur 2 pour une incorporation quotidienne de l'ordre de 300g/jour. Jusqu'à 500 g/jour, cette administration se fait sans préjudice à l'animal. Une ingestion supérieure à 800 g par jour d'argile entraîne un amaigrissement de l'animal et un refus progressif dès 700g/jour. Enfin l'administration d'houmolite, mélange de zéolithe et d'humus, à raison de 5% de la ration alimentaire conduit à une efficacité d'un facteur 3 [17].

L'administration d'hexacyanoferrate (Bleu de Prusse), provoque une réduction de la concentration en césium d'un facteur 3 à 5 pour le lait de vache ou de brebis, d'un facteur 4 pour la viande de boeuf, 6 pour celle de poulet, 10 pour le veau et le cochon [18, 19, 20]. Cette incorporation se fait soit par simple ajout dans la nourriture (1g.kg⁻¹), soit sous forme de blocs de sels à lécher, soit encore dans un conditionnement qui permet la libération progressive du produit dans la panse de l'animal [21]. Ce traitement, utilisé couramment en Norvège et en Irlande, devait être appliqué sur certaines fermes privées situées sur les territoires touchés par les retombées de Tchernobyl dès le début de la saison de pâturage 1993 [22].

4. Traitements agro-alimentaires simples et préparations culinaires

Lorsque les productions agricoles ont été contaminées, il existe des moyens de réduire la contamination ingérée, parmi lesquels certains traitements agro-alimentaires et pratiques culinaires. Plusieurs phénomènes peuvent intervenir lors de ces pratiques pour modifier la teneur en radioactivité des aliments :

- le rejet d'une partie du produit brut, par exemple la peau des fruits et légumes, les os ou la graisse des animaux,
- le passage en solution de la radioactivité contenue dans l'aliment à cuire, par exemple lors de l'ébullition des légumes,
- au contraire, la concentration peut intervenir dans certains cas : chips , etc.

Les coefficients de transformation que l'on peut attendre des principales préparations agro-alimentaires ou culinaires sont donnés dans le tableau 2.

5. Discussion

Les contre-mesures présentées ci-dessus appellent certains commentaires quant à leurs limites d'application, en relations avec leurs efficacités et leurs modalités de mise en oeuvre.

Comme on l'a vu dans le cadre de la réorientation des production, des **combinaisons de contre-mesures** permettent quelquefois d'aller au delà des efficacités précédemment annoncées et intrinsèques à chacune d'elles. Ainsi un jeu de contre-mesures dénommé « Amélioration radicale des prairies et pâturages naturels » a été appliqué en polésie Bélarus [11, 12] et a permis l'obtention de gains d'un facteur 3 (sur sol podzolique ou tourbeux) à 16 (sur sols plus fertiles) sur la concentration en césium du lait des vaches, en absence de toute autre disposition liée à ces animaux.

Bien que d'une efficacité significative et présentant un impact psychologique non négligeable, les techniques de réhabilitation posent d'importants problèmes de mise en oeuvre (machines spécialisées à l'étude) et de gestion des déchets qu'elles produisent. Par ailleurs leurs coûts financiers et radiologiques (expositions des personnes chargées de leur application) doivent être évalués afin de juger de leur intérêt d'application en fonction des surfaces des terrains concernés et de leur valeur économique. Leur intérêt majeur se situe au niveau de la réhabilitation de petites surfaces urbaines (jardins, pelouses, accès en terre battue) ou sub-urbaines.

En ce qui concerne l'administration d'adjuvant, les efficacités annoncées sont inférieures aux variations d'intensité des transferts concernés. Il est de ce fait difficile de les utiliser de manière déterministe pour gérer l'utilisations de contre-mesures lors d'une situation de crise. Aussi nous suggérons que leur application devrait avoir pour objectif de confirmer et sécuriser la décision d'autoriser la commercialisation d'un produit, plutôt que d'être considéré comme le motif d'extension de cette autorisation. Par exemple, elles devraient être préconisées quand un produit est au niveau de la norme, plutôt que pour rendre commercialisable un produit qui la dépasse d'un facteur 2 ou 3, suivant l'efficacité de la contre-mesure considérée. Ces contre-mesures nécessitent par ailleurs une action particulière et permanente, en particulier pour les animaux, et peuvent à long terme devenir lourdes et fastidieuses.

La réorientation des productions nécessite des modifications profondes des pratiques agro-alimentaires, la mise en place d'une organisation particulière à grande échelle (nouveaux échanges de produits), et l'existence d'une infra-structure argo-alimentaire adéquate. Il apparaît cependant que ces modifications ne sont pas incompatibles avec les pratiques traditionnelles et peuvent très bien s'intégrer dans les systèmes de productions existants. Par exemple, la succession d'une culture fourragère ou sarclée à une culture céréalière fait partie d'une pratique couramment employée de rotation des cultures qui permet de maintenir le sol à sa capacité optimale de rendement. De même, le développement de circuits de collecte des produits agricoles et de distribution des denrées alimentaires, de plus en plus long en raison du regroupement des structures agro-alimentaires de transformation, doivent permettre, moyennant des aménagement, les transformations préconisées. Du point de vue radiologique, la réorientation des productions devrait permettre, en intervenant à différents niveaux de la chaîne alimentaire, de cumuler les efficacités intrinsèques aux contre-mesures envisagées, et ainsi d'obtenir sur des zones contaminées, des productions agricoles très en deçà des normes de commercialisation.

6. Conclusion

Les travaux menés en matière de réduction des transferts de radioactivité tout au long de la chaîne alimentaire terrestre, permettent de disposer d'une panoplie de contre-mesures applicables en situation post-accidentelle, dont l'efficacité a été quantifiée par expérimentations, puis par applications dans divers pays de la CEI.

Ces dernières ont le plus souvent confirmés les efficacités des contre-mesures les plus étudiées qui consistent en l'utilisation d'adjuvants destinés à diminuer les transferts de radioactivité vers les productions agricoles (chaulage, engrais, zéolithes pour le transfert aux végétaux, iode, argile, cyanoferrates pour les produits animaux). Il en est de même pour les techniques de réhabilitation (décapage des sols, labour profond) qui ont également été testées *in situ* sur les territoires contaminés.

Ces applications en « grandeur réelle » ont par ailleurs mis en évidence les limites de telles dispositions sur de grandes surfaces (en ce qui concerne les techniques de réhabilitation) ou sur le long terme (pour l'utilisation d'adjuvants). Il apparaît notamment la nécessité de juger de leur intérêt d'application en considérant leur efficacité au regard : des variations locales du dépôt initial et du transfert effectif de la radioactivité, des facteurs minimum de protection qui prévalent pour toute décision, des contraintes, coûts et difficultés rencontrées pour leur mise en place, et surtout des critères psychologiques.

Parallèlement ou complémentaires à ces contre-mesures, des dispositions basées sur des modifications des pratiques agro-alimentaires ont été proposées. Certaines ont été testées et mises en place par les autorités de différents pays de la CEI. Par leur efficacité, leur applicabilité à grande échelle, leur bonne insertion dans le tissu agro-alimentaire, et leur pérennité, ces contre-mesures semblent à même de répondre à la principale préoccupation à long terme qui est de réduire au minimum l'impact de l'accident.

Tableau 2. Facteur de transfert produit brut à produit lors de certaines préparations agro-alimentaires ou culinaires (Bq/kg frais traité / Bq/kg frais brut) [23, 24, 25, 26, 27]

Produit	Cs	Sr	I
viande ⇒ bouillie	0.4	0.5	0.6
⇒ rôtie ou frite	0.8	0.8	
⇒ marinée	0.1 - 0.6	0.5	
⇒ salaisons	0.2 - 0.4		
lait ⇒ dérivé			
fromage blanc	0.01 - 0.05	0.08	0.25
petit lait de fromage blanc	0.70 - 0.95		
fromage pâte molle ou dure (présure)	0.05 - 0.10	0.5 - 0.6	0.15 - 0.30
fromage (ferment lactique)	0.10 - 0.12	0.08	0.21 - 0.27
yaourt	0.34		
lait écrémé	0.90 - 0.95	0.90 - 0.95	0.85
crème	0.05 - 0.10	0.05 - 0.10	0.15
beurre	0.01 - 0.05	0.005 - 0.008	0.04
blé ⇒ farine blanche	0.40	0.20	
pomme de terre ⇒ pelée bouillie	0.90	0.75	
frite		0.60	
chips	2.00	5.00	
champignon ⇒ bouilli	0.80	0.50	
légumes feuilles * ⇒ lavés	0.90	0.50 - 0.80	
(salade, chou, épinard) blanchis	0.10 - 0.50	0.50	
légumes fruits * ⇒ bouillis	0.30 - 0.50	0.30	0.20

* légumes contaminés par voie aérienne

RÉFÉRENCES

1. Maubert, A. Jouve, N. Mary et R. Millan-Gomez; *Agricultural soil decontamination techniques: methods and results of tests released near Chernobyl*, Environnement impact of nuclear installations Seminar, Fribourg (Switzerland), 15-18 septembre 1992. SFR février 1993.
2. Loensjoe, K. Rosen. Effects of remedial measures on long term transfer of radiocesium from soil to agricultural products as calculated from Swedish field experimental data, International Symposium on environmental contamination following a major nuclear accident, Vienne, 16-20 octobre 1989.
3. Davydtchouk. *Analyse écologique des conséquences des contre-mesures dans la zone de Tchernobyl*, Radioécologie et contre-mesures, Séminaire UIR CEI - Kiev, 27 avril-4 mai 1991.
4. Koukhar, V.V Blagoev. AN Liachenko. Bilanzet; Perspectives des travaux de l'Institut de chimie bio-organique et pétrolière de l'académie des sciences de l'Ukraine dans le domaine de la réhabilitation des zones contaminées suite à l'accident de Tchernobyl, Radioécologie et contre-mesures, Séminaire UIR CEI - Kiev 27 avril-4 mai 1991.
5. Grauby, A. Jouve, B. Legrand; Study of the possibility of attening soil-plant transfer after an accident, by application of manure to the soil and by foliar spraying, Workshop on the transfer of radionuclides in natural and semi-natural environnements Udine, (Italie) 11-15 septembre 1989, Desmet ed. 707 p. p 403, 1990.
6. Alexakhin. Countermeasures in agricultural protection as a powerful factor in liquidation of the Chernobyl accident consequences, Workshop on "Relative Effectiveness of Agricultural Countermeasury Techniques" (REACT.), Brussels, 2-4 October 1991.
7. Tischenko, V.I. Kounovsky. Accumulation du ¹³⁷ Cs dans les tubercules de pomme de terre suite à l'introduction d'engrais et d'agents améliorants, Radioécologie et contre-mesures. Séminaire UIR CEI - Kiev 27 avril - 4 mai 1991.
8. Bondar, A.I. Doutov, Influence des engrais minéraux et autres agents améliorants sur l'accumulation du césium dans la récolte d'avoine sur les sols chaulés, Radioécologie et contre-mesures, Séminaire UIR CEI - Kiev 27 avril - 4 mai 1991.
9. Prister, G.P Perepeliatnikova, L.V. Perepeliatnikova, Countermeasures used in the Ukraine to produce forage and animal food products with radionuclide levels below intervention limits after Chernobyl accident, The science of the total environment, v 137 p. 183, 1993.
10. EV. Jones Management methods of reducing radionuclide contamination of animal food products, The science of the total environment, v 137 p 227, 1993.
11. Firsakova, N.V. Grebenschikova, S.F. Timofeev, A.A. Nivik, Efficacité des contre-mesures d'amélioration des sols appliquées en Polésie bielorussse pour diminuer les transferts du radiocésium dans les plantes, Dans : Radioécologie et contre-mesures, Séminaire UIR CEI - Kiev 27 avril - 4 mai 1991.

12. Iliazov *et al.* Utilisations possibles de différentes préparations de ferrocyanides pour diminuer le transfert du radiocésium dans la production de l'élevage du territoire contaminé par Tchernobyl, Radioécologie et contre-mesures, Séminaire UIR CEI, Kiev 27 avril- 4 mai 1991.
13. Radioactivity transfer to animal products, Radiation protection of the Commission of the European Communities, Rapport EUR 12608 EN – 1991.
14. Müller. G. Pröhl. ECOSYS-87 : a dynamic Model for assessing radiological consequences of nuclear accidents, Health physics, vol 64, n°3, p 232. 1993.
15. Astacheva, L.M. Romanov. Possibilité de diminution de la pénétration des radionucléides dans la production de l'élevage, Radioécologie et contre-mesures, Séminaire UIR CEI – Kiev 27 avril - 4 mai 1991.
16. Voigt. The reduction of radioactive contamination in animals and their products by chemicals in agricultural ecosystems, GSF, Forschungszenntreem für Clunwelt and Gesundheit, Institut für Strahlangehutz. Neuhaberg. 1991.
17. Prister, N. Coschilov, L. Perepeliatnikova, Efficiency of mesures aimed at decreasing the contamination of agricultural products in areas contaminated by the Chernobyl NPP accident, Science of the total environnement, v. 112 (I) p. 79, February 1992.
18. Voigt. The reduction of radioactive contamination in animals and their products by chemicals in agricultural ecosystems, GSF, Forschungszenntreem für Clunwelt and Gesundheit, Institut für Strahlangehutz. Neuhaberg, 1991.
19. Iliazov, S.K. Firsakova, A.F. Karpenko, Problèmes radioécologiques de l'élevage en Bélarus après l'accident de Tchernobyl, Radioécologie et contre-mesures, Séminaire UIR CEI – Kiev 27 avril - 4 mai 1991.
20. Bourov, N.P. Arhkipov, S.P. Gaschak, M.S. Roudtchenko, Influence des ferrocyanides sur la teneur en ¹³⁷Cs de la production de l'élevage après Tchernobyl, Radioécologie et contre-mesures, Séminaire UIR CEI – Kiev 27 avril - 4 mai 1991.
21. Hove. Chemical methods for reduction of the transfer of radionuclides to farm animals in semi-natural environment, The science of the total Environment, v 137 p 235, 1993.
22. Réduction de la contamination des denrées alimentaires par le césium dans la région de Tchernobyl, AIEA Bulletin, 1/1993. p 18.
23. Grauby, J. Miribel. Les techniques agro-alimentaires et culinaires, rôle et importance sur les niveaux radiologiques des aliments, Seminar on radioactivity transfer during food processing and culinary preparation, Cadarache (France) 18 - 21 septembre 1989. p3.
24. Noordjik. A literature review on radionuclides behaviour during food processing, Les techniques agro-alimentaires et culinaires, rôle et importance sur les niveaux radiologiques des aliments, Seminar on radioactivity transfer during food processing and culinary preparation, Cadarache (France) 18 - 21 septembre 1989, p29.

25. Voigt, H. Muller, G. Prohl, N.G. Paretzke, Cesium activity distribution in cereals after milling processes, Seminar on radioactivity transfer during food processing and culinary preparation, Cadarache (France) 18 - 21 septembre 1989, p351.
26. Kirchmann; Rétrospective des études sur la décontamination du lait et la répartition des produits de fission majeurs dans les dérivés, Les techniques agro-alimentaires et culinaires, rôle et importance sur les niveaux radiologiques des aliments, Seminar on radioactivity transfer during food processing and culinary preparation, Cadarache (France) 18-21 septembre 1989, p231.
27. Rantavarra; Transfer of radionuclides during processing and preparation of foods, Finish studies since 1986, Seminar on radioactivity transfer during food processing and culinary preparation, Cadarache (France) 18 - 21 septembre 1989, p69.

ASPECTS AGRICOLES DES CONSÉQUENCES DE L'ACCIDENT DE LA CENTRALE NUCLÉAIRE DE TCHERNOBYL EN UKRAINE

par

B.S. Prister, L.V. Perepelyatnikova et V.A. Pronevitch
Ukraine

Résumé

L'exemple des territoires d'Ukraine contaminés à la suite de l'accident de la centrale nucléaire de Tchernobyl est utilisé pour décrire les types successifs de contre-mesures appliquées au secteur agricole en cas d'accident nucléaire et indiquer leur degré d'efficacité. On met en évidence les excellents résultats obtenus par les apports d'engrais, en particulier sur sols derno-podzoliques et sols tourbeux acides. La protection des populations contre les rayonnements passe surtout par l'application de contre-mesures destinées aux exploitations privées, dont la production est réalisée sur des espaces sensibles – pâturages forestiers et prairies humides. On démontre en outre la nécessité de mettre en place non seulement une surveillance radiologique, mais également une surveillance écologique et sanitaire, dans le but de détecter les paysages et les produits qui présentent le plus de risques.

L'importance des conséquences, sur le secteur agricole, d'une contamination radioactive de l'environnement dépend non seulement de l'échelle de cette dernière, mais également de sa complexité : outre les difficultés soulevées par la protection de la population contre les rayonnements, se posent des problèmes d'ordre socio-psychologique et d'autres liés à l'emploi et à la nécessité de modifier les modes de vie ainsi que les pratiques d'exploitation des communautés naturelles. A cet égard, les décisions relatives à la mise en oeuvre de contre-mesures dans le secteur agricole, et aux niveaux d'intervention doivent être prises immédiatement après avoir décidé l'évacuation ou toute autre mesure d'urgence visant à protéger les populations contre l'irradiation externe, l'inhalation ou l'ingestion de radionucléides, ou la contamination des surfaces.

L'éventail des mesures applicables ainsi que les caractéristiques des contre-mesures agricoles de base sont présentés dans le tableau 1. Le cas le plus probable étant que la population reçoive des doses biologiquement significatives immédiatement après un accident, avant que ne soit mise en place une surveillance de l'évolution de la situation radiologique, les premières mesures consistent en interdictions ou restrictions, afin de prévenir tout transfert incontrôlé de radionucléides à des organismes vivants – êtres humains ou animaux d'élevage – et éviter que les rayonnements n'entraînent des effets radio-induits chez le bétail. Ces mesures comprennent l'arrêt immédiat de toutes les interventions culturales, de la mise au pâturage du bétail et du maintien des volailles en plein air, de l'affouragement en frais et de la consommation humaine de légumes frais. Dans le cas de Tchernobyl, malheureusement, l'application tardive des mesures mentionnées ci-dessus a considérablement aggravé les conséquences de l'accident.

Au cours de la surveillance radiologique, il convient d'évaluer les effets des rayonnements sur les plantes et les animaux. Les cultures peuvent être endommagées, lorsque la contamination

provoquée par les retombées d'un mélange récent de produits de fission est supérieur à 2 GBq/m² [1]. La contamination des végétaux est fonction de deux facteurs : leur radiosensibilité spécifique et leurs conditions d'exposition aux rayonnements. A contamination égale, la valeur de la dose reçue par un organe essentiel d'une plante dépend des caractéristiques physico-chimiques de la substance radioactive rejetée, de son stade de développement au moment d'une irradiation aiguë, etc.

Il est déraisonnable d'envisager des mesures phytosanitaires, qui impliquent des coûts énormes, tant au niveau de leur mise en oeuvre que des doses requises. Par ailleurs, la récolte sauvée ne pourra guère être utilisée en raison de son niveau élevé de contamination par des radionucléides. Pour la prévision des dégâts, on peut avoir recours aux données obtenues lors d'expériences d'irradiation de végétaux par un mélange récent de produits de fission et d'yttrium 90 [2].

Il est particulièrement dangereux pour le bétail élevé en libre pâture ou en stabulation de consommer des fourrages frais. Le principal risque est l'ingestion d'iode radioactif. En effet, si l'organisme absorbe plus de 5 GBq d'iode 131, la thyroïde peut être irradiée à des doses équivalentes à celles employées en cas de thyroïdectomie (c'est-à-dire supérieures à 200 Sv) [2]. Quant aux systèmes sanguin et digestif, ils peuvent être affectés à des doses d'irradiation beaucoup plus faibles, soit plus de 10 et 0.2 Sv respectivement. En cas de contamination du bétail, les animaux doivent être classés en fonction du niveau attendu de contamination selon les recommandations que nous avons établies [2].

Malheureusement, pendant la phase d'urgence consécutive à l'accident de Tchernobyl, il n'a été fait aucune distinction entre les animaux contaminés, et de très nombreux abattages (plus de 15 000 vaches pour la seule Ukraine) ont eu lieu dans les jours qui ont suivi l'accident. L'utilisation des carcasses a soulevé d'importantes difficultés d'ordre sanitaire et économique et, bien entendu, le stockage de la viande en entrepôt réfrigéré n'a pas suffi à assurer l'élimination des radionucléides à vie longue par le biais du processus de décomposition. Le problème que pose l'utilisation de cette viande et de cette poudre d'os n'est pas résolu totalement, même neuf ans après l'accident. Cependant, l'alimentation du bétail avec des fourrages non contaminés a permis d'éliminer en un à deux mois le césium radioactif incorporé à leur organisme.

Les contre-mesures consistant en interdictions et restrictions sont les plus efficaces dans les exploitations privées de petite taille, où la plupart des produits agricoles sont utilisés tels quels sans aucune transformation. D'autre part, comme le système d'approvisionnement en lait et autres denrées alimentaires des populations urbaines est centralisé, il est facile de limiter les transferts de radionucléides à l'organisme humain. C'est ainsi qu'à Kiev, en 1986, la détermination des niveaux de contamination du lait et sa transformation en beurre a permis de diviser par presque dix la concentration d'iode 131 dans le lait et d'éviter ainsi de dépasser les concentrations maximales admissibles.

La planification des contre-mesures de la phase post-accidentelle passe par la surveillance, dont les objectifs varient en fonction de l'évolution de la situation et des données fournies (voir tableau 1). Au cours de cette phase, la surveillance radiologique doit être complétée par une **surveillance écologique**, qui permet de mettre en évidence des paysages et des éléments sensibles. A titre d'exemple, le territoire de la Polésie ukrainienne, contaminé après l'accident de la centrale nucléaire de Tchernobyl, est très contrasté sur le plan géochimique. La gamme des sols minéraux qui le caractérise comprend des chernozems lessivés, dont le pH des solutions d'extraction est compris entre 6.6 et 7.5, des sols gris forestiers de pH 5.6 à 6.5 et des sols dermo-podzoliques acides de pH 4.5 à 5.5.

Tableau 1. Mesures de surveillance radiologique mises en oeuvre dans les zones agricoles après un accident nucléaire grave

Type de mesure	Principales caractéristiques	Epoque d'application
Interdictions	<ul style="list-style-type: none"> • Interdiction de la consommation et de la commercialisation des légumes, en particulier à feuilles. • Interdiction de mettre les bovins au pâturage ou de leur distribuer des fourrages frais. 	Avant caractérisation de la situation radiologique
Prévision et classification des conséquences sur les plantes et les animaux	<ul style="list-style-type: none"> • Mesure du débit de dose du rayonnement gamma à la peau des animaux d'élevage. • Observations cliniques de l'état des animaux. 	A la fin du dépôt radioactif et pendant les 10 à 14 jours suivant l'accident
Analyse de la situation radiologique et du degré de contamination des végétaux	<ul style="list-style-type: none"> • Etude de la zone considérée par mesure du débit de dose du rayonnement gamma. 	Immédiatement après l'accident
Contamination des végétaux	<ul style="list-style-type: none"> • Détermination de la nature de la contamination des sols et des végétaux. • Prévision du dépôt à la surface des végétaux et de la contamination des racines en fonction de la saison et de l'état du sol. • Inventaire des radionucléides les plus dangereux et des produits les plus sensibles. • Evaluation de la capacité des sols à fixer les radionucléides. <p>Organisation du contrôle radiologique des productions agricoles.</p>	Après obtention des données relatives à la nature de la contamination
Etat de la contamination	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboration de cartes de contamination des terres agricoles ; collecte des données et détermination des propriétés agrochimiques des sols. 	Immédiatement après l'étude de la dose du rayonnement gamma, avant caractérisation du niveau de la contamination radioactive
Modification du mode d'occupation des terres	<ul style="list-style-type: none"> • Exclure de la rotation des cultures les parcelles les plus contaminées. • Attribution des zones les moins contaminées aux pâturages et aux productions fourragères. • Application d'un traitement différencié aux bovins laitiers et aux bovins à viande. <p>Stockage des fourrages en fonction de leur niveau de contamination.</p>	A mesure que la situation radiologique évolue
Restauration des sols et mesures agro-techniques	<ul style="list-style-type: none"> • Définition des principaux paramètres du sol influant sur le transfert des radionucléides aux plantes et élaboration de méthodes visant à les modifier. <p>Mise en culture des sols, amélioration des prairies et pâturages par apport d'agents améliorants et d'engrais, ou modification des pratiques agricoles.</p>	Poursuivre jusqu'au retour de la situation radiologique à la normale

Les facteurs de transfert du césium 137, principal radionucléide constituant la dose, du sol aux productions fourragères varient d'un facteur 2.5 à 13, et cet écart peut atteindre des facteurs 30 à 40 en fonction des modalités d'accumulation des radioéléments par des plantes cultivées sur des sols similaires (tableau 2).

Tableau 2. Facteur de transfert du ¹³⁷Cs du sol aux productions fourragères (moyenne pour la période 1987-1990) (Bq/kg) / (kBq/m² sol)

Type de Production	Type de sol, pH des solutions d'extraction			Facteur de variation
	sols derno-podzoliques sableux 4.5 - 5.5	sols gris forestiers 5.6 - 6.5	chernozems 6.6 - 7.2	
Foin de graminées sur prairies naturelles	10.00	4.00	1.80	5.5
Foin de graminées sur prairies artificielles	4.00	3.00	1.60	2.5
Vesce	2.70	0.45	0.20	13.0
Trèfle	1.80	0.30	0.30	6.0
Lupin	1.50	0.40	0.15	10.0
Luzerne	0.80	0.40	0.20	4.0
Maïs-ensilage	0.40	0.20	0.08	5.0
Betteraves	0.50	0.35	0.20	2.5
Pommes de terre	0.25	0.13	0.045	5.5
Céréales d'hiver	0.50	0.20	0.05	10.0
Seigle	0.40	0.10	0.04	10.0
Orge	0.30	0.10	0.06	5.0
Facteur de variation	40	40	30	

Les variations des conditions pédologiques et climatiques se manifestent tout au long de la chaîne alimentaire, ce qui explique que l'on observe entre différentes zones d'importants écarts entre les niveaux de contamination de la viande et du lait, qui représentent 70 à 90 pour cent de l'ingestion de césium 137 (tableau 3).

Sur les chernozems, qui se caractérisent par un fort pouvoir de rétention et une teneur élevée en argile, la fixation du césium 137 augmente en fonction du temps, et entre 1987 et 1993, le facteur de transfert de cet élément au lait et à la viande y a été divisé par 4 à 5. Pendant la même période, le facteur de transfert sur sols acides n'a été divisé que par 1.5 à 2.0.

Tableau 3. Dynamique du coefficient de transfert du ¹³⁷Cs au lait et à la viande de bovins en Ukraine (Bq/kg) / (kBq/m² sol) $\sigma \leq \pm 20\%$

Produit	Groupe de sols, pH des solutions d'extraction	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Lait	4.5 - 5.5	1.2	1.2	1.2	0.9	0.8	1.1	0.8
	5.6-6.5	0.5	0.6	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2
	6.6-7.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05
Viande	4.5 - 5.5	2.0	2.4	2.0	1.7	1.5	1.6	1.4
	5.6-6.5	0.6	0.7	0.6	0.7	0.5	0.6	0.4
	6.6-7.2	0.5	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1

Les sols qui présentent le plus de risques sont les sols de type tourbeux, qui se répartissent en polésie en sols tourbeux, sols tourbeux à gley et tourbières. En raison de leur teneur élevée en matière organique (entre 20 et 60 pour cent), de leur acidité (pH des solutions d'extraction compris entre 4.2 et 5.4) et de leur teneur extrêmement faible en minéraux argileux et en limon, la teneur de ces sols en césium 137, sous forme mobile, se situe entre 40 et 72 pour cent, et les facteurs de transfert de ce radionucléide dans le système sol-plantes sont compris entre 3.7 et 30 Bq/kg pour un dépôt d'1 kBq/m² de sol, tandis que dans le cas d'un sol derno-podzolique, ils sont de l'ordre de 0.2 à 7.6 Bq/kg en fonction des techniques culturales employées.

La surveillance radioécologique a montré que les écosystèmes naturels et semi-naturels – forêts, prairies et pâturages cultivés – comptent parmi les paysages les plus exposés des zones contaminées. En Polésie, ces écosystèmes sont essentiellement représentés par des sols tourbeux et des tourbières à teneur variable en gley. Dans le système sol-végétation prairiale, le facteur de transfert est beaucoup plus élevé que sur les sols arables (tableau 4).

Tableau 4. Teneur en ¹³⁷Cs de la matière organique du sol et de la végétation de prairies naturelles pour une contamination des sols de kBq/m² (1988-1989)

Sol	Type de Prairie	¹³⁷ Cs, Bq/kg masse séchée à l'air	
		Matière organique du sol	Végétation
Chernozem limoneux de prairie	humide de zone inondable	3.0	0.6
Sablo-limoneux de prairie	normale, sans excès d'eau	10-14	2.0-3.0
Sablo-limoneux de prairie	humide, de zone inondable	12-15	8.0-11
Derno-podzolique limoneux	normale, sans excès d'eau	4.0-14	1.0-4.0
Derno-podzolique sableux	normale, sans excès d'eau	40-63	5.0-9.0
Derno-podzolique sableux	très humide, sans excès d'eau	45-69	13-22
Derno-podzolique sableux	humide, de zone inondable	53-75	25-39
Humifère à gley	tourbeuse, drainée	77-90	30-45
Humifère à gley	tourbeuse, de zone inondable	123-172	58-82
Humifère à gley	tourbeuse, de bas-fonds	170-198	135-189

Ainsi que le mettent en évidence les données présentées dans le tableau 4, l'accumulation de césium 137 dans la biomasse des graminées prairiales dépend du régime hydrique et augmente de façon significative dans le cas des prairies situées dans des bas-fonds ou dans des zones inondables.

En raison des caractéristiques de ces sols, un organisme humain peut absorber une dose totale d'irradiation interne et externe d'1 mSv lorsque le dépôt de contamination est de 0.3 à 0.6 Ci/km² sur sols tourbeux et de 6 à 8 Ci/km² sur chernozems (tableau 5).

Tableau 5. Niveau limite de contamination de la surface du sol - concentration de ¹³⁷Cs/km² pour lequel la dose d'irradiation interne par ingestion est de mSv/an

Type de sol	Prairie	Terre arable
Tourbe	0.3-0.6	0.6-2.5
Sol sableux derno-podzolique « sol volcanique »	2	3.5
Sol podzolique gris léger	4	5
Chernozem limoneux	6	8

Pendant la période post-accidentelle, il convient d'accorder une attention toute particulière à la **surveillance écologique et sanitaire**, activité visant à déterminer quels produits présentent le plus de risques pour l'alimentation humaine et les chaînes trophiques dont ils sont issus. Des études réalisées dans cinq régions (Volyn, Rovno, Jitomir, Kiev et Tchernigov) ont montré qu'il existe un lien entre les chaînes alimentaires sensibles et l'utilisation des pâturages forestiers et des prairies humides. Cette surveillance permet de mettre en évidence des pâturages et des prairies de fauche présentant des niveaux de contamination ou des facteurs de transfert élevés.

On a étudié la concentration de césium 137 dans le foin et le sol de 20 exploitations privées situées à Miliatchy, village de la région de Rovno. Il ressort du tableau 6 que pour une contamination des pâturages présentant un facteur de variation de 2.2, les exploitations peuvent être classées en quatre groupes en fonction de la concentration de césium 137 dans la végétation et dans le lait, l'écart entre les valeurs obtenues pour les différents groupes étant supérieur à un facteur 100. Des différences marquées ont été observées pendant toute la saison de pâturage. Les pâturages présentant des risques doivent être améliorés, cultivés ou interdits, car la contamination des pâturages non améliorés des exploitations privées de Polésie est responsable du niveau de contamination du lait.

Tableau 6. Teneur en ¹³⁷Cs du sol et de la végétation de prairies à graminées pâturées par des vaches d'exploitations privées (Miliatchy, région de Rovno)

Famille Nombre	Dépôt kBq/m ²	Végétation		Lait	
		kBq/kg pois sec	FT* x 10 ⁻³ m ² /kg	kBq/l	FT* x 10 ⁻³ m ² /l
0-5	197 ± 27	7500 ± 650	38 ± 15	340 ± 110	1.72 ± 0.5
6-10 (+ contre-mesures)	150 ± 58	818 ± 60	6.1 ± 2.8	190 ± 80	1.25 ± 0.4
11-15	420 ± 215	87 ± 10	0.15 ± 0.05	18 ± 9	0.04 ± 0.02
16-20	342 ± 78	145 ± 15	0.46 ± 0.29	19 ± 7	0.05 ± 0.02

* FT = facteur de transfert

Une comparaison de la concentration de césium 137 dans la viande d'animaux d'élevage et d'animaux sauvages permet d'illustrer le risque que présentent les pâturages naturels (tableau 7). Au cours de l'été 1993, la concentration de ce radionucléide dans la viande de vaches élevées dans des fermes collectives (kolkhozes), où les fourrages sont produits sur des sols arables, était comprise entre 20 et 44 Bq/kg. Au cours de la même période, la viande de vaches élevées dans des exploitations privées contenait 75 à 500 Bq/kg, et la viande d'animaux sauvages de 500 à 1540 Bq/kg.

Les baies et les champignons provenant d'écosystèmes naturels peuvent être responsables d'une partie importante des quantités de césium 137 ingérées annuellement par les populations vivant en Polésie.

A titre d'exemple, la concentration moyenne de ce radionucléide dans les plantes cultivées s'élevait en 1994 à 17-18 Bq/kg à Dubrovitsa (région de Rovno), tandis qu'elle atteignait 223 Bq/kg dans les baies et 7 000 Bq/kg dans les champignons.

Des **contre-mesures** agronomiques ont été appliquées tout au long de la période qui a suivi l'accident de la centrale nucléaire de Tchernobyl, leur élaboration s'étant appuyée sur l'expérience acquise pour réduire les conséquences de l'accident intervenu en 1957 à Kychtym, dans le sud de l'Oural. A titre d'exemple, les tableaux 8 et 9 présentent les résultats d'expériences en champ conduites en 1992 dans la région de Rovno sur des sols arables derno-podzoliques et tourbeux. Le

tableau 8 montre que l'application séparée d'engrais à base d'azote nitrique et d'engrais phosphorés n'a qu'une faible efficacité et peut même conduire à une augmentation du facteur de transfert. En revanche, l'application d'engrais potassiques, en particulier lorsqu'ils sont associés à d'autres éléments nutritifs dans un rapport NPK de 1/1.5/2, permet d'augmenter le rendement et entraîne une diminution significative – d'un facteur 2 à 14 – de l'accumulation de césium radioactif dans les plantes cultivées.

Tableau 7. Teneur en ¹³⁷Cs de la viande de différentes espèces animal dans la région de Rovno

Produit	Lieu d'échantillonnage	Date	Contamination du sol kBq/m ²	Concentration Cs-137 Bq/kg	Coefficient de transfert m ² /kg
Viande de vaches élevées dans un kolkhoze	Région de Sarny Kolkhoze Vie Nouvelle, Polésie (idem) 1er mai	25.08.93	129	43	0.33
		25.08.93	166	35	0.21
		25.08.93	74	44	0.59
		25.08.93	74	20	0.27
Viande de vaches élevées dans des exploitations privées		25.08.93	74	75	1.00
		25.08.93	55	110	2.00
		25.08.93	55	95	1.70
Viande d'élan	Exploitation forestière de Klesov	21.06.93	185	1540	8.30
		25.08.93	185	990	5.30
Viande de sanglier	Exploitation forestière de Kritchilsk	12.06.93	74	484	6.80
		13.06.93	74	504	6.80
Viande de vaches élevées dans un Kolkhoze	Région de Dubrovitsa Kolkhoze Chapaev	15.08.93	277	43	0.16
		15.08.93	222	62	0.28
		15.08.93	222	71	0.32
		15.08.93	222	38	0.17
Viande de vaches élevées dans des exploitations privées	Région de Dubrovitsa Kolkhoze Chapaev	12.07.93	333	500	1.70
		12.07.93	333	520	1.60
		12.07.93	333	470	1.50
		12.07.93	333	330	0.99

Sur les sols derno-podzoliques, le chaulage associé à un épandage de fumier et d'engrais minéraux s'est révélé particulièrement efficace : cette intervention permet de diviser par 30 les quantités de césium 137 accumulées dans les grains de céréales et les graines des légumineuses.

Sur les sols tourbeux, l'amélioration chimique est complétée de façon très performante par un apport de sable et d'argile, qui accroît la fixation du radionucléide dans le sol et divise par 2.5 à 5.2 son transfert aux plantes [3].

Lorsque ces contre-mesures sont appliquées en conditions réelles sur de vastes zones, leur efficacité est moindre, essentiellement parce que ces techniques ne sont pas observées systématiquement : elle diminue d'un facteur 1.5 à 2.7 sur les sols minéraux et d'un facteur 2.7 à 5.2 sur les sols tourbeux (tableau 10).

L'apport d'engrais, qui accroît le rendement des plantes agricoles et réduit la contamination des produits végétaux, est de ce fait une contre-mesure économiquement rentable. Son application réduit la dose individuelle d'irradiation aux personnes qui consomment ces produits. En revanche, la quantité totale du radionucléide ingérée et la dose collective d'irradiation ne décroissent que faiblement et peuvent même augmenter. On peut cependant réduire la dose collective en utilisant pour les premiers stades de l'engraissement des bovins de boucherie un maximum de fourrages contaminés [4].

L'une des mesures les plus efficaces à mettre en oeuvre dans les zones contaminées consiste à organiser l'engraissement des bovins à viande en trois phases, en réduisant progressivement la teneur en césium 137 des rations alimentaires à mesure que les animaux approchent de leur poids de vente, puis en complétant leur alimentation avec des fourrages non contaminés pendant les 4 à 10 semaines avant l'abattage.

Pour l'élevage en général, on obtient de bons résultats en utilisant divers entérobloquants et additifs alimentaires à base de clinoptilolite et d'autres minéraux. On peut ainsi diviser la contamination du lait par 5 et celle de la viande par 2.9 en conditions réelles (tableau 11).

Tableau 8. Efficacité de l'amélioration sur sol podzolique tourbeux (région de Rovno, 1992)

Traitement	Foin Concentration/ha		Teneur en ¹³⁷ Cs de la biomasse pour une contamination de kBq/m ²			
	céréales	légumineuses	céréales		légumineuses	
			Bq/kg	facteur de décroissance	Bq/kg	facteur de décroissance
Valeurs initiales	24.8	44.3	0.82	1.00	7.60	1.00
N 60	25.6	31.2	1.40	+1.70	5.60	1.40
P 90	33.4	51.0	1.40	+1.70	3.90	1.90
K 120	41.7	58.3	0.25	3.30	0.42	1.80
P 90 K 120	37.5	67.6	0.11	7.50	0.58	13.0
N 60 P 90 K 120	50.8	63.3	0.38	2.20	0.54	14.0
N 60 P 90 K 180	39.9	46.3	-	-	0.78	9.70
Chaux microéléments nutritifs	34.4	41.3	1.60	+2.00	2.40	3.20
Fumier, 60 t/ha	45.7	45.9	0.30	2.70	0.32	24.0
Sapropèle, 100 t/ha (année d'application)	53.5	50.9	2.08	+2.50	2.10	3.60
Chaux + microéléments nutritifs + N 60 P 90 K 120	35.6	47.6	0.71	1.20	0.26	29.0
Même traitement + fumier	43.3	55.5	0.20	4.10	0.25	30.0
Même traitement + sapropèle	46.9	40.4	0.70	1.20	0.57	13.0

* Expérience comportant 4 répétitions $\sigma \leq \pm 10\%$

Tableau 9. Efficacité de l'amélioration sur sol tourbeux (région de Rovno, 1992)

Traitement	Foin Concentration/ha		Teneur en ¹³⁷ Cs de la biomasse pour une contamination de kBq/m ²			
	céréales	légumineuses	céréales		légumineuses	
			Bq/kg	facteur de décroissance	Bq/kg	facteur de décroissance
Valeurs initiales	43.5	50.8	13	1.0	30	1.0
P 90	68.6	56.5	21	+0.62	20	1.5
K 120	72.9	67.9	14	+1.1	7.6	3.9
P 90 K 120	62.4	66.3	12	1.1	9.2	3.3
K 180	73.3	63.5	12	1.1	8.2	3.7
Chaux	64.2	69.8	6.5	2.0	15	2.0
Chaux + P90 K120	44.6	60.2	4.1	3.2	6.2	4.6
Fumier, 60 t/ha	75.5	60.9	3.9	3.3	5.5	5.5
Fumier + P90	68.6	66.6	3.8	3.4	4.4	6.8
K120 + Chaux						
Apport de sable, 100 t/ha	51.5	59.5	3.7	3.5	12	2.5
Apport de sable +P90	71.3	68.3	6	2.2	5.8	5.2
+K12 + Chaux	78.2	71.2	9	1.4	11	2.7
Apport d'argile, 100 t/ha						

* Expérience comportant 4 répétitions $\sigma \leq \pm 10\%$

Tableau 10. Efficacité des contre-mesures sur les différents types de sol rencontrés dans les exploitations agricoles pendant la période 1987-1992 (facteur de réduction de la concentration du ¹³⁷Cs dans les plantes cultivées)

Contre-mesures	Types de sol		
	Chernozem, ordinaire et gris, forestier podzolisé (région de Kiev)	Sols podzologiques tourbeux sableux (région de Kiev)	Sols podzologiques tourbeux, sols argileux et sols de prairie humide (région de Volyn)
Dessiccation du sol		2.7	2.7
Amélioration des prairies en profondeur	1.7 - 2.6	1.7 - 2.6	16.0
Amélioration des prairies en surface	1.5 - 2.0	1.5 - 2.0	4.0
Enfouissement	1.1	-	1.1
Enlèvement de la couche superficielle du sol	-	-	10.0
Apport de: sapropèle 80t/ha	1.7 - 2.7	1.7 - 2.7	-
Argile 200t/ha	-	2.0 - 2.3	-
Limon 1.5t/ha	2.0 - 2.7	1.8 - 2.7	-
Fumier 50t/ha	2.0 - 2.7	-	-

Tableau 11. Efficacité des dérivés de ferrocyanures et des additifs alimentaires à base de zéolites

Additifs alimentaires	Facteur de réduction de la concentration de ¹³⁷ Cs	
	Lait	Viande bovine
Zéolites		
Houmolite (clinoptilolite)		
Elevage en stabulation	2 - 4	1.5 - 2.9
	1.2 - 4	1.6 - 1.75
Elevage sur pâturage	1.5 - 3	
Dérivés de ferrocyanures		
Pierres à lecher	2 - 5	
Incorporation à un aliment composé	2.4 - 2.7	1.7 - 2.9
0.6%		
Comprimés à 0.6% introduits dans le rumen	4 - 5	

Parmi les contre-mesures touchant l'organisation des exploitations, l'une des plus efficaces consiste à modifier l'occupation des sols en attribuant aux productions alimentaires les plus sensibles les zones les moins contaminées et les plus productives [5]. Il convient d'appliquer cette mesure en lui associant un stockage et une utilisation de fourrages présentant différents niveaux de contamination radioactive.

Les contre-mesures agronomiques appliquées en Ukraine ont permis d'empêcher la production d'aliments à teneur en radionucléides supérieure aux normes fixées en 1992. La situation radiologique du secteur privé pendant cette même période était toutefois plus complexe dans la mesure où il était difficile d'exclure totalement toute utilisation des écosystèmes naturels et semi-naturels, notamment dans les régions de tourbières.

Pour l'élaboration des contre-mesures, il y a lieu de distinguer deux catégories : les mesures relatives à l'organisation de l'approvisionnement des populations urbaines en produits non contaminés, et les mesures relatives aux populations rurales qui produisent ces aliments. La première catégorie regroupe des contre-mesures visant essentiellement à réduire la dose collective, au moins dans la période post-accidentelle. Pour ce qui concerne la seconde catégorie, maintenir la dose de radiation individuelle au-dessous du seuil admissible chez certains groupes de ruraux à risques continue de poser problème, même dix ans après l'accident.

RÉFÉRENCES

1. Prister, B.S., Chevchenko, V.A. et Kaltchenko, V.A (1982), *Genetic Effects of Radionuclides on Agricultural Plants : Successes of Modern Genetics*, Moscou, Académie des Sciences d'URSS, Vol. 10, pp. 27-60.
2. Prister, B.S. et col. (1991), *The Principles of Agricultural Radiology*, Kiev, Urozhay, p. 383.
3. Prister, B.S., Gramok, L.K., Los, I.P. et col. (1993), *Problems of Rehabilitation of the Territories Contaminated after Chernobyl NPP Accident*, Proc. Inter. Symp. Remediation and Restoration of Radioactive-contaminated Sites in Europe, Anvers 11-15 octobre, Vol. 1, pp. 351-368, Doc XI-5827/94.
4. Prister, B.S., Perepeliatnikov, G.P. et Perepeliatnikova, L.V (1993), Countermeasures used in the Ukraine to produce forage and animal food products with radionuclide levels below intervention limits after the Chernobyl Accident, *Sci. of Tot. Environ.*, n° 137, pp. 183-198.
5. *Manual on Countermeasures Application in Agriculture in case of Radionuclides Accidental Release in the Environment*, AIEA, TECDOC 745, mat. 1994.

**ACTIONS CORRECTIVES AGRICOLES :
BASES ÉCOLOGIQUES ET PROBLÈMES ASSOCIÉS À LEUR MISE EN ŒUVRE**

par

**C.M. Vandecasteele, O. Burton, et R. Kirchmann
Belgique**

Introduction

En cas d'accident nucléaire majeur avec dispersion de matières radioactives et contamination importante de l'environnement, la première préoccupation des autorités responsables sera d'évaluer les conséquences radiologiques pour la population vivant dans les zones concernées afin de pouvoir prendre sans délai les dispositions de protection essentielles, dont le but est avant tout de limiter les doses d'irradiation externe et interne pour qu'elles restent à un niveau acceptable.

S'il s'avère que les niveaux considérés comme acceptables risquent d'être dépassés, plusieurs mesures peuvent être prises pendant le passage du nuage radioactif, voire même avant, à condition que l'on dispose de suffisamment de temps entre la notification du rejet et l'arrivée du panache. Ces actions préventives, répertoriées et examinées par M. Willrodt [1993], visent à empêcher ou limiter :

- l'exposition externe directe et la contamination de la population du fait de la radioactivité véhiculée par le panache, ainsi que la contamination interne par inhalation,
- la contamination directe des animaux des fermes,
- le dépôt direct de radionucléides sur les produits agricoles vulnérables destinés à une consommation prochaine par l'homme ou le bétail.

Les principales mesures sont les suivantes :

- évacuation ou mise sous abri des habitants,
- rentrée des vaches, moutons et chèvres se trouvant en pâture, qui seront nourris avec du fourrage en stock et de l'eau de puits (pas d'eau de pluie ou de surface),
- fermeture des serres et des châssis de couche,
- récolte rapide des cultures, fruits et légumes mûrs,
- protection des produits stockés à l'air libre (foin, tas de pommes de terre ou de betteraves, silos) ainsi que des légumes et fruits devant être récoltés prochainement avec des feuilles de polyéthylène.

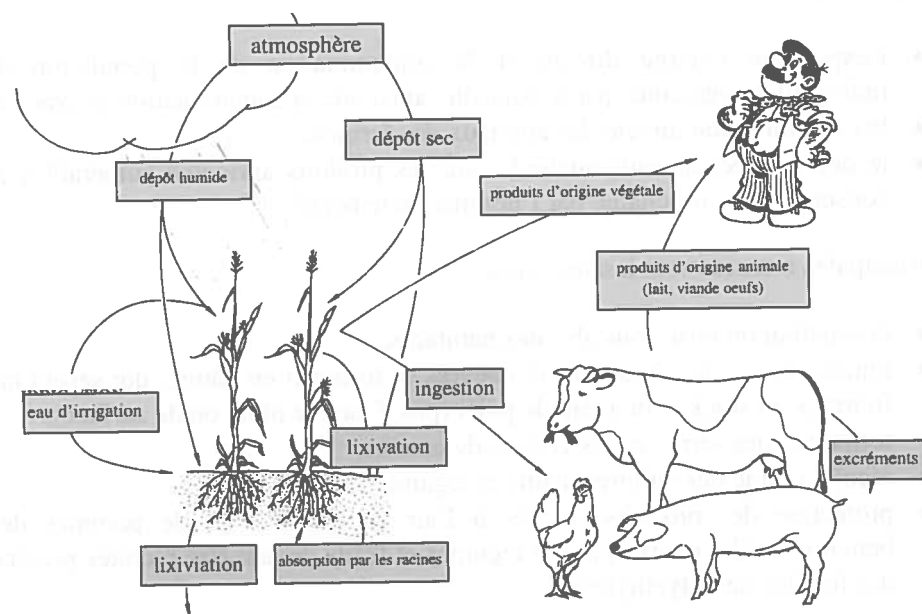
Des actions correctives peuvent par ailleurs être entreprises après le passage du panache radioactif afin de limiter l'exposition de la population par les voies suivantes : irradiation externe par les radionucléides déposés sur le sol, inhalation des particules contaminées remises en suspension, ingestion d'aliments contaminés. Ce type d'intervention peut avoir lieu soit à court terme lorsque la radioactivité est encore présente sur les surfaces exposées (plantes, sol, routes, bâtiments), soit à long terme lorsque les radionucléides sont distribués dans les différents éléments des écosystèmes [Segal, 1993].

- Les mesures correctives à court terme visent essentiellement à enlever les radioéléments présents sur les surfaces contaminées (lavage des bâtiments, toits, routes) ou à éliminer les substances contaminées (végétation, couverture végétale et matériaux de construction). Ces techniques sont généralement très efficaces et peuvent réduire ou prévenir les problèmes à long terme, mais génèrent d'énormes volumes de déchets radioactifs.
- Les actions à long terme interviennent après incorporation de la radioactivité dans le sol, les plantes ou les animaux constituant les écosystèmes. Elles visent à réduire la transférabilité des radionucléides entre les différents composants de la chaîne alimentaire, à augmenter le taux de « décontamination » par les organismes vivants contaminés ou à traiter les produits d'origine végétale ou animale pour les assainir.

La décision de prendre ou non des mesures correctives et leur sélection sont le fruit de considérations radiologiques qui prennent en compte des facteurs économiques, écologiques et sociaux [CIPR, 1991]. Néanmoins, leur choix dépend essentiellement des caractéristiques du dépôt (composition et espèces) et de l'écosystème considérés. Il est donc essentiel de bien connaître les modes et mécanismes de transfert pour intervenir avec le maximum d'efficacité sur les voies d'exposition les plus critiques.

Les principales voies de transfert des radionucléides dans les agrosystèmes sont schématisées à la figure 1, d'après M. Vandecasteele *et al.* [1991].

Figure 1. Principales voies d'exposition de l'homme par les chaînes alimentaires propres à l'agriculture continentale



La contamination de la végétation par les éléments les plus actifs injectés et dispersés dans l'atmosphère résulte de deux processus : le dépôt direct sur les parties superficielles des plantes ou la contamination indirecte par absorption des radionucléides déposés sur le sol par les racines, avec l'eau et les nutriments. De même, les radionucléides présents dans l'eau d'irrigation atteignent les plantes soit en se déposant directement sur les parties à l'air libre (aspersion), soit en étant absorbés par le sol ou les racines. Les éléments gazeux comme le ^{14}C et le ^3H (sous forme de vapeur d'eau) pénètrent dans les plantes par les stomates et sont incorporés dans les composants organiques par photosynthèse et autres processus métaboliques. Les animaux (et donc les produits d'origine animale) sont contaminés par absorption des radionucléides solubles inhalés par les poumons et par ingestion de terre, d'aliments et d'eau contaminés.

Les chapitres suivants examinent les différentes étapes de transfert et les actions correctives associées.

Contamination directe de la végétation

Pendant la période de croissance de la végétation, la contamination directe de la partie superficielle des plantes par dépôt sec et humide constitue la première étape de pollution de la chaîne alimentaire. Elle aboutit généralement à des niveaux de contamination plus élevés que la voie indirecte (absorption par les racines). S'il s'agit d'isotopes à vie courte comme l'iode 131, il suffira d'observer un délai suffisant pour que les produits soient aptes à la consommation. Ceci ne pose pas de problème si l'émission intervient en début de saison. Par contre, si le dépôt d'activité a lieu peu avant la récolte, on peut envisager de stocker celle-ci sous forme de sous-produits secs, congelés ou stérilisés. En cas d'isotopes à vie longue, il est relativement facile d'éliminer les plantes concernées en les récoltant le plus tôt possible après le dépôt (pour éviter un lessivage par la pluie et d'autres mécanismes de perte in situ), ce qui peut être un très bon moyen de décontamination de l'environnement, surtout si la fraction du dépôt interceptée par la masse verte est importante. La biomasse collectée doit être considérée comme un déchet radioactif et il est recommandé de la brûler dans une installation appropriée. On peut également envisager de l'utiliser pour produire du biométhane ou de l'éthanol, mais seulement en partie en raison de la capacité probablement limitée des fermenteurs disponibles. Compte tenu de l'énorme volume de déchets produits, un moyen très simple de s'en débarrasser consiste à les enfouir dans le sol par labourage afin d'éviter un passage immédiat de l'activité dans les chaînes alimentaires et de réduire par là-même l'irradiation externe à partir de la surface du sol. Par contre, cette mesure risque d'aggraver les problèmes à long terme.

Il n'est pas forcément souhaitable d'éliminer la végétation contaminée. Si l'accident intervient au printemps, alors que les réserves d'alimentation du bétail sont épuisées, l'herbe polluée peut constituer le seul fourrage disponible. Dans ce cas, il convient de rentrer les animaux et de les nourrir avec de l'herbe coupée au-dessus du niveau habituel, car le dépôt d'activité est plus important dans la partie inférieure des plantes. Par ailleurs, certains radioéléments ne migrent que très difficilement des organes affectés par un dépôt en début de saison vers les parties nobles récoltées plus tardivement. On peut donc escompter que le niveau de contamination de ces parties nobles (par exemple grains de céréales) sera inférieur aux seuils d'intervention. A titre d'exemple, la translocation du ^{90}Sr , du ^{144}Ce et du ^{106}Ru vers les grains de céréales est minime si le dépôt a lieu au début du stade de développement, alors que d'autres nucléides (^{65}Zn , ^{55}Fe , ^{137}Cs , ^{60}Co et ^{54}Mn) passent facilement dans la plante [Aarkrog, 1975]. D'après M. Middleton [1959], jusqu'à 50 pour cent du césium déposé sur les feuilles de pommes de terre peuvent migrer dans les tubercules contre seulement 0.01 pour cent pour le strontium. De même, en cas d'orge contaminée avant apparition de

l'épi, 5 à 10 pour cent du césium absorbé initialement par la plante ont été retrouvés dans le grain arrivé à maturité, contre 0.1 pour cent pour le strontium.

Enfin, si la culture doit être maintenue, l'irrigation par aspersion peut le cas échéant contribuer à lessiver une fraction de l'activité interceptée par les organes superficiels. L'efficacité de la lixiviation est plus importante si l'arrosage intervient juste après le dépôt et diminue avec le temps [Kirchmann *et al.*, 1966]. Par ailleurs, les radionucléides monovalents s'avèrent davantage lixiviables que les éléments bi- ou polyvalents qui sont plus facilement adsorbés par la surface des feuilles. Enfin, une pulvérisation fine et continue peut s'avérer plus efficace qu'une grande quantité d'eau déversée sur une période courte [Turquie, 1970].

Contamination indirecte de la végétation

La contamination indirecte est due au dépôt de radionucléides sur le sol. Ce processus implique la migration des radionucléides du sol vers les plantes par l'intermédiaire des racines. Ceci dépend non seulement des caractéristiques des éléments, mais également des propriétés physiologiques des racines et des mécanismes intervenant au niveau du sol.

L'une des principales propriétés des sols est leur aptitude à adsorber et à immobiliser les ions en phase solide. Les colloïdes du sol (minéraux argileux et matières organiques) qui en sont responsables sont caractérisés par une densité spécifique élevée due à des charges essentiellement négatives. Ils attirent vers leur surface les ions pour la plupart positifs présents dans la solution du sol. Lorsque ceux-ci arrivent à la surface des colloïdes, il y a permutation avec les ions déjà présents sur les sites d'échange. L'aptitude d'un sol à adsorber les ions est proportionnelle à la densité des sites d'échange et s'exprime par sa capacité d'échange cationique T (en meq/100g de sol ou de fraction spécifique des solides présents dans le sol). Les valeurs indiquées pour T varient en fonction du type d'argile : il est de 3 à 15 pour la kaolinite, 10 à 40 pour l'illite, 80 à 150 pour la montmorillonite. La capacité d'échange cationique des composés humides est encore plus élevée et se situe entre 300 et 500 meq/100 g. L'adsorption des anions, bien que limitée, se fait également par des ponts de calcium sur les quelques sites positifs présents à la surface des minéraux argileux (en particulier sur les argiles du type illite et kaolinite), sur les colloïdes d'hydroxyde de fer et d'aluminium liés à l'argile ou sur l'argile et les matières organiques.

L'attraction des ions pour les sites de fixation dépend de leurs propriétés physico-chimiques. Elle augmente avec la valence des cations. Celle des cations de même valence est inversement proportionnelle au rayon d'hydratation de l'ion. L'adsorption des ions est réversible et un équilibre tend à se réaliser entre la concentration de la solution du sol et le complexe de sorption.

La fixation des ions sur la phase solide du sol retarde ou empêche leur lessivage par l'eau de percolation en dessous de la zone des racines. Le thorium et certains composants légers des terres rares sont si solidement liés à la matrice solide (argile et oxydes de fer) que leur taux de lixiviation annuel atteint seulement 10^9 [Eisenbud *et al.*, 1984]. Le césium dû aux retombées radioactives provenant de l'essai atomique réalisé au début des années 60 disparaît du sol agricole sablonneux de la région de Mol (Belgique) à raison d'environ 1 à 5 pour cent par an, à la fois par lixiviation et par élimination des récoltes [Vandecasteele *et al.*, 1988].

Le sol est un système dynamique. Ses propriétés s'acquièrent et se modifient avec le temps sous l'action conjuguée des facteurs naturels (variations de température et d'humidité, érosion) et des

pratiques agricoles. Sous l'effet de ces mécanismes et avec le temps, la forme chimique des radioéléments, leur sorption aux sites d'échange et leur localisation dans le profil du sol peut évoluer.

Les radionucléides solubles déposés sur le sol sont dissous par la pluie, l'eau d'irrigation ou la moisissure du sol et migrent vers celui-ci. Ils sont adsorbés par des processus d'échange sur le complexe de sorption, sont précipités sous forme d'hydroxydes, de sulfures, de carbonates ou d'oxydes insolubles, forment des complexes avec les molécules organiques ou restent dans la phase aqueuse sous forme ionique [Schulz, 1965]. A titre d'exemple, dans les sols neutres ou alcalins, les éléments de terres rares ou autres comme l'yttrium, le thorium, le zirconium ou le niobium sont précipités sous forme d'hydroxydes et de carbonates, alors que le strontium est précipité sous forme de carbonates. Les éléments du type K et Cs peuvent être piégés et immobilisés entre les mailles des minéraux argileux du type illite. Ce phénomène est fort peu réversible et les éléments fixés sur ces sites ne peuvent être libérés que par des cycles alternés de séchage/humidification ou de gel/dégel.

La disponibilité des radionucléides vis-à-vis des plantes et la durée de leur séjour dans la zone des racines dépend largement de leur comportement et de leur répartition entre les différents bassins.

Les racines absorbent les nutriments présents dans la solution du sol qui est continuellement appauvrie de ses éléments solubles par les racines mais est régénérée au fur et à mesure par la phase solide. Celle-ci constitue un réservoir de nutriments (et de polluants introduits dans le système) mis à disposition par réaction d'échange entre les phases solides et liquides.

Les principaux paramètres physiques affectant l'absorption des nutriments par les racines sont les suivants :

- la concentration ionique de la solution aqueuse : si celle-ci est faible (<1 meq/l), comme dans le cas des produits de fission rejetés dans l'environnement, le taux d'absorption est en général proportionnel à la concentration en phase aqueuse ;
- les propriétés chimiques des ions : en règle générale, ceux-ci sont d'autant plus facilement absorbés que leur valence est faible. Le taux d'absorption relatif des éléments suivants s'exprime comme suit : $^{89,90}\text{Sr} \gg ^{131}\text{I} > ^{140}\text{Ba} > ^{134,137}\text{Cs}, ^{106}\text{Ru} > ^{144}\text{Ce}, ^{91}\text{Y}, ^{147}\text{Pm}, ^{65}\text{Zn}, ^{95}\text{Nb} > ^{239}\text{Pu}$ [Nishita *et al.*, 1961] ;
- le pH et l'Eh qui déterminent la solubilité de certains éléments (réaction de précipitation et de dissolution) et affectent considérablement les valeurs de K_d [Baes & Sharp, 1983] ;
- les interactions ioniques, les antagonismes et la compétition entre les éléments vis-à-vis de l'absorption sur les complexes de sorption du sol et de l'absorption par les racines.

La contamination indirecte de la végétation peut être réduite par différents moyens [Baes *et al.*, 1986 ; Nisbet *et al.*, 1993] :

- élimination de la couche superficielle du sol contaminée ;
- labourage profond afin de réduire la contamination des couches superficielles du sol et limiter ainsi l'absorption par les plantes à racines peu profondes comme l'herbe et les légumes ;
- ajout d'engrais : phosphore pour transformer le strontium en phosphates et le rendre insoluble, calcium (chaux) comme concurrent du strontium vis-à-vis de l'absorption par les plantes, potassium (potasse) comme concurrent du césium ;

- ajout de chélatants destinés à fixer les radionucléides pour qu'ils ne soient pas absorbés par les plantes ou à les rendre solubles pour qu'ils soient entraînés par lixiviation en dessous de la zone des racines ;
- culture de plantes à racines profondes afin d'exploiter le sol situé sous les couches contaminées (par exemple luzerne, blé) ;
- culture de plantes céréalières dont le coefficient de transfert est en général plus faible que celui des autres végétaux ; production de semences, de fibres ou d'huile pour l'alimentation du bétail ;
- changement d'utilisation des terres agricoles (plantation de forêts pour la production de bois).

Parmi les différentes mesures destinées à réduire la contamination indirecte des plantes, l'élimination d'une couche plus ou moins épaisse de terre végétale est un moyen très efficace d'empêcher le passage de la radioactivité dans les chaînes alimentaires, sous réserve que le dépôt d'activité soit concentré à la surface. Elle présente également l'avantage de réduire la remise en suspension des particules radioactives et les conséquences à long terme. Diverses méthodes ont été mises au point et certaines d'entre elles ont été testées en vraie grandeur : enlèvement de la terre végétale par racleurs, bulldozers, outils manuels ou aspirateurs [Marti *et al.*, 1990], piégeage des particules superficielles par des mousses de polyuréthane répandues sur le sol [Legrand *et al.*, 1990] ou par les racines de plantes gazonnantes [Jouve *et al.*, 1993]. Toutefois, le principal inconvénient de ces techniques, et en particulier des premières, est qu'elles génèrent un volume impressionnant de déchets (l'enlèvement de seulement 5 cm de terre végétale sur 1 km² produit 50 000 m³ de déchets contaminés) et qu'elles doivent donc être limitées à de faibles superficies. Une alternative consisterait à stocker les déchets sur place en piles auto-protégées (l'accumulation de 5 cm de terre en un tumulus en forme de pyramide au sommet aplati de 3 m de haut occuperait seulement 3 pour cent de la surface assainie) [Sandalls, 1990]. Leur lixiviation ou remise en suspension pourrait être évitée par la mise en place de barrières imperméables à l'eau.

Le labourage, malgré les risques potentiels à long terme, s'avère généralement être la solution la plus pratique et la plus économique [Sandalls, 1990]. Un labourage normal, c'est-à-dire à une profondeur de 20 à 30 cm, supprime immédiatement tout risque de remise en suspension et réduit considérablement l'irradiation externe et l'absorption par les racines de plusieurs espèces végétales. Le recours à des charrues modifiées permettant un labourage à plat pour faire passer la couche superficielle au fond du sillon serait encore préférable. Un labourage profond, jusqu'à 1 m de profondeur, est encore plus efficace. Cette technique présente l'avantage d'enfouir la contamination hors d'atteinte des racines de nombreuses plantes, sans risque d'interférence avec des opérations de labourage classiques ultérieures. Elle réduit également considérablement l'irradiation externe mais requiert des charrues et des tracteurs spéciaux.

Un amendement plus intense du sol avec du potassium et du phosphate, de la chaux et/ou des matières organiques (paille, fumier, engrais vert) est défavorable à l'absorption des radioéléments par les plantes : le chaulage des sols acides affecte la capacité d'absorption du strontium du fait de la compétition du calcium, et l'utilisation d'engrais à base de potassium peut avoir la même influence sur l'absorption du césium. La réduction observée est plus importante dans les sols pauvres mais elle peut être négligeable dans les terres agricoles bien fertilisées. De même, le chaulage ne produit aucun effet sur les sols très calcaires. Il convient de noter que les mesures prises dans les régions contaminées par l'accident de Tchernobyl pour augmenter la productivité des cultures ont généralement amoindri le transfert des radionucléides vers les plantes [Kirchmann, 1990].

Si l'on améliore le T total du sol par l'ajout de grandes quantités de zéolites, de minéraux argileux, de sapropèle (sédiments de lacs à haute teneur organique) ou d'engrais organique, la concentration en radionucléides de la phase solide augmente et celle de la solution du sol diminue, ce qui réduit d'autant l'absorption par les plantes. Par ailleurs, la présence de sites de liaison spécifiques sur certains types d'argile (illite, vermiculite) sur lesquels du césium est fixé de manière quasi irréversible contribue à abaisser la disponibilité à long terme du radiocésium vis-à-vis des plantes. Néanmoins, l'expérience acquise pour supprimer les conséquences de l'accident de Tchernobyl a démontré que ces mesures n'ont en fait qu'une efficacité assez limitée. On ne peut s'attendre à des effets appréciables que dans les sols très sablonneux, pauvres en minéraux argileux et en matières organiques.

L'ajout dans le sol d'agents de fixation chimiques pour immobiliser les radionucléides est une solution attrayante. On prévoit d'utiliser du silicate alumineux modifié ou des composés du bleu de Prusse comme l'hexaferrocyanure d'ammonium ferrique (AFCF). L'utilisation de 1 g d'AFCF par m² de sol contaminé, dans des conditions de laboratoire, réduit la migration dans l'ivraie vivace d'environ un facteur 5. L'effet de l'AFCF a été confirmé en fertilisant des sols avec du fumier traité avec ce composé (Hove *et al.*, 1995).

Le drainage agricole des sols gorgés d'eau s'est avéré abaisser considérablement l'absorption du Cs par les plantes (Segal, 1993). Le mécanisme invoqué, bien que non démontré, pourrait être la forte concentration en ammoniacale de ces sols du fait des conditions anaérobies prédominantes. Dans d'autres circonstances, une diminution de l'humidité du sol peut augmenter l'apport en césium, sans doute sous l'effet de la concentration.

Le choix des cultures peut être un autre moyen de réhabiliter les terres contaminées. Des différences pouvant atteindre un facteur de 4.5 ont été observées entre plusieurs variétés de plantes (Alexakhin, 1993), de sorte qu'une sélection judicieuse de la variété à cultiver peut apporter une amélioration significative sans modifier les habitudes des agriculteurs. Des écarts encore plus importants pouvant atteindre un facteur 10 ont été rapportés (Alexakhin, 1993), mais le remplacement d'une culture par une autre peut provoquer des bouleversements plus profonds, en particulier si la nouvelle option proposée requiert des méthodes et du matériel agricoles complètement différents et/ou est destinée à un tout autre usage (plantes oléagineuses ou fibreuses, production de biométhanol). Si la contamination des denrées alimentaires dépasse irrémédiablement les seuils de référence et que la production agricole doit être abandonnée, la solution ultime peut être de mettre les terres en forêt et d'attendre une période d'au moins 30 ans avant leur exploitation afin de permettre la décroissance radioactive.

Transfert aux animaux

Il existe deux voies de transfert de la pollution aux animaux :

- premièrement, l'inhalation de composés gazeux, d'aérosols et de particules,
- deuxièmement et essentiellement, l'ingestion d'eau, d'aliments et de particules du sol associées à la végétation servant de pâture aux animaux.

L'ingestion de sol contaminé n'est en général pas prise en compte comme voie d'exposition. Néanmoins, si l'on considère que les animaux qui paissent ingèrent en général jusqu'à 20 pour cent des matières sèches absorbées quotidiennement, ceci peut constituer une source majeure de contamination par les éléments ayant un K_d élevé et un faible taux de transfert du sol aux plantes [Zach & Mayoh, 1984].

L'incorporation des polluants ingérés par les animaux dépend des propriétés et de la forme chimiques des substances considérées, des espèces animales et en particulier de leurs caractéristiques physiologiques [Stara *et al.*, 1971].

Influence des propriétés chimiques des radionucléides

Le taux d'absorption du césium, comme des autres métaux alcalins, par l'appareil gastro-intestinal des mammifères monogastriques peut atteindre 100 pour cent et légèrement moins dans le cas des ruminants (60 à 80 pour cent). L'absorption gastro-intestinale suite à l'ingestion de terre alcaline par voie buccale varie en fonction des éléments : elle est maximale pour le calcium, plus faible pour le strontium (environ 20 pour cent) et de quelques pour cent pour le radium. Le Pu ingéré par voie buccale est très peu absorbé (moins de 1 pour cent) [Stara *et al.*, 1971 ; Coughtrey *et al.*, 1985].

Influence de l'espèce

L'espèce chimique à laquelle appartient un radionucléide donné influe sur sa capacité d'absorption gastro-intestinale. Le technétium sous forme de pertechnétate est mieux assimilé que le technétium bioaccumulé dans les plantes [Gerber *et al.*, 1989 ; Sullivan *et al.*, 1979, Vandecasteele *et al.*, 1986]. Au contraire, la bioincorporation du Pu dans les plantes augmente sa capacité d'absorption gastro-intestinale [Sullivan *et al.*, 1980]. Ce phénomène apparaît également dans le cas du tritium dont le taux d'accumulation est variable selon qu'il se trouve sous forme d'eau tritiée ou incorporé dans différentes molécules organiques qui améliorent l'incorporation du ³H [Kirchmann *et al.*, 1975].

Influence du régime alimentaire

Le régime alimentaire (teneur en fibres, présence de particules d'argile dans le fourrage) peut modifier la capacité d'absorption des radionucléides par l'appareil gastro-intestinal. Il a été démontré que la teneur en fibres brutes du fourrage donné aux vaches joue sur l'apport en césium : les coefficients de transfert varient de 0.0025 pour la luzerne et le blé ensilés à 0.01 pour un mélange de céréales [Wilson *et al.*, 1969 in Eisenbud, 1987]. La carence en fer des aliments accroît la capacité d'absorption de l'U, du Np, de l'Am et du Cm chez les rats [Sullivan & Ruemmler, 1988]. Un effet similaire a été observé par plusieurs chercheurs pour d'autres métaux non ferreux qui peuvent emprunter les mêmes voies d'absorption intestinales que le fer [in Sullivan & Ruemmler, 1988].

Espèces

Le traitement subi par les aliments dans l'appareil gastro-intestinal des animaux varie également d'une espèce à l'autre. Les ruminants ont un estomac à quatre compartiments. Le premier (la panse) sert à la fermentation des aliments partiellement mâchés. Ceux-ci sont digérés par les bactéries présentes dans la panse, les levures et les protozoaires. Sous l'effet de la fermentation, les glucides sont divisés en divers acides carboxyliques. Ces produits de fermentation, ainsi que certains peptides, acides aminés et acides gras à chaîne courte, passent dans le sang par l'intermédiaire du liquide fermenté de la panse. Celui-ci migre avec les micro-organismes symbiotiques dans l'omasum et l'abomasum, via le réticulum, l'ensemble étant digéré par des enzymes, comme c'est le cas chez les animaux monogastriques. La panse fournit un environnement anaréobique réducteur (Eh = -400 mV)

qui peut modifier la forme chimique des radionucléides ingérés (par exemple, le Tc absorbé sous forme de Tc⁰⁴ subit une réduction qui diminue la disponibilité biologique [Gerber *et al.*, 1989 ; Jones, 1983]).

La fermentation stomacale n'est pas le propre des ruminants. On la rencontre également chez d'autres espèces chez qui le transfert des aliments à travers l'estomac est retardé, ce qui favorise le développement de micro-organismes symbiotiques, comme dans le jabot des gallinacés. Des processus de fermentation ont également lieu chez les mammifères monogastriques au niveau du caecum. Cet organe est plus développé chez les herbivores. L'activité des glandes salivaires et la quantité de salive produite dépend du régime alimentaire des espèces : un régime riche en fibres en augmente la production (jusqu'à 16 l/j pour les vaches contre 1 à 2 l/j pour les chevaux). Les radionucléides absorbés peuvent être recyclés en grande partie par l'appareil gastro-intestinal avec les minéraux sécrétés par la salive. Ceci a été démontré pour le technétium [Gerber *et al.*, 1989 ; Helman *et al.*, 1987 ; Jones, 1983] mais vaut peut-être également pour le césium et l'iode.

Paramètres physiologiques

L'accumulation des radionucléides chez les mammifères dépend pour l'essentiel de l'âge de l'animal considéré : le coefficient de transfert (rapport entre la concentration en radionucléides dans un organe ou dans le lait à l'équilibre d'une part et la quantité de radionucléides ingérée par jour d'autre part) est plus élevé chez les individus jeunes que chez les adultes. Ceci peut s'expliquer par une plus grande perméabilité du système gastro-intestinal, notamment chez les nouveau-nés, et par l'activité métabolique plus intense chez les animaux en période de croissance. D'après Lacourly *et al.* [1971], un veau de six semaines a un taux de transfert en césium radioactif 15 à 25 fois supérieur à celui d'une vache. Le taux d'absorption du niobium ⁹⁵ par voie buccale est beaucoup plus élevé chez les agneaux et les porcelets venant de naître qu'après leur sevrage [Mraz & Eisele, 1977]. M. Sullivan [1980] fait une observation similaire en cas d'absorption de Pu par un pourceau nouveau-né. Des mesures effectuées in situ suite à l'accident de Tchernobyl ont fait apparaître un coefficient de transfert du césium radioactif plus élevé chez les agneaux que chez leurs mères [Beresford *et al.*, 1989 ; Howard *et al.*, 1987 ; Vankerkom *et al.*, 1988]. Toutefois, la concentration en Cs mesurée au niveau des tissus est plus faible chez les foetus et les nouveau-nés que chez leurs mères [Howard & Beresford, 1989 ; Vandecasteele *et al.*, 1989b].

Limitation de la contamination des produits d'origine animale

Les mesures applicables au niveau de l'animal ont été étudiées par Hove *et al.* [1993].

La première façon de limiter le niveau de contamination des produits d'origine animale est incontestablement de réduire l'ingestion d'aliments radio contaminés, par exemple en nourrissant le bétail, en totalité ou en partie, avec du fourrage propre provenant le cas échéant de la récolte précédente ou de régions lointaines non polluées, après l'avoir rentré à l'étable. Les animaux en pâture recevront un supplément de fourrage sain (foin, concentrés) afin de réduire leur apport en radionucléides. Le bétail peut également être emmené dans des pâtures saines ou moins contaminées.

Un autre moyen consiste à réduire la disponibilité gastro-intestinale des radionucléides ingérés, par exemple en incorporant des additifs aux aliments du bétail. Ces additifs peuvent également contribuer à favoriser le rejet des radionucléides absorbés dans les excréments.

En fonction des radioéléments considérés, on peut recourir à des silicates d'aluminium comme la bentonite, la zéolite et la vermiculite, du potassium stable, du calcium ou de l'iode, du carbone et du bleu de Prusse (le plus efficace contre le Cs) afin de réduire la contamination des mammifères [Stara *et al.*, 1971].

- L'effet des bentonites à forte dissémination (application unique ou répétée de 80 g/m²) sur des pâtures où paissent des moutons a été étudié par Beresford *et al.* [1989]. Seul un traitement répété (tous les deux jours) a été jugé efficace pour limiter le coefficient de transfert du césium, bien qu'il s'accompagne d'une perte de poids de l'animal (18 pour cent au bout de 34 jours) et d'une baisse de l'apport en herbe (39 pour cent). Encore faut-il que cette technique puisse être adoptée au niveau de l'agriculture industrielle en raison de ses difficultés d'application [Beresford *et al.*, 1989].
- Un composé du groupe des bleus de Prusse, l'AFCF, a été testé dans des conditions pratiques après l'accident de Tchernobyl et s'est avéré efficace [Giese, 1988]. Ce composé peut également être proposé aux animaux en liberté ou à l'état sauvage, dans des récipients ou sous forme de pierres à sel.
- L'ajout de 5 pour cent d'alginate de sodium dans du lait contaminé donne à des porcelets abaisse d'un facteur 6 la teneur en strontium dans le corps [Van der Borgh *et al.*, 1966]. Cette même source indique une légère diminution de la rétention en césium radioactif des porcelets dans des conditions identiques. Le passage du strontium dans le lait peut également être réduit en ajoutant à la nourriture des vaches 5 à 7 pour cent d'alginate de sodium [Thompson *et al.*, 1971]. Ce composé est toutefois beaucoup moins efficace chez les ruminants dans la mesure où il s'agit d'un polysaccharose. Il est dégradé en grande partie par la flore de la panse. Par ailleurs, la proportion d'alginate dans les aliments ne peut pas tellement être augmentée au-delà de 5 pour cent sans nuire à l'appétence de l'animal vis-à-vis de sa nourriture.
- Des chélatants du groupe des acides acétiques aminés sont administrés afin de favoriser le rejet du Pb, du Cd, du Mn et du Hg par les humains et ont été utilisés à titre expérimental pour améliorer l'élimination du ⁶⁵Zn et du Pu dans les excréments. Dans le cas du Pu, les meilleurs résultats ont été obtenus avec le DTPA, puis avec le DDETA. Le citrate de zirconium et les composés du phosphate, parmi lesquels l'hexamétaphosphate, sont également efficaces s'ils sont administrés immédiatement [Lauwerys, 1972 ; Stara *et al.*, 1971].
- Une augmentation de la teneur en fibres de l'alimentation des ruminants peut aussi contribuer à limiter l'absorption du césium [Wilson *et al.*, 1969 in Eisenbud, 1987].

S'il s'agit d'animaux de boucherie, on pourra attendre avant de les abattre. Durant cette période, ils seront nourris avec des produits sains ou faiblement pollués afin de les amener à un niveau de contamination acceptable par des moyens biologiques. Cette méthode a été utilisée au Royaume-Uni pour des ovins des Haute Terres : une baisse considérable de la concentration en césium radioactif dans les muscles a été obtenue en conduisant les agneaux des hautes terres fortement contaminées vers les basses terres beaucoup moins affectées (100 à 200 fois moins) afin qu'ils soient engraisés avant d'être abattus.

Traitement des aliments

Les produits d'origine végétale ou animale présentant un niveau de contamination inacceptable peuvent être traités par des moyens industriels ou domestiques pour être aptes à la consommation humaine.

Le problème de la contamination des produits alimentaires par l'iode 131 peut être résolu de façon très simple si leur consommation peut être retardée afin de permettre leur décroissance physique. Ceci est possible avec les produits de longue conservation comme la poudre de lait, le fromage, le chocolat, les conserves, la viande surgelée, le concentré de soupe surgelée à base de légumes contaminés en iode 131.

D'autres techniques peuvent être envisagées pour les radionucléides à longue durée de vie dont la décroissance par stockage n'est pas concevable :

- le lavage des légumes permet d'éliminer une fraction de la contamination externe,
- le blé peut servir à faire de la farine blanche, après retrait de son enveloppe externe,
- le lait peut être traité par passage sur des résines échangeuses afin d'éliminer le strontium et si possible le césium,
- le lait peut être utilisé pour fabriquer des sous-produits stockables d'un niveau de contamination moindre (beurre, fromage) ; il faut noter que l'acide est plus efficace que la présure pour la précipitation de la caséine en cas de lait contenant du Sr,
- certaines méthodes culinaires (lavage et/ou épluchage des légumes, viande bouillie et non rôtie, saumures) peut également limiter l'ingestion de contamination par l'homme.

Conclusions

Plusieurs types d'actions correctives, plus ou moins scientifiques ou empiriques, ont été mises au point et ont servi à limiter le niveau de contamination des produits consommés par les hommes ou les animaux. Bien que reposant sur une base scientifique, un bon nombre de mesures peuvent sembler inapplicables ou trop onéreuses pour être employées dans des situations réelles. D'une manière générale, il faut donner la préférence aux actions correctives faisant appel à du matériel ou à des machines existants d'un type courant plutôt qu'à une nouvelle technologie devant être spécifiquement mise au point pour ce genre d'application.

Un meilleur résultat peut souvent être obtenu en faisant appel à une combinaison de mesures mises en oeuvre simultanément ou successivement.

L'efficacité des dispositions peut varier en fonction des conditions de mise en oeuvre et peut parfois s'accompagner d'effets secondaires indésirables. A titre d'exemple, un excès de chaux peut entraîner une précipitation des micro-nutriments et induire des déficiences au niveau des plantes et des animaux nourris avec le fourrage défectueux ; la fertilisation importante d'un système semi-naturel peut entraîner de profondes modifications des écosystèmes.

Il faut noter par ailleurs que certaines mesures sont irréversibles ou presque (labourage normal ou profond) et que la situation peut difficilement être rattrapée si ces mesures n'ont pas été mises en oeuvre à bon escient.

RÉFÉRENCES

1. Aarkrog A. (1975), Radionuclide levels in mature grain related to radiostrontium content and time of direct contamination, *Health Phys.*, 28 : 557-562.
2. Alexakhin R.M. (1993), Countermeasures in agricultural production as an effective mean of mitigating the radiological consequences of the Chernobyl accident, *Sci. Tot. Environ.*, 137: 9-20.
3. Baes C.F. III, Garten C.T. Jr, Taylor F.G. et Witherspoon J.P. (1986), *The long-term problems of contaminated land : sources, impacts and countermeasures*, Oak Ridge National Laboratory, Environmental Science Division, Publication 2593, ORNL-6146.
4. Baes C.F. III. et Sharp R.D. (1983), A proposal for estimation of soil leaching and leaching constants for use in assessment models, *J. Environ. Qual.*, 12 : 17-28.
5. Beresford N.A., Lamb C.S. , Mayes R.W. , Howard B.J. et Colgrove P.M. (1989), *The effect of treating pastures with bentonite on the transfer of Cs-137 from grazed herbage to sheep*, *J. Environ. Radioactivity*, 9 : 251-264.
6. Coughtrey P.J., Jackson D. et Thorne M.C. (1985), Radionuclide distribution and transport in terrestrial and aquatic ecosystems : a compendium of data, A.A. Balkema, Rotterdam – Boston.
7. Eisenbud M. (1987), *Environmental radioactivity from natural, industrial and military sources* 3ème édition, Academic press Inc., Harcourt Brace Jovanovich Publ., New-York, 475pp.
8. Eisenbud M., Krauskopf K., Penna Franca E., Lei W., Ballard R., Linsalata P. et Fujimori K. (1984), Natural analogues for the transuranic actinide elements : an investigation in Minas Gerais, Brésil, *Environ. Geol. Water Sci.*, 6 : 1-9.
9. Gerber G.B., Van Hees M., Garten C.T. Jr, Vandecasteele C.M., Vankerkom J., Van Bruwaene R., Kirchmann R., Colard J. et Cogneau M. (1989), *Technetium absorption and turnover in monogastric and polygastric animals*, *Health Phys.*, 58 : 337-343.
10. Giese W.W. (1988), Ammonium-ferric-cyano-ferrate(II) (AFCF) as an effective antidote against radiocaesium burdens in domestic animals and animal derived foods, *Br. Vet. J.*, 144: 363-369.
11. Helman J., Turner R.J., Fox F.C. et Baum B.J. (1987), ^{99m}Tc -pertechnetate uptake in parotid acinar cells by the $\text{Na}^+/\text{K}^+/\text{Cl}^-$ co-transport system, *J. Clin. Invest.*, 79 : 1310-1313.
12. Hove K., Strand P., Salbu B., Oughton D., Astasheva N., Vasiliev A., Ratnikov A., Jigareva T., Averin V., Firsakova S., Crick M.J. & Richards J.I. (1995), *Use of caesium binders to reduce radiocaesium contamination of milk and meat in Ukraine, Belarus and the Russian Federation*, *Int. Symp. on "Environmental impact of radioactive releases"*, AIEA Vienne 8-12 mai 1995, Extended Synopses, AIEA-SM-339/153: 75-76.
13. Hove K., Strand P., Voigt G., Jones B.E.V., Howard B.J., Segal M.G., Pollaris K. & Pearce J. (1993), *Countermeasures for reducing radioactive contamination of farm animals and farm animal products*, *Sci. Tot. Environ.*, 137: 261-271.
14. Howard B.J. et Beresford N.A. (1989), *Chernobyl radiocaesium in upland sheep farm ecosystems*, *Br. Vet. J.*, 145 : 212-219.
15. Howard B.J., Beresford N.A., Burrow L., Shaw P.V. et Curtis E.J.C. (1987), A comparison of caesium-137 and 134 activity in sheep remaining on upland areas contaminated by Chernobyl fallout with those removed to less active lowland pasture, *J. Soc. Radiol. Prot.*, 7 : 71-73.
16. International Commission on Radiological Protection (1991), *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, *Annals of the ICRP* 21: 1-3, Pergamon Press, Oxford.
17. Jones B. (1983), *Metabolism of technetium in goats*, *Int. J. Appl. Radiat. Isot.*, 34 : 837-839.
18. Jouve A., Schulte E., Bon P. & Cardot A.L. (1993), Mechanical and physical removing of soil and plants as agricultural mitigation techniques, *Sci. Tot. Environ.*, 137: 65-79.
19. Kirchmann R. (1990), *Agricultural countermeasures taken in the Chernobyl region and evaluation of the results*, International Union of Radioecology, Report for Contract 88-ET-006 with CE/DGX1/A1.
20. Kirchmann R., Charles P., Van Bruwaene R. et Remy J. (1975), *Distribution of tritium in the different organs of calves and pigs after ingestion of various tritiated feeds*, *Current Topics in Radiation Research Quarterly*, 12 : 291-312.
21. Kirchmann R., Fagniat E. et Van Puymbroeck S. (1966), Studies on foliar contamination by radiocaesium and radiostrontium, in *Radiological concentration processes*, Pergamon Press, Oxford – New York, 475-483.
22. Lacourly G., Savy C., Lehr J. et Kirchmann R. (1971), Relations entre la contamination de la viande de bovin et celle du lait par le radiocésium, *Health Phys.*, 21 : 793-802.
23. Legrand B., Fache P., Hamoniaux M., Camus H. et Gauthier D. (1990), Premiers résultats expérimentaux du programme RESSAC sur les essais in situ de décontamination/fixation et études de migration des radionucléides dans les sols, AIEA Vienne, AIEA-SM-316/33: 507.
24. Marti J.M., Arapis G. et Iranzo E. (1990), Evaluacion de contremedidas para la recuperacion de suelo agricola, in "Environmental contamination following a major nuclear accident" Vol. II, AIEA Vienne, AIEA-SM-306/103: 111-127.
25. Middleton L.J. (1959), Radioactive strontium and caesium in edible parts of crop plants after foliar contamination, *Int. J. Rad. Biol.*, 1 : 387-402.
26. Mraz F.R. et Eisele G.R. (1977), Gastrointestinal absorption, tissue distribution and excretion of Nb-95 in newborn and weanling swine and sheep, *Radiat. Res.*, 72 : 533-536.
27. Nisbet A.F., Konoplev A.V., Shaw G., Lembrechts J.F., Merckx R., Smolders E., Vandecasteele C.M., Lönsjö H., Carini F. et Burton O. (1993), *Application of fertilisers and ameliorants to reduce soil to plant transfer of radiocaesium and radiostrontium in the medium to long term – a summary*, *Sci. Tot. Env.*, 137 : 173-182.

28. Nishita H., Romney E.M. et Larson K.H. (1961), *Uptake of radioactive fission products by crop plants*, J. Agric. Food Chem., 9 : 101.
29. Sandalls F.J. (1990), Review of countermeasures used in agriculture following a major nuclear accident, in "Environmental contamination following a major nuclear accident" Vol. II, AIEA Vienne, AIEA-SM-306/44: 129-140.
30. Schulz R.K. (1965), *Soil chemistry of radionuclides*, Health Phys., 11 : 1317-1324.
31. Segal M.G. (1993), Agricultural countermeasures following deposition of radioactivity after a nuclear accident, Sci. Tot. Environ., 137: 31-48.
32. Stara J.F., Nelson N.S., Della Rosa R.J. et Bustad L.K. (1971), *Comparative metabolism of radionuclides in mammals : a review*, Health Phys., 20 : 113-137.
33. Sullivan M.F. (1980), Absorption of actinide elements from the gastrointestinal tract of neonatal animals, Health Phys., 38 : 173-185.
34. Sullivan M.F., Garland T.R., Cataldo D.A. et Schreckhise R.G. (1979), Absorption of plant-incorporated nuclear fuel cycle elements from the gastro-intestinal tract, in Biological implications of radionuclides released from nuclear industries, AIEA Vienne, AIEA-SM-237/58, Vol.I : 447-457.
35. Sullivan M.F., Garland T.R., Cataldo D.A., Wildung R.E. et Drucker H. (1980), Absorption of plutonium from the gastrointestinal tract of rats and guinea pigs after ingestion of alfalfa containing Pu-238, Health Phys., 38 : 215-221.
36. Sullivan M.F. et Rummeler P.S. (1988), Absorption of U-233, Np-237, Pu-238, Am-241 and Cm-244 from the gastrointestinal tracts of rats fed an iron-deficient diet, Health Phys., 54 : 311-316.
37. Thompson J.C. Jr, Wentworth R.A. et Comar C.L. (1971), Control of fallout contamination in the post-attack diet : in survival of food crops and livestock in the event of a nuclear war, Proceedings Symposium, Brookhaven National Laboratory, Upton, New York, septembre 1970, B.W. Benson and A.H. Sparrow Eds., 566-595.
38. Tukey H.B. (1970), *The leaching of substances from plants*, Ann. Rev. Plant Physiol., 21 : 305-324.
39. Vandecasteele C.M., Fagniat E., Colard J., Culot J.P. and Kirchmann R. (1988), Transfer of radiocaesium deposited after the Chernobyl accident to agricultural plants, in Impact des accidents d'origine nucléaire sur l'environnement, CEN-CEA Cadarache, Volume 1 : D179-D187).
40. Vandecasteele C.M., Garten C.T. Jr, Van Bruwaene R., Janssens J., Kirchmann R. et Myttenaere C. (1986), Chemical speciation of technetium in soil and plants : impact on soil-plant-animal transfer, in Speciation of fission and activation products in the environment, R.A. Bulman and J.R. Cooper Eds., Elsevier Applied Science Publishers, Londres - New York, 368-381.
41. Vandecasteele C.M., Van Hees M., Culot J.P. et Vankerkom J. (1989), *Radiocaesium metabolism in pregnant ewes and their progeny*, Sci. Tot. Environ., 85 : 213-223.
42. Vandecasteele C.M., Zeevaert Th. et Kirchmann R. (1991), *Factors influencing the transfer of radionuclides in agricultural food chains*, in "Anticarcinogenesis and radiation protection" 2ème édition., O.F. Nygaard & A.C. Upton Eds., Plenum Press, New York.
43. Van der Borcht O., Colard J., Van Puymbroeck S. et Kirchmann R. (1966), Radiocontamination from milk in piglets (swine) : influence of sodium alginate on the Sr-85/Cs-134 ratio of the body burden and on the comparative Sr-85/Ca-47 absorption, in Radioecological concentration processes, Pergamon Press, Oxford - New York, 589-593.
44. Vankerkom J., Van Hees M., Vandecasteele C.M., Colard J., Culot J.P. et Kirchmann R. (1988), Transfer to farm animals (ruminants) and their products of Cs-134, Cs-137 and I-131 after the Chernobyl accident, in Impact des accidents d'origine nucléaire sur l'environnement, CEN-CEA Cadarache, Vol. 2 : E111-E119.
45. Willrodt C. (1993), Agrotechnical countermeasures to be applied before and during deposition of radioactive fallout, Sci. Tot. Environ., 137: 21-29.
46. Wilson D.W., Ward G.M. et Johnson J.E. (1969), *A quantitative model of the transport of Cs-137 from fallout to milk*, Environ. Contam. Radioact. Mater., Proc. Semin., Vienne.
47. Zach R. et Mayoh K.R. (1984), *Soil ingestion by cattle : a neglected pathway*, Health Physics, 46 : 426-431.

SÉANCE III

ASPECTS ÉCONOMIQUES ET SOCIAUX DES QUESTIONS AGRICOLES

Président de séance : Jan PREUTHUN, Suède

IMPACTS ÉCONOMIQUES ET SOCIAUX DES ACCIDENTS NUCLÉAIRES SUR LE SECTEUR AGRICOLE

par

J. Brenot et P. Hubert
France

Résumé

Les impacts économiques et sociaux d'un accident nucléaire majeur sur le secteur agricole sont passés en revue. Les coûts associés sont évalués par des méthodes plus ou moins appropriées en fonction de la durée et de la gravité de la situation post-accidentelle. Il est nécessaire de calculer ces coûts pour permettre aux agriculteurs, aux entreprises agro-alimentaires et aux pouvoirs publics de définir les niveaux d'indemnisation et les moyens à mettre en oeuvre pour réduire au minimum les conséquences des accidents. Les modalités de l'indemnisation sont décrites dans une section consacrée aux questions de responsabilité et de coûts soulevés par Tchernobyl. Pour ce qui est de la limitation des conséquences des accidents, la responsabilité en incombe généralement aux pouvoirs publics. Il est nécessaire d'avoir recours à l'aide à la décision, les méthodes existantes variant avec la complexité de la situation et les objectifs fixés. Les exemples donnés mettent l'accent sur les coûts et les impacts sociaux.

1. Introduction

La majorité des installations nucléaires ont été construites dans des zones à faible densité démographique, généralement des zones rurales. En cas, d'accident nucléaire avec rejets radioactifs, le secteur agricole risque d'être le premier touché plus ou moins gravement selon l'étendue des zones contaminées. Ainsi que l'a mis en évidence la catastrophe de Tchernobyl, les conséquences pour les agriculteurs, les entreprises agro-alimentaires et les circuits de distribution alimentaire sont nombreuses et variées : elles concernent aussi bien la santé et l'environnement que l'économie et la société. Les effets sur la santé et les dommages écologiques ne seront pas abordés ici dans la mesure où ils ne sont pas particulièrement spécifiques au secteur agricole.

Les impacts économiques se font sentir à l'échelle locale ou régionale, voire, dans certaines circonstances, internationale. Après le choc initial, des perturbations apparaissent également dans les autres secteurs économiques du fait des interactions existantes. Des coûts sont associés à ces incidences. Deux contextes appellent une évaluation monétaire, qui est nécessaire aussi bien aux victimes qu'aux pouvoirs publics : il s'agit dans le premier cas des problèmes de contentieux et d'indemnisation, et dans le second, de l'aide à la décision pour les choix relatifs à la réduction des conséquences des accidents. Quant aux impacts sociaux, les accidents graves ont montré qu'ils sont très nets et qu'ils correspondent à la dislocation des liens familiaux et des communautés existantes.

L'importance du rôle des pouvoirs publics dans la phase post-accidentelle est caractéristique des accidents nucléaires. Ce rôle ne se réduit pas à une mission de défense civile, car les pouvoirs publics assument la responsabilité des accidents dans la plupart des demandes en réparation et il leur incombe par ailleurs de mettre en oeuvre des contre-mesures. Lorsque les victimes se tournent vers les pouvoirs publics pour obtenir des dommages-intérêts, ceux-ci doivent d'abord définir les modalités d'indemnisation et les montants de ces derniers. Une évaluation du coût total ainsi que de sa ventilation entre les différentes postes permet de mieux appréhender les demandes d'indemnisation. Les pouvoirs publics doivent prendre en compte les contraintes économiques et la demande sociale. Les actions engagées doivent être pragmatiques et efficaces, et il y a lieu d'évaluer les coûts et bénéfices associés. D'une façon générale, une action ne consiste pas à appliquer une contre-mesure, mais à en combiner plusieurs, en d'autres termes à établir une stratégie. Se pose alors le problème de la définition de stratégies optimales. L'évaluation des coûts est capitale, tout comme le recours à des méthodes d'aide à la décision. A titre d'exemple, les responsables cherchent à optimiser leurs décisions dans les cas suivants : fixation des niveaux d'intervention, gestion des aliments contaminés, élaboration de stratégies de décontamination, définition de critères de priorité pour la réduction des doses reçues.

Les conséquences possibles d'un accident nucléaire et les interventions pouvant être envisagées seront tout d'abord passées en revue brièvement, ainsi que leurs coûts et les méthodes d'évaluation existantes, et certains des impacts sociaux soulignés. Seront ensuite présentés le régime d'indemnisation et son mode de fonctionnement pratique. La prise en compte des aspects économiques et sociaux dans le processus de réduction des conséquences des accidents fera l'objet de la dernière section.

2. Conséquences économiques

Les conséquences de rejets radioactifs hors site concernent les zones agricoles (prairies, champs, par exemple), les forêts, les bâtiments et équipements (sur les exploitations agricoles et dans les entreprises agro-alimentaires), les stocks, le bétail et la population. Dans la phase post-accidentelle, la situation est essentiellement fonction des interventions effectuées par les pouvoirs publics et le secteur agricole, quoique d'autres facteurs tels que le comportement des consommateurs puissent jouer un rôle. C'est ainsi qu'une perte de production peut être due à une évacuation spontanée ou décidée par les autorités, à une interdiction pour des raisons d'ordre sanitaire ou à un rejet par les consommateurs des produits impliqués. Par ailleurs, la classification des coûts distinguera entre les coûts imputables à la stricte mise en oeuvre des contre-mesures (qui sont toujours assumés par les pouvoirs publics) et les coûts que celles-ci engendrent pour l'ensemble du système économique – ces derniers étant en fait répartis au niveau de la société entre les individus, les groupes, les partenaires économiques, les ministères, etc.

2.1 Coûts de mise en oeuvre des contre-mesures

Des déplacements de population ont lieu au cours de la phase d'urgence en cas d'évacuation (celle-ci pouvant éventuellement toucher le cheptel bovin), puis lorsqu'il est décidé d'autoriser le retour ou de reloger la population évacuée dans un autre lieu. Les coûts d'évacuation englobent le transport, l'hébergement et la nourriture ; leur estimation est bien connue. La relogement implique généralement la construction de nouveaux logements et la création de nouvelles infrastructures publiques, opérations dont les coûts sont assumés par l'Etat et donc faciles à connaître.

Pour ce qui est des techniques de décontamination, l'expérience acquise avec le réacteur TMI-2 ainsi que sur d'autres sites contaminés a permis d'obtenir des données fiables et de définir des procédures efficaces. En outre, des interventions et des études touchant à la décontamination et, également, aux pratiques agricoles effectuées ces dernières années dans les républiques de la CEI (Biélorus, Russie et Ukraine) ont considérablement élargi nos connaissances dans ces domaines. Il était effectivement indispensable de déterminer les coûts et l'efficacité en termes de réduction des doses pour établir des indicateurs coûts/doses utilisables pour élaborer les mesures de protection. On peut également considérer que l'on dispose désormais d'estimations valables des coûts applicables aux modifications des pratiques agricoles et aux solutions de remplacement adoptées pour l'alimentation des animaux d'élevage. Il en est de même pour la décontamination des sols, des surfaces agricoles et des forêts (les coûts concernant alors les équipements lourds, les matériels, la main-d'œuvre et le transport) ainsi que pour le traitement des denrées alimentaires. La gestion des déchets (élimination, stockage et traitement) peut représenter une composante majeure du coût de décontamination. Enfin, le système mis en place pour contrôler le niveau de radioactivité dans de nombreux lieux et produits est également onéreux.

2.2 Perturbations de l'activité économique

Une diminution ou un arrêt de l'activité économique induisent différents types de pertes. Les agriculteurs et les entreprises agro-alimentaires, qui transforment les matières premières produites par les premiers, subissent une perte de production. Les exploitants agricoles doivent en outre acheter leur nourriture au lieu de consommer leur propre production, situation ayant des répercussions importantes dans les économies de subsistance. De leur côté, les grossistes et les distributeurs voient leurs ventes et, par conséquent, leurs revenus, chuter. Enfin, les perturbations de l'activité économique dans des secteurs liés au secteur agricole entraînent des pertes indirectes.

Les pertes subies par le secteur agricole sont très variables. Elles dépendent en effet de la durée d'application des contre-mesures (évacuation, interdiction des activités agricoles ou interdiction de consommer certaines denrées alimentaires), mais contrairement à ce qui se produit avec de nombreuses industries et activités de services, il s'agit là de liens complexes. On peut considérer que les pertes de production demeurent faibles si la période de perturbation est courte, mais qu'elles progressent rapidement si celle-ci se prolonge. Toutefois, si les pertes peuvent continuer de croître dans les zones à accès réglementé du fait que les conditions de travail y sont difficiles, ce n'est pas le cas pour les zones interdites ou pour une pratique agricole interdite, car ce qui est perdu ici sera produit ailleurs. En outre, les conséquences pour l'élevage bovin et l'aviculture ne sont pas les mêmes selon qu'il s'agit d'exploitations hors sol ou d'élevages en plein air, tandis que pour les productions végétales, la période de croissance joue un rôle déterminant.

Les méthodes actuelles d'estimation des coûts associés varient en fonction de la durée des perturbations, caractéristique essentielle de la gravité de l'accident (Brenot, 1990). Pour quelques semaines, la perte de production peut être estimée à partir du prix de marché du produit considéré ou encore, par la perte de revenu individuel des personnes travaillant dans les services de distribution. Pour quelques mois, on a recours à la perte de valeur ajoutée, c'est-à-dire au produit intérieur brut (PIB), qui sert à quantifier l'incidence des perturbations sur le secteur agricole de la région affectée. Les estimations des coûts sont alors effectuées en prenant en compte soit le nombre d'individus touchés et leur contribution individuelle au PIB, soit l'utilisation des terres dans les zones contaminées et la contribution de chaque type de terre au PIB. Pour des perturbations encore plus longues, il convient de recourir à la méthode des entrées-sorties, qui prend en compte les interactions entre le secteur agricole et les autres secteurs de l'économie tant au niveau régional qu'au niveau

national. Cette méthode permet en effet d'évaluer les pertes indirectes et, souvent, différées, subies par des secteurs initialement non touchés.

2.3 Perte de capital

Le capital d'un agriculteur se compose de l'exploitation avec ses équipements et matériels, des stocks (bétail et produits bruts), des terres et du bâtiment d'habitation privée, alors que dans le cas de l'agro-alimentaire, l'unité de production représente l'essentiel du capital. La dépréciation du capital est d'autant plus importante que la période d'évacuation se prolonge ou que la maintenance indispensable n'est pas effectuée. Si la zone est interdite, la perte de capital est totale. Le problème qui se pose alors est celui de la définition de la richesse. Pour les terres productives et les biens communs, les pertes sont estimées à partir du foncier et du marché, alors que pour les entreprises agro-alimentaires qui doivent fermer suite à l'interdiction, la perte correspond au capital de l'usine au moment de sa fermeture, données connues des responsables financiers. Quant à l'évaluation de la perte de biens rares ainsi que de tous les biens meubles collectifs, elle est difficile et n'est pas réalisée ; quoi qu'il en soit, ces biens ne peuvent être identifiés à ceux qui sont nécessaires en cas de relogement de populations déplacées, ni leur être comparés.

2.4 Effets secondaires

L'accident de Tchernobyl nous a appris que des producteurs agricoles autres que ceux qui sont affectés localement peuvent être touchés aussi bien dans le pays même que dans des pays étrangers. Ces effets secondaires revêtent la forme de choix alimentaires différents au niveau des consommateurs et de barrières à l'exportation. Certains produits peuvent être temporairement rejetés par les consommateurs, mais également par les distributeurs, qui craignent ou anticipent les réactions de ces derniers. Les coûts résultant d'un tel comportement collectif est difficile à évaluer, et seuls les organisations professionnels possèdent des informations sur ce qui s'est passé.

3. Conséquences sociales

Les contre-mesures extrêmes, évacuation, relogement, interdictions affectant la vie quotidienne, sont certes nécessaires, mais elles contribuent à déstabiliser le tissu social existant. Les conséquences sociales ne dépendent pas simplement de l'étendue des zones touchées, du nombre de personnes concernées, de la durée de la contamination résiduelle ou du coût total des réparations et de la réhabilitation que la société devra assumer. Elles sont beaucoup plus profondes, car des facteurs tels que la confiance en l'avenir et dans la capacité de prise en charge au niveau national peuvent amplifier ou, au contraire, atténuer l'ampleur des effets sociaux.

Dans les zones contaminées où la population est autorisée à rester, l'âge de la population croît à mesure que des personnes jeunes partent, soit parce qu'elles n'ont plus de travail, soit parce qu'elles sont inquiètes pour la santé de leurs enfants. La vie quotidienne se trouve modifiée de multiples façons depuis l'augmentation des contrôles de radioactivité et la fourniture d'aliments sains jusqu'aux conseils relatifs aux pratiques agricoles et aux activités de loisir. Cette assistance permanente renforce le sentiment que l'on vit dans des conditions anormales (Lochard et Prêtre, 1995).

Dans les zones non contaminées, l'intégration des personnes transférées aux communautés existantes soulève des difficultés tant en termes de coexistence qu'en termes d'insertion ; l'expérience

passée a en fait montré que les déplacements de population n'ont jamais été simples et que le besoin de terres, essentiel pour les agriculteurs, rend le problème encore plus aigu. Par ailleurs, lorsque l'on crée de nouvelles communautés, il leur manque une identité sociale qui ne sera acquise qu'au bout de plusieurs années.

Dans les circonstances mentionnées précédemment, les pouvoirs publics apportent en principe une aide aux individus, éventuellement sous la forme de compensations monétaires. Néanmoins, cette situation induit des comportements négatifs qui peuvent certes se justifier par la nécessité d'obtenir une pension au titre du régime public, mais qui empêchent ou retardent le retour à des conditions plus normales. L'évaluation des coûts qu'engendrent toutes ces conséquences sociales n'a pas encore été effectuée, et elle demeure du domaine de la recherche méthodologique.

4. Indemnisation

4.1 Responsabilité

Ainsi qu'il a été dit précédemment, l'estimation des coûts est réalisée par des économistes et des juristes à la demande des victimes, des organisations professionnelles, des associations de personnes impliquées, des propriétaires d'installations industrielles et des ministères. L'intérêt que présente l'évaluation ainsi fournie est qu'elle donne aux parties concernées certains ordres de grandeur. Les procédures suivies et les résultats sont fonction du cadre juridique en vigueur dans le pays. Quoi qu'il en soit, l'indemnisation est loin de compenser intégralement les coûts supportés, et la fixation du montant des indemnisations n'intervient qu'à la suite d'une longue procédure en matière contentieuse impliquant l'exploitant de l'installation nucléaire, l'Etat et ses ministères, et les parties plaignantes.

Deux questions se posent : Qui doit payer ? Le responsable est-il en mesure de le faire ? Il existe un régime de responsabilité civile dans lequel différentes entités interviennent successivement selon le niveau d'indemnisation considéré, voir tableau 1, (Nucleonics Week du 29 septembre 1994). Il s'agit en premier lieu du propriétaire de l'installation nucléaire à l'origine de l'accident, qui est responsable jusqu'à une certaine hauteur. En second lieu, l'Etat sur le territoire duquel est située l'installation prend en charge l'indemnisation jusqu'à un montant plus élevé. Enfin, il existe des conventions internationales qui permettent de partager les coûts entre les Etats signataires jusqu'à un montant supérieur au précédent. De toutes façons, le coût d'une catastrophe nucléaire – tout le monde pense bien sûr à Tchernobyl – est tellement énorme que l'indemnisation ne peut être assurée au titre de la responsabilité civile. C'est donc sur l'Etat dans lequel se situe l'installation nucléaire que repose la responsabilité de garantir les indemnisations ; en conséquence, la responsabilité de la gestion post-accidentelle incombe aux pouvoirs publics.

Pour tous les accidents réels de grande ampleur ayant entraîné des conséquences hors site (Tchernobyl, par exemple, ainsi que plusieurs installations chimiques), les coûts et montants de l'indemnisation évoluent constamment. Dans chaque cas, une première estimation, limitée aux coûts associés aux conséquences immédiates correspondant à un intervalle de temps court, a été effectuée au cours des premiers mois qui ont suivi l'accident. De ce fait, les conséquences ont été minorées. Une nouvelle évaluation réalisée par les groupes d'intérêts a conduit à des chiffres couvrant un éventail de conséquences plus large et une période de perturbation plus longue. Les estimations ont même été actualisées plusieurs fois au cours de la phase post-accidentelle, car les réparations demandaient du temps et le montant des indemnisations s'accroissaient à mesure que se prolongeaient les conditions anormales.

Tableau 1. Responsabilité civile nucléaire

Convention de Paris du 29 juillet 1960 OCDE/AEN		
14 pays signataires		
Financement par les exploitants (en millions de \$EU)		
- Plancher 7		
- Plafond 21		
Convention de Vienne du 21 mai 1963 AIEA		
24 pays signataires		
Financement par les exploitants (en millions de \$EU)		
- Plancher 5		
Convention de Bruxelles du 31 janvier 1963		
12 pays signataires de la Convention de Paris		
Financement complémentaire des Etats		
(en millions de \$EU)		
• Exploitant	Plancher	7
• Etat	Plafond	254
• Stagiaires	Plafond	174
Total	Plafond	435

Source : Responsabilité nucléaire internationale, Nucléoniques Week du 29 septembre 1994
 Unité : Million de \$EU ou DTS (droits de tirage spéciaux, 1 DTS = 1.45 \$EU en septembre 1994).

4.2 Coûts et indemnités dans le cas de l'accident de Tchernobyl

Il est évident que pour l'accident de Tchernobyl, les coûts sont estimés et les compensations financières établies par approximations successives. La fusion du coeur survenue le 26 avril 1986 a eu des répercussions sur un grand nombre de pays, provoquant une grave contamination en ex-URSS, notamment au Bélarus, en Russie et en Ukraine, tandis que les pays européens subissaient une contamination moindre. Sont donnés ci-après certains chiffres relatifs aux coûts. Il convient de souligner que pour les républiques de la CEI : a) peu de chiffres ont été publiés ; b) certaines données proviennent de déclarations de responsables et d'experts ; c) les taux de change des monnaies de ces républiques ont considérablement évolué au cours des neuf dernières années ; d) peu de données ont une précision suffisante pour permettre de distinguer les secteurs touchés ou ceux qui bénéficient d'une indemnisation. Les chiffres relatifs aux autres pays européens sont plus fiables.

Les estimations des coûts encourus par l'ex-URSS sont présentées dans le tableau 2. La première estimation donnée par les autorités soviétiques en septembre 1986 couvrait les coûts immédiats pour l'URSS, soit 2 milliards de roubles (environ 3 milliards d'écus). Les coûts sur site étaient limités à la destruction du réacteur ainsi qu'au nettoyage et à la décontamination du site ; ils représentaient 20 pour cent du coût total. Les coûts hors site, soit 80 pour cent du coût total, correspondaient aux contre-mesures d'urgence, à la décontamination hors site, à l'interdiction de produits agricoles et au relogement des populations. En 1988, la nouvelle estimation fournie par les autorités soviétiques, qui s'établissait à 8 milliards de roubles (environ 12 milliards d'écus), prenait en compte les incidences de l'accident sur les autres centrales nucléaires à réacteurs RBMK, c'est-à-dire 6 milliards de roubles (environ 9 milliards d'écus). La nouvelle estimation officielle donnée en 1990, à savoir 10 milliards de roubles (quelque 14.3 milliards d'écus), prenait en compte tous les coûts encourus jusqu'en 1989 [Bulletin de droit nucléaire n°46, 1990]. Il est intéressant de noter les chiffres suivants : pertes agricoles (15 pour cent), indemnités versées aux particuliers

(18 pour cent) et décontamination plus dépenses de relogement (29 pour cent). En mars 1990, un rapport soviétique officieux estimait que d'ici l'an 2000, l'accident de Tchernobyl pourrait avoir coûté au pays 175 à 215 milliards de roubles. Le chiffre moyen de cette fourchette, soit 195 milliards de roubles (environ 275 milliards d'écus), est vingt fois supérieur à l'estimation officielle précédente portant essentiellement sur les trois années suivant l'accident. Certes, cet énorme écart entre les deux estimations peut être controversé par les autorités officielles. Il semble néanmoins que l'importance respective, dans le coût total, des pertes agricoles (40 pour cent) et des coûts engendrés par la décontamination et la restauration hors site (20 pour cent), qui avaient été sous-estimés sur le court terme, soit mieux évaluée pour le long terme. Selon les récentes déclarations de Premier ministre de l'Ukraine [Nucleonics Week, 28 avril 1994], le coût annuel lié à Tchernobyl représente 15 pour cent du budget de l'Etat ; pour le Bélarus, cette contribution annuelle s'élèverait à 12 pour cent du budget national [Nucleonics Week, 7 juillet 1994]. Il faudra encore du temps pour obtenir des estimations plus précises des coûts engendrés par l'accident de Tchernobyl.

Tableau 2. Conséquences de Tchernobyl dans l'ex-URSS ⁽¹⁾

		Milliards d'ECUs ⁽²⁾
1986 septembre : premières estimations		
sur site ⁽³⁾		0.6
hors site en URSS ⁽³⁾		2.4
1987 mars - juin		
sur site		1
hors site en URSS		2.4
1988 décembre ⁽⁴⁾		
sur site		9.1
hors site en URSS		2.4
1990 juillet ⁽⁵⁾		
coût total pour l'URSS		13
.....	27%	
limitation de la consommation de certains aliments	2%	
indemnisation	18%	
décontamination, relogement	29%	
agriculture	15%	
perte de capital	9%	
1990 mars ⁽⁶⁾		
coût total pour l'URSS		275
perte de production	34%	
décontamination, évacuation	20%	
agriculture	40%	
plan de sûreté	2.6%	
perte de capital	2.6%	

1. Fusion du coeur du réacteur RBMK de la tranche 4 de la centrale de Tchernobyl survenue en URSS, le 26 avril 1986. Importants rejets radioactifs hors site. Retombées en URSS et en Europe.
2. Taux de change en 1990 : 1 écu = 0.7 rouble = 1.2 \$EU = 7 FF.
3. Rapport soviétique officiel du 19 septembre 1986. Sur site : perte du réacteur. Hors site : décontamination, soins de santé, perte de produits agricoles, pertes à l'exportation.
4. Estimation soviétique officielle. Les coûts sur site comprennent le réacteur et les incidences pour tous les autres réacteurs à technologie RBMK. Période 1986-1989.
5. Délégations du Bélarus, de la Russie et de l'Ukraine, juillet 1990. Rapport présenté aux Nations Unies. Coûts pour la période 1986-1989. In : Bulletin Droit Nucléaire, n°46, décembre 1990, p. 103-104.

6. Rapport soviétique officieux établi par Y. Koriakin (1990), économiste à l'Institut de recherche et de développement en génie électrique. Cité dans le Wall Street Journal du 23 mars 1990. Il s'agit des coûts directs et indirects concernant l'URSS pour la période 1986-2000. Le chiffre donné est un chiffre moyen.

En Europe, c'est surtout le secteur agricole qui a souffert des retombées de Tchernobyl. Les conséquences de l'accident ont affecté les produits agricoles, certains ayant été frappés d'interdiction tandis que d'autres ont vu leurs ventes chuter. Des indemnités ont été versées aux cultivateurs et aux éleveurs pour des productions particulières ; les montants ont été calculés à partir du prix de marché. La logique suivie dans ce cas, à savoir indemniser le secteur économique produisant un produit donné, est de type « vertical », alors que la logique « horizontale » donne la priorité à la remise en état de la zone touchée. En 1986, une estimation initiale des pertes avançait le chiffre de 1.4 milliard d'écus. En 1987 et 1988, les pertes dépassaient 0.36 milliard d'écus, et l'on a considéré que les pertes réelles étaient bien plus élevées [Smets, 1988]. De fait, deux sources [Nucleonics Week, 29 septembre 1994] et (Tveten U., 1995) indiquent que la facture s'est alourdie et que toutes les données ne sont pas encore disponibles. Les chiffres sont présentés au tableau 3.

Tableau 3. Conséquences de Tchernobyl en Europe ⁽¹⁾

	milliards \$EU ⁽²⁾
Septembre 1986 estimation pour l'Europe ⁽³⁾	1.680
Mars-juin 1987 pays de l'OCDE : indemnités ⁽⁴⁾	0.480
Bilan des indemnités en 1988	
Autriche ⁽⁵⁾	0.097
Allemagne ⁽⁵⁾	0.227
Italie ⁽⁵⁾	0.330
Pays bas ⁽⁵⁾	0.480
Norvège ⁽⁶⁾	0.046
Suède ⁽⁶⁾	0.035
Royaume-Uni ⁽⁵⁾	0.007
Finlande ⁽⁶⁾	0.005
Bulgarie ⁽⁵⁾	0.074
Hongrie ⁽⁵⁾	0.018
Pologne ⁽⁵⁾	0.035
TOTAL	1.354

1. Fusion du cœur du réacteur RBMK de la tranche 4 de Tchernobyl survenue en URSS, le 26 avril 1986. Importants rejets radioactifs hors site. Retombées en URSS et en Europe.
2. Taux de change en 1990 : 1 écu = 0.7 rouble = 1.2 \$EU = 7 FF.
3. Estimation effectuée par ENVIPACT (groupe de défense de l'environnement) en 1986.
4. Flavin (1987) et Smets (1988). Indemnités versées aux agriculteurs des pays de l'OCDE.
5. Rapport international spécial sur la responsabilité dans le domaine de l'énergie nucléaire, Nucleonics Week du 29 septembre 1994, p. 11.
6. Tveten U. Conséquences économiques de Tchernobyl dans les pays nordiques. Rapport IFE, Norvège, 1995.

5. Réduction des conséquences d'un accident

5.1 Interventions

Les pouvoirs publics sont responsables de l'organisation des interventions. Comme il a été indiqué précédemment, il existe une vaste gamme de contre-mesures, et il est généralement admis qu'une contre-mesure se justifie lorsque les améliorations apportées l'emportent sur les inconvénients. Avant de mettre en oeuvre une contre-mesure, celle-ci doit être optimisée afin d'en maximiser le bénéfice net. Dans cette optique, toutes les conséquences doivent être étudiées : en premier lieu, cela va de soi, les conséquences liées à la dose (c'est-à-dire touchant à la santé) ; en deuxième lieu, les conséquences économiques, qui prennent en compte l'intérêt technique et la faisabilité financière de la contre-mesure ; et en troisième lieu, les considérations sociales, qui font intervenir les attitudes et comportements des individus.

Chercher à optimiser des contre-mesures ou, tout au moins, déterminer la série de contre-mesures comportant celles qui sont les mieux adaptées à la situation et arrêter un choix est une tâche complexe. Il va sans dire que la complexité du problème croît avec l'ampleur de l'accident. Pour résoudre ce problème de décision, plusieurs cadres existent. La situation de base comprend une série de contre-mesures, deux critères (dose évitée et coût) et un décideur. Si l'on prend l'exemple des différentes solutions envisageables pour l'alimentation du bétail, la dose évitée et le coût constituent les critères pour chaque option, et le service vétérinaire décide du rapport entre coûts et bénéfices. La situation se complique lorsque le nombre de critères augmente, les autres éléments demeurant inchangés. Si l'on reprend l'exemple précédent, le simple ajout d'un critère de faisabilité conduit soit à utiliser des méthodes multi-critères, soit à avoir recours à des méthodes d'agrégation afin d'être ramené à la première situation. A un niveau supérieur, deux parties au moins interviennent dans la décision, tous les autres éléments étant inchangés. Des conflits surviennent alors du fait que les parties n'accordent pas la même importance aux différents critères ; si certains mettent l'accent sur les coûts et d'autres sur les doses ou sur tout autre critère, il est en effet peu probable que les parties parviennent à s'entendre sur un choix commun. Certaines méthodes rendent explicite l'importance relative des critères pour chacune des parties [French *et al.*, 1992]. Malheureusement, les problèmes réels sont extrêmement complexes. En effet, plus de deux parties sont impliquées : secteur agricole, divisions techniques des ministères, responsables politiques ; les critères sont multiples : dose collective évitée, dose individuelle, coût, faisabilité, niveau d'acceptation, etc. En outre, les options à envisager ne relèvent pas d'un seul type de contre-mesure (comme pour le cas de l'alimentation du bétail), mais de tous les types à la fois (décontamination, traitement des denrées alimentaires, par exemple), et de surcroît, elles sont interdépendantes, ce qui est fréquent lorsque la situation ne concerne pas une production particulière, mais l'ensemble du secteur rural. Le concept approprié est alors celui de stratégie. Sont décrits dans les sections suivantes quelques cadres de décision de complexité diverse.

5.2 Détermination des niveaux d'intervention

Il incombe aux pouvoirs publics de fixer les niveaux de dose et les niveaux dérivés de contamination des surfaces ou du sol, les produits bruts, les aliments, etc. Dans cette optique, il leur faut évaluer les conséquences de leurs choix sur le secteur agricole, les données prises en compte étant les superficies agricoles susceptibles d'être affectées, le nombre de têtes de bétail nécessitant une action, les pertes de production et autres indicateurs similaires.

L'aide à la décision exige tout d'abord une évaluation des coûts des conséquences. Les codes d'évaluation des conséquences d'accidents (ACA) peuvent s'appliquer à une gamme étendue de conséquences – voir par exemple MACCS [Ritchie *et al.*, 1987], MECA2 [Alonso *et al.*, 1990 ; Gellego, 1994], COCO-1 [Haywood *et al.*, 1991] et COSYMA [Hasemann et Jones, 1993 ; Faude et Meyer, 1994] – ou au contraire, décrire en détail une action comportant de nombreuses options comme la décontamination – voir DECON [Tawil *et al.*, 1985] ou [Robinson *et al.*, 1990]. Ces codes, qui couvrent un vaste spectre de conséquences, permettent de calculer les coûts engendrés par la décontamination, l'évacuation, l'hébergement et le transport, les perturbations de l'activité économique (production laitière et cultures dans le cas de l'agriculture), la confiscation des terres et du patrimoine, et le relogement des populations déplacées. Ils offrent la possibilité de simuler une politique d'intervention en modifiant les niveaux d'intervention, en imposant des limites temporaires et en faisant varier la durée de la période couverte. En revanche, ils ne prennent jamais en compte la perturbation des activités sociales ou les effets secondaires. Par nature, ils sont axés sur les situations générales.

5.3 Stratégies relatives aux aliments contaminés

Lorsque les denrées alimentaires sont contaminées, des contre-mesures sont prises à la fois pour des raisons sanitaires et pour se conformer aux règles du commerce international. Les contre-mesures envisageables peuvent s'appliquer à toutes les denrées alimentaires, ce qui est le cas de l'interdiction (en d'autres termes, la destruction), et à tous les aliments du bétail, ou frapper spécifiquement un produit. C'est ainsi que le lait peut être stérilisé et stocké pendant quelque temps, être décontaminé, utilisé différemment (augmentation de la production de lait en poudre et de beurre, modification des techniques fromagères). Les légumes, fruits et céréales peuvent être récoltés selon des méthodes légèrement différentes, et dans certains cas, ils peuvent être transformés afin d'en retarder la consommation. Grâce à la congélation et au stockage, ou en modifiant l'alimentation des animaux d'élevage, on peut consommer de la viande. En pratique, les pouvoirs publics doivent définir une stratégie, ce qui signifie que plusieurs contre-mesures sont ou doivent être prises simultanément. L'utilisation d'outils informatisés d'aide à la décision facilite grandement cette tâche.

DACFOOD (Decision Aiding for Contaminated Foodstuffs), par exemple, est un système visant à fournir au décideur les données nécessaires à la mise en oeuvre d'une stratégie optimisée [Despres *et al.*, 1993 ; Despres et Heymes, 1994]. Les consommateurs sont définis par leur tranche d'âge et leur type d'alimentation. Le système évalue la dose par ingestion en l'absence de toute contre-mesure ; il calcule la réduction de la dose après la mise en oeuvre de chacune des contre-mesures applicables et, également, en combinant plusieurs contre-mesures ; il peut aussi procéder à une évaluation de diverses stratégies en fonction de leur rapport coût/efficacité. Jusqu'à 19 nucléides peuvent contaminer les aliments. Si leur dépôt intervient à une époque de l'année sans cultures, le système applique des modèles de transfert dynamiques pour calculer les concentrations des radionucléides dans les futures récoltes. Les critères employés sont dosimétriques – dose individuelle (dose efficace, au niveau de la thyroïde et de la moelle rouge des os) ou dose collective – et techniques – coût, faisabilité et efficacité des contre-mesures de base, par exemple. Le modèle n'inclut ni l'acceptation des contre-mesures par le public ni les initiatives individuelles en la matière.

5.4 Stratégies de décontamination

Depuis 1986, les techniques de décontamination ont fait l'objet d'études intensives aussi bien dans les républiques de la CEI qu'en Europe (projet RESSAC) et au cours d'opérations

CEI-Europe effectuées en collaboration (ECP4). Ces travaux ont abouti à la production, la collecte et l'analyse de nombreuses données scientifiques et techniques sur la décontamination des forêts, des zones urbaines, des denrées alimentaires, des pâturages, des machines, etc. Les données provenant d'un laboratoire ou d'expériences à petite échelle doivent être extrapolées à une échelle adéquate. La faisabilité technique inclut la définition de l'intégralité du processus à mettre en oeuvre, par exemple les installations ou services publics associés, notamment pour les possibilités de gestion des déchets, ainsi que la disponibilité des équipements ou personnels qualifiés associés et les modes d'utilisation (certaines techniques n'étant efficaces que dans des conditions données). L'impact économique est soit positif (sous-produits envisageables, possibilité de redémarrer la production) soit négatif (main-d'œuvre, carburants, équipements importés, équipements produits localement, réduction de la production).

Les utilisateurs de ces résultats sont les ministères des pays de la CEI chargés de réduire le plus possible les conséquences de la catastrophe. Il est clair que leur objectif est le retour à la « normalité » dans les zones contaminées où vivent des populations. Cela signifie une réduction sensible des doses individuelles, à savoir les ramener aux seuils admis, et une diminution des indemnités versées aux populations vivant sur les territoires considérés. Pour y parvenir, il faut définir des stratégies de décontamination qui tiennent compte de la législation en vigueur dans les trois républiques concernées.

Compte tenu du caractère multiforme de la contamination radioactive de vastes territoires et de la complexité des différentes voies d'exposition des individus, la méthodologie retenue est fondée sur des études de cas. Les stratégies sont élaborées pour un éventail de zones d'habitation caractéristiques recouvrant une grande diversité de situations réelles. Chaque zone d'habitation est définie comme une zone peuplée avec une répartition donnée de forêts, pâturages, terres agricoles, habitations privées avec jardins individuels et zones urbaines, à laquelle est associé un certain niveau de contamination. La répartition des doses dans les zones d'habitation de référence est déterminée à partir d'un certain nombre de pratiques relatives aux produits agricoles, à l'exploitation éventuelle de la forêt, à la consommation de légumes des potagers, à la consommation d'animaux et de denrées alimentaires provenant de milieux semi-naturels, etc. Pour tous les habitats, il convient de comparer l'avantage potentiel d'une décontamination à grande échelle des territoires à l'option « ne rien faire » pendant cent ans.

6. Conclusions

Les conséquences des accidents nucléaires graves sur l'agriculture sont bien étudiées, et dans leur majorité, les coûts en sont déterminés avec un bon degré de précision. Les véritables problèmes se posent pour l'optimisation des actions destinées à réduire les conséquences dans les zones rurales caractérisées par des pratiques agricoles très diverses.

Remerciements

Les travaux de recherche présentés dans la présente communication ont bénéficié du soutien financier de la DG XII de la Commission des Communautés européennes (contrat FI3P-CT92-0013).

RÉFÉRENCES

1. Alonso A., Gallego E., Martin J., 1990, The modelling of off-site economic consequences of nuclear accidents, In: CEC Seminar on methods and codes for assessing the off-site consequences of nuclear accidents, Athènes 7-11 mai 1990, EUR Report 13013, p. 713-732.
2. Brenot J., 1990. Economic consequences assessment for scenarios and actual accidents. Do the same methods apply?, In : CEC Seminar on methods and codes for assessing the off-site consequences of nuclear accidents, Athènes 7 -11 mai 1990, EUR Report 13013, p.733-751.
3. Despres A., 1993. DACFOOD Reference Guide, IPSN/DPHD/CERP Note 93/01, 1993.
4. Despres A., Heymes P., 1994, A Decision Aiding System : DACFOOD, Portsmouth 94 Proceedings, Nuclear Technology Publishing, p.353-356, 1994.
5. Envipact, 1986, Tchernobyl : 30 milliards de dégats, Énergie et Environnement.
6. Faude D., Meyer D., 1994. Extension of the COSYMA-ECONOMICS Module, Cost Calculations Based on Different Economic Sectors, Karlsruhe, KFK 5442, décembre 1994.
7. Flavin C., 1987, Reassessing Nuclear Power : the Fallout from Chernobyl, World Watch Paper 75, mars 1987.
8. French S., Kelly N., Morrey M., 1992, Decision conferencing and the International Chernobyl Project, J. Radiol. Prot., 12, N°1, p.17-28, 1992.
9. Gallego E., 1994, MECA2. A Model for Economic Consequence Assessment, 2ème édition, Guide de référence, Report CTN-43/92, UPM, Madrid, 1994.
10. Hasemann I., Jones A., 1993, COSYMA User Guide, Version 93/1, KFK-NRPB Report, CEC Luxembourg, EUR 13045, août 1993.
11. Haywood S.M., Robinson C.A., 1991, COCO-1 : Model for assessing the economic impact of accidents, Radio. Prot. Bull., N°118, p.9-14, 1991.
12. Haywood S.M., Robinson C.A., 1991, Model for Assessing the Cost of Off-Site Consequences of Accidental Releases of Radioactivity, Chilton, NRPB-R243, Londres HMSO. 1991.
13. Koryakin Y., 1990, Cost of the Chernobyl accident, The Wall Street Journal, mars 28, 1990.
14. Lochard J., Pretre S., 1995, Return to normality after a radiological emergency, Health Physics, vol 68, n°1, p.21-26, 1995.
15. Ritchie L.T., Chanin D.I., and Sprung D.L., 1987, MELCOR Accident Consequence Code System (MACCS Version 1.4), NUREG/ CR-4691.
16. Robinson C.A., Haywood S.M., Brown J., 1990, The costs and effectiveness of various decontamination procedures, CEC Seminar on methods and codes for assessing the off-site consequences of nuclear accidents, Athènes 7-11 mai 1990, EUR Report 13013, p.633-650.
17. Smets H., 1988, The cost of accidental pollution, UNEP Industry and Environment, novembre-décembre 1988, pp. 28-33.
18. Tawil J.J., Bold F.C., Harrer B.J., and Currie J.W., 1985, Off-Site Consequences of Radiological Accidents, Methods, Costs, and Schedules for Decontamination, DECON Program. NUREG/ CR-3413.
19. Tveten U., 1995, Economic consequences of Chernobyl in the Nordic countries, IFE Report, Norway, 1995.

SÉANCE IV

DISPOSITIFS POUR L'ÉCHANGE D'INFORMATIONS

Président de séance : Andrea SCHENKER, Suisse

**COMMUNICATION EN SITUATION D'URGENCE RADIOLOGIQUE :
ÉCHANGE D'EXPERTISES ENTRE L'IPSN ET DEUX FILIÈRES AGRICOLES
DE LA RÉGION PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR**

par

**Laure Berthier et Vincent Pupin
France**

Résumé

Un audit patrimonial, commandité par l'institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (IPSN) a mobilisé l'expertise d'acteurs du secteur nucléaire et de deux filières agricoles sensibles (salades et ovins) en Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA) sur le thème de la communication entre eux, en cas de contamination de la région (situation d'urgence radiologique). Au vu de leurs offres et demandes d'informations, nous avons déterminé des champs communs d'action entre les quatre grands types d'acteurs concernés, de culture différente : Administration agricole, professionnels de l'agriculture, acteurs du secteur nucléaire et élus. Nous avons analysé les actions déjà réalisées dans ce domaine et constaté que l'accident de Tchemobyl était une charnière dans la mobilisation et la prise de conscience des acteurs. Une projection dans l'avenir a permis de mesurer les enjeux d'une relation entre l'IPSN et les deux filières : créer les conditions de réactions à une urgence radiologique. Ainsi, nous avons pu faire des propositions à l'IPSN pour construire une expertise agro-nucléaire française, basée sur un réseau de relations couvrant (voire dépassant) les filières agricoles étudiées.

(Mots clés : Nucléaire, Filières agricoles, Expertise, Crise, Réseau d'acteurs.)

Ce stage est le résultat d'un partenariat entre le commanditaire, l'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (l'IPSN), le Ministère de l'agriculture et l'Institut national agronomique Paris Grignon (l'INAPG). Il est le prolongement d'une réflexion générale sur le risque de contamination de l'environnement et donc des produits d'origine agricole par des corps radioactifs. Cette réflexion avait déjà montré la nécessité de développer les échanges entre Agriculture et Nucléaire. C'est pourquoi ce thème de stage a été retenu : la communication s'entend ici comme un dialogue substantiel entre des acteurs et une recherche d'une sphère commune de négociation possible et non comme une information médiatique.

Une Situation d'Urgence Radiologique (SUR) recouvre les événements pouvant entraîner toute forme de contamination, ici dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA), touchant des filières agricoles et des ensembles d'acteurs (professionnels, administration, etc.) réunis par un même produit « de la fourche à la fourchette ». La communication est alors conçue, pour nous, comme un échange d'expertise, c'est à dire la mise en commun de compétences différentes comme les savoirs techniques, la connaissance des acteurs, du terrain, etc., pour traiter un sujet. La démarche d'audit patrimonial procède de cette définition et, à travers des entretiens confidentiels, mobilise la capacité d'expertise de chaque acteur selon une méthode que reflète le plan du rapport.

Nous avons constaté la coexistence, chez les acteurs interrogés, de quatre grandes cultures. Pour chacune d'elles, la qualité radiologique du produit se conçoit différemment, mettant en présence des seuils de sensibilité divergents pour évaluer la contamination des produits d'origine agricole. Les normes européennes sont les seuils légitimes pour l'administration, alors que la « qualité zéro Becquerel » (le Becquerel est l'unité de mesure de la radioactivité) est demandée par les consommateurs. Le rapport tente de décrire les stratégies de ces différentes cultures et de tirer les enseignements de leurs actions communes avant de se projeter dans l'avenir afin d'en recueillir des enjeux permettant d'envisager des chemins de changement de la situation actuelle.

En SUR, l'IPSN, organisme public placé sous la tutelle conjointe des Ministères de l'industrie, de la défense et de l'environnement, estime pouvoir apporter une expertise au monde agricole en matière de prévision de rejets dans l'environnement, de caractérisation de la contamination du territoire résultant de ces rejets et de définition des contre-mesures à mettre en oeuvre pour diminuer la contamination des produits alimentaires.

Pour accomplir ce rôle d'expertise au profit des Pouvoirs Publics, il a besoin de la part des Bières agricoles d'une information statique et dynamique sur les produits et sur l'organisation des Bières. Au sein de l'IPSN, les acteurs concernés par les études liées à l'impact d'un accident nucléaire à l'extérieur de l'installation sont conscients qu'ils ont une approche de l'environnement en terme de relations de cause à effet (recherche fondamentale par modélisation, par exemple) qui aboutit seulement à des réponses génériques, universalistes aux questions posées par une SUR, en omettant les aspects locaux.

Ainsi, du fait de sa culture issue de la recherche en physique nucléaire, l'IPSN approche la qualité d'un produit en SUR par le critère sanitaire, le nombre de Becquerels par kilogramme, et par le coût des contre-mesures; il mesure cette qualité par ses outils propres. Cependant, par cette approche générique, l'IPSN sait qu'il ne prend pas en compte la crédibilité, l'image de marque des produits des filières, d'où son besoin d'interlocuteurs experts des filières.

Les filières choisies (salades et ovins) ne sont pas des entités homogènes. Nous avons distingué les professionnels (producteurs, distributeurs, etc.) de l'administration (Ministère de l'Agriculture) et des interprofessions.

En ce qui concerne les premiers, nous considérons que nous pouvons approcher schématiquement leur problématique par le concept de cycle de vie du produit : ce dernier passe plus ou moins directement par le producteur, le distributeur (entité regroupant à la fois les négociants, expéditeurs, chevillards, grandes surfaces etc.), le consommateur et enfin le recycleur, c'est à dire le gestionnaire des déchets et des marchés créés par le retrait de la surproduction, qui engendre un nouveau cycle. A chaque maillon s'opère la confrontation de l'offre de qualité du produit d'un professionnel avec la demande de qualité du professionnel suivant, dans le cadre d'un contrat plus ou moins explicite. Ce dernier repose sur la confiance entre les deux acteurs et est influencé par le contexte : nouvelle Politique Agricole Commune de l'Union Européenne, libéralisation des échanges mondiaux, pression médiatique.

Dans le cas d'une SUR, la qualité radiologique du produit a un impact sur ce processus et rétroagit sur d'autres composantes de la qualité, comme l'image de marque. Indépendamment des normes, le moindre Becquerel s'ajoutant à la radioactivité naturelle dans un produit constitue, selon les acteurs de la filière, un risque de mévente. Il en découle une possible rupture du « contrat » entre professionnels et donc une « redistribution des cartes » : les approvisionnements s'opèrent ailleurs.

La problématique des professionnels se situe donc au niveau de la dépréciation des biens, dépréciation qui est non seulement économique mais aussi identitaire, puisqu'il s'agit aussi de la renommée d'un produit et de la fierté du producteur.

L'Administration se retrouve, elle, devant un problème essentiellement interministériel : par exemple, la Direction Générale de la Consommation, de la Concurrence et de la Répression des Fraudes (DGCCRF) du Ministère des Finances est chargée du contrôle des végétaux. La Direction Générale de l'Alimentation (DGAL) du Ministère de l'Agriculture est responsable de celui des animaux, l'Office de Protection contre les Rayons Ionisants (QPRI) du Ministère de la Santé de celui, entre autres de l'eau, de l'air. Son fonctionnement est basé sur la répartition des tâches par Ministères, directions, bureaux, qui permet une action quand les rôles sont définis et encadrés par des lois et que les signaux sont forts comme lors de dépassements des normes de pollution.

Or, en SUR, tous les rôles ne sont pas clairement définis, en ce qui concerne la gestion des conséquences économiques par exemple, et les signaux peuvent être très faibles. Les rumeurs de contamination radiologique sont susceptibles d'apparaître alors que les normes ne sont pas dépassées. Les réponses universalistes de l'Administration ne sont pas alors forcément appropriées aux contraintes des professionnels. Pourtant cette même Administration sait qu'elle doit agir en SUR car elle est investie d'une mission : l'Etat doit protéger, en effet, la santé des populations et assurer les conditions de la survie économique du pays.

Entre les professionnels des filières et l'Administration se situent les instances interprofessionnelles qui ont un rôle d'interface. Ces instances sont les représentants des professionnels auprès de l'administration, dont elles communiquent, négocient les décisions et les mettent en oeuvre dans la filière. Elles relèvent à la fois des deux cultures précédentes, avec des nuances suivant le statut et le niveau d'action. Nous ne les comptons donc pas comme une culture à part entière.

Les élus ont été interrogés en tant que représentants du monde agricole dans les zones rurales et plus généralement de la population, donc des consommateurs. Ils sont légitimes pour tous dans ce rôle, grâce au vote démocratique qui leur confère, entre autres, le devoir, selon eux, d'informer les citoyens de leur circonscription en temps normal et en SUR.

Cela suppose qu'ils répondent aux attentes d'une part des consommateurs, désireux de connaître l'existence des Becquerels artificiels voire naturels dans leur alimentation, leur environnement et, d'autre part, des professionnels des filières, soucieux, semble-t-il, de leur survie économique tant que le risque sanitaire n'est pas évoqué. Ils sont fondés à craindre les « effets panique » entraînant des méventes et un discrédit durable sur un produit alors qu'il n'y a pas de réel danger. En SUR, ils remettent donc en jeu individuellement leur légitimité et leur crédibilité, ce qui peut pousser certains élus à agir dans le cadre de cellules municipales de crises qu'ils activent.

Nous avons décrit les problématiques afférentes à chaque culture. Ces dernières ainsi posées, nous estimons que des intérêts communs entre l'IPSN et les deux filières agricoles choisies existent, qu'ils soient sanitaires, économiques, scientifiques ou médiatiques. Voyons donc ce qui a été entrepris entre eux dans le Passé.

L'accident de Tchernobyl en 1986 reste la référence pour les acteurs des filières, en ce qui concerne les éventuelles conséquences négatives du nucléaire sur l'environnement.

Avant Tchemobyl, dans un contexte de Guerre Froide où le nucléaire est facilement associé au politique, que ce soit dans le domaine militaire ou de la dépendance énergétique, la crise nucléaire type envisagée par la majorité des acteurs a les caractéristiques suivantes : agression extérieure, risque sanitaire fort avec fortes doses, organisation de crise planifiée reposant sur de gros moyens sur le terrain et des cellules de crise dans l'Administration essentiellement. Ainsi, la sûreté des centrales nucléaires françaises repose-t-elle sur des Plans d'Urgence Interne (PUI) et des Plans Particuliers d'interventions (PPI). Cependant, cette organisation de crise suppose un échange d'expertises autour du Préfet, en particulier.

Pour un certain nombre d'acteurs du secteur nucléaire dont l'IPSN, Tchemobyl, même s'il a été un révélateur d'un nouveau type de crise, ne marque pas le début de la prise de conscience de l'importance du hors site. En témoignent les recherches suite aux essais nucléaires de plein air et l'existence d'un réseau de surveillance de l'eau, par exemple.

L'engagement des autres acteurs n'est cependant véritablement sensible qu'à partir de Tchemobyl, d'autant plus que le contexte économique-politique les y pousse : importance grandissante de la qualité des produits, de l'environnement, des échanges commerciaux. Le monde agricole – les acteurs interrogés le soulignent – se sent alors concerné car certaines filières connaissent des méventes donc des crises dont les caractéristiques n'étaient pas toujours soupçonnées. Nous pouvons citer ici l'impact économique et médiatique sur l'image de marque de doses de radioactivité faibles voire non mesurables, via le processus de rumeurs, la relativité des normes et la mauvaise perception de rôles de certains acteurs peu définis par ailleurs et sortant souvent du cadre de l'organisation de crise.

Nous avons appelé ce genre de crise, la « crise grise » : elle peut basculer, suivant le comportement des acteurs, soit dans une « crise noire », aux conséquences graves en économie, en politique, soit dans une « crise blanche », au cours de laquelle les difficultés existent mais sont traitées en concertation et donc limitées.

Dans ce nouvel état d'esprit, des échanges d'expertises entre l'IPSN et les acteurs des filières ont pu voir le jour pendant et après la crise suscitée par les retombées dues à Tchernobyl sur la France et sur la région PACA en particulier.

Ainsi, citons la collaboration entre les laboratoires de l'IPSN à Cadarache, le laboratoire inter régional de la DGCCRF de Marseille et le laboratoire de la Direction des Services Vétérinaires (DSV) des Bouches-du-Rhône, pour l'exploitation des résultats des contrôles des denrées alimentaires entre 1986 et 1987. Citons aussi les interventions dans les médias d'experts du nucléaire comme la Commission de Recherche et d'Information Indépendante sur la RADioactivité (CRIIRAD) pour répondre aux interrogations des consommateurs, et l'élaboration d'un guide (1990) de sensibilisation des agriculteurs aux SUR par la Fédération Nationale des Syndicats d'Exploitants Agricoles (FNSEA), le Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière (CNIEL) et l'IPSN.

Notons aussi l'importance de l'exercice de simulation d'accident qui a eu lieu à Cadarache en 1991, mettant entre autres en scène l'IPSN, la Préfecture et des membres de l'administration centrale et territoriale de l'agriculture, sur la gestion d'un territoire contaminé.

Afin de bien exploiter les enseignements retirés des expériences précitées, nous avons demandé aux acteurs audités d'imaginer trois scénarios d'évolution de la situation actuelle, après avoir défini le cadre temporel et spatial de cette prospective.

Tous les acteurs sont conscients qu'il existe plusieurs échelles de temps : le temps du dialogue, le temps du progrès technique, le temps du changement des mentalités, etc. En revanche, ils envisagent en général le territoire concerné par référence à leur fonction qui dépend de limites administratives, d'un bassin de production ou de l'étendue d'une zone contaminée. Nous avons en fait senti l'importance, pour eux, de situer l'approche prospective par rapport à leur réseau d'acteurs, qui définit lui-même le territoire géré par ces derniers et que l'on peut donc retenir en SUR.

Le scénario tendanciel, prolongement naturel du présent, est caractérisé, pour nous et à la lumière des suggestions des personnes interrogées, par un cloisonnement des activités de chacun qui laisse cependant encore des possibilités d'action si la situation devient critique. Le scénario négatif, lui, aboutit par un processus insidieux d'accumulation de crises grises à une rupture quasi totale et durable des relations entre l'IPSN et l'Agriculture. Enfin, le scénario positif est celui de l'instauration progressive de la confiance mutuelle, qui permet une action négociée et efficace.

Il existe donc des enjeux aussi bien pour le nucléaire que pour les filières. Finalement, parmi eux, le principal révélé par ces scénarios est le caractère de plus ou moins grande réversibilité des relations entre acteurs, lié au coût de négociation : plus les efforts des parties concernées pour améliorer l'échange d'expertises entre l'IPSN et l'Agriculture sont faibles, plus les acteurs attendent et plus il nous semble alors qu'il sera difficile de s'orienter vers un scénario positif. En effet, le contexte actuel est perçu par les personnes auditées comme évoluant plutôt vers le scénario négatif.

Pour atteindre le scénario positif, nous proposons donc des chemins de changement, tentant d'abord de répondre à la demande de l'IPSN.

En ce qui concerne la demande d'informations techniques, nous avons pu apporter, grâce aux acteurs interrogés et à des documents, des références statistiques à l'IPSN. Elles semblent, pour les personnes qui les proposent, relatives car variables dans le temps, dans l'espace, en fonction des ressources. D'autre part, une partie de la demande n'a pu être satisfaite en ce qui concerne la connaissance des flux des produits et les répercussions économiques sur toute une filière d'une décision la concernant.

En fait, pour pallier ces difficultés, il semble important de proposer des interlocuteurs clé, support vivant des informations et constituant un réseau de relations pour l'IPSN.

Au niveau central, nous avons préconisé le Ministère de l'Agriculture, à condition qu'il assure l'interface avec les instances interprofessionnelles centrales et qu'il précise ses missions en matière de gestion de crises nucléaires. Au niveau local, pour chaque filière, notre choix s'est porté vers certaines instances interprofessionnelles, pour leur rôle possible de médiateur entre les professions concernées et l'administration ou l'IPSN.

Pour la filière salades nous proposons l'Association Provençale de Recherche et d'expérimentation Légumière – Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes (APREL-CITFL), le Comité économique et sa section salade, le Service des Nouvelles du Marché (SNM) et la Direction Régionale de l'Agriculture et de la Forêt (DRAF).

Pour la filière salades nous proposons le Groupement Interprofessionnel de l'Elevage ovin (GIE ovin), l'Union Bétail Viande Alpes Méditerranée (UBEVIAM), le Centre d'Etudes et de Réalisations Pastorales Alpes Méditerranée (CERPAM) et la Fédération Régionale des Groupement de Défense Sanitaire (FRGDS) en collaboration avec les DSV.

Avec ces interlocuteurs privilégiés, nous pensons que l'IPSN peut s'engager dans un processus de construction d'une coexpertise autour de la définition d'une même réalité où les mots employés ont la même signification pour tous. Ainsi nous proposons que ces acteurs se mettent d'accord sur certains termes comme qualité et pollution, qui constitueront une base pour des actions communes. En particulier, il est envisageable qu'ils construisent ensemble des scénarios de crise en vue d'exercices de simulation et qu'ils définissent leurs champ d'action souhaités, leurs prérogatives, à travers, par exemple, une convention entre l'IPSN et le Ministère de l'Agriculture. Les acteurs insistent d'autre part pour que ces relations s'inscrivent dans un contexte de formation-sensibilisation et de coordination des actions qui dépasse la stricte implication de l'IPSN.

En conclusion, notre démarche d'audit a révélé une motivation générale des personnes interrogées pour s'engager dans un processus progressif de construction d'une expertise agro-nucléaire, basée sur un réseau relationnel vigilant. Elle a permis aussi à l'IPSN de clarifier certaines zones de son champ d'action et de commencer à découvrir la réalité de deux filières agricoles. D'ailleurs, de par l'étendue des fonctions des interlocuteurs choisis et les interactions des filières en PACA, ce rapport devrait poser les jalons d'autres études.

PROLÉGOMÈNES À UNE THÉORIE DE L'ÉCHANGE D'UN SAVOIR NUCLÉAIRE

par

Dominique Van Nuffelen
Belgique

« Il est nécessaire d'inventer une nouvelle société fondée moins sur la recherche de l'efficacité que sur la recherche de la lucidité. »

A. Jacquard

Résumé

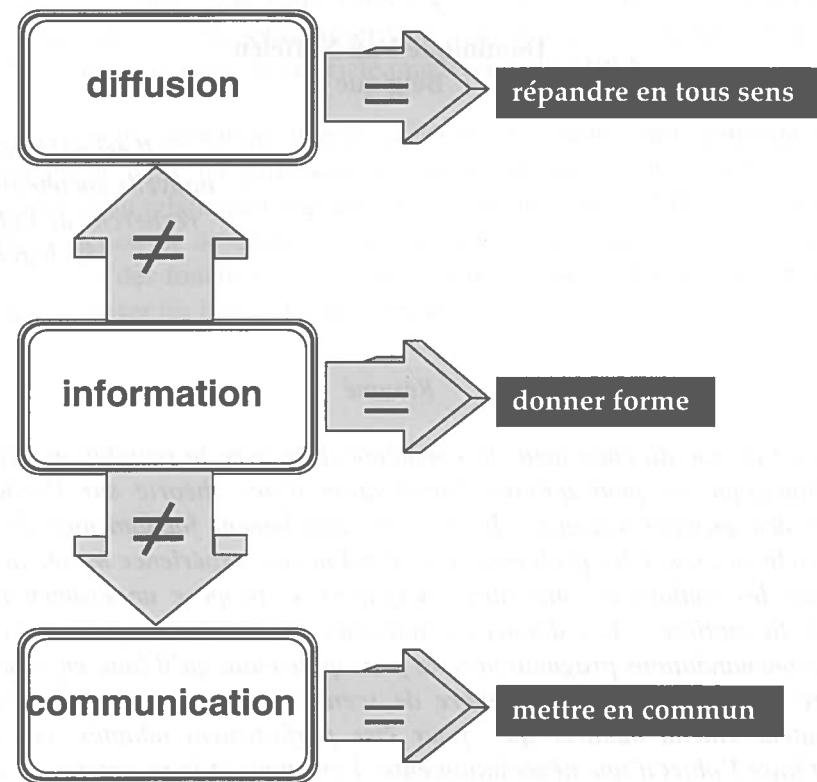
Du point de vue du chercheur, la communication avec la population agricole en situation d'urgence radiologique ne peut qu'être l'application d'une théorie sur l'échange d'un savoir nucléaire entre des groupes sociaux. Il est donc absolument fondamental d'élaborer une telle théorie : cet article en expose les prolégomènes. Il relate une expérience menée au SPRI (Service de protection contre les radiations ionisantes – Belgique), et propose un examen des connaissances scientifiques en la matière. Les données empiriques et théoriques qu'il présente conduisent à formuler des recommandations pragmatiques, la principale étant qu'il faut, en situation radiologique normale, mettre au point un certain nombre de scénarios de messages adaptés à la population agricole. L'auteur entend montrer que, pour être parfaitement adaptés, ces scénarios doivent nécessairement faire l'objet d'une négociation entre l'émetteur et le récepteur. Si cette condition est respectée, l'information en situation d'urgence nucléaire constituera alors réellement un échange de savoir entre les experts et la population agricole : en d'autres termes, une « communication ».

J'ai été aimablement invité à dire un mot de la communication avec la population agricole en situation d'urgence radiologique – je remercie d'ailleurs les responsables de ce séminaire. Mon intervention se cantonnera aux problèmes communicationnels soulevés en amont de la chaîne d'urgence radiologique, problèmes qui ont une incidence directe sur la discussion qui nous rassemble aujourd'hui. En effet, en cas d'accident nucléaire, il est naturellement trop tard pour réfléchir à bien communiquer. Ce qu'il faudrait, c'est pouvoir disposer de scénarios de messages préétablis et particulièrement adaptés à la population agricole. Pour concevoir de tels scénarios, des recherches sont absolument nécessaires. Dans cet exposé, je relaterai et commenterai notre expérience en la matière. Ce faisant, je réexaminerai les fondements théoriques de l'échange d'un savoir nucléaire particulier – la situation d'urgence radiologique – avec une population définie – la population agricole.

En guise de préambule, je voudrais faire une petite digression du côté de l'étymologie (figure 1). Que veut dire au juste communiquer ? Est-ce la même chose qu'informer, que diffuser ? Etymologiquement, non. Diffuser vient du latin *diffundere* qui signifie répandre en tous sens [2]. Informer vient du latin *informare* qui veut dire donner forme [2]. Ainsi, l'information est la mise en forme d'un message, tandis que la diffusion est son éparpillement. Etymologiquement, toujours, la

communication est quelque chose d'encore différent. Communiquer, qui vient aussi du latin (*communicare*), signifie mettre en commun [2]. Comme nous verrons, la science moderne est en accord avec l'étymologie : la communication est effectivement la mise en commun d'une information, disons déjà une relation entre savoirs [12].

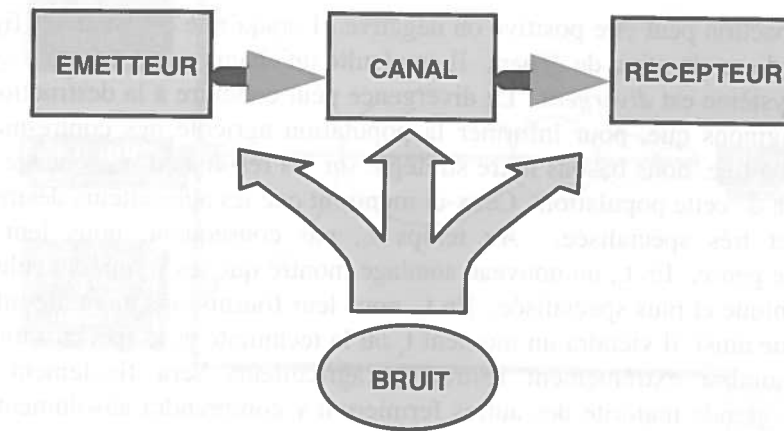
Figure 1. Communication = ?



Les premières recherches scientifiques sur la communication, comme les travaux célèbres de Shannon et Weaver en théorie mathématique de la communication, portaient sur la question de la transmission de l'information (figure 2). Dans le modèle classique [8], un émetteur transmet de l'information à un récepteur par le moyen d'un canal; cette séquence peut être affectée par du « bruit » (*noise*). Selon Shannon, le bruit est l'ensemble des éléments physiques pouvant perturber la transmission de l'information. Weaver donne au concept une dimension sémantique. D'après lui, le bruit recouvre l'ensemble des caractéristiques sémantiques du message et des capacités sémantiques du récepteur. En d'autres termes, toute communication est une lutte entre des bruits et des signaux [9]. Communiquer équivaut donc à transmettre tel quel un message d'un émetteur à un récepteur en réduisant au maximum le bruit.

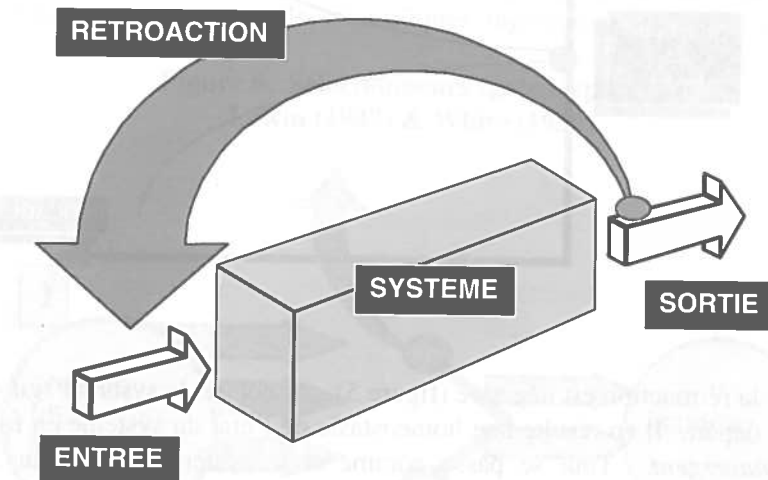
Ce qui caractérise ce modèle, c'est, d'une part, sa causalité linéaire simple et, de l'autre, son analogie avec le schéma comportementaliste bien connu $S \Rightarrow R$ (« stimulus donne réponse »). D'après ce modèle, en effet, une cause produit un effet : le récepteur réagit *nécessairement et seulement* après une action de l'émetteur. Comme nous allons voir, une telle théorie est cependant incapable d'expliquer plusieurs phénomènes pourtant liés aux processus communicationnels, tels que l'influence du contexte, les sélections, les distorsions, les relais ou encore l'interaction.

Figure 2. Transmission de l'information : Shannon & Weaver (1949)



L'interaction est un concept contemporain du modèle de Shannon et Weaver (figure 3). Wiener [17] introduit le concept en cybernétique par le terme bien connu de rétroaction (*feedback*). La rétroaction intervient lorsque, dans un système, la modification d'une variable de sortie (*output*) réagit sur une variable d'entrée (*input*). Transposé dans les systèmes communicationnels, le concept de rétroaction implique qu'émetteur et récepteur sont interactifs. Ces systèmes n'obéissent donc pas à la causalité linéaire simple, mais à une causalité d'une tout autre nature : la *causalité cybernétique*, ou si l'on préfère, la causalité circulaire. Par conséquent, il est erroné de penser qu'il existe une antériorité logique de l'émetteur par rapport au récepteur : en réalité, chacun d'eux « agit » sur l'autre, sans quoi il n'y aurait tout simplement pas de communication [14].

Figure 3. Rétroaction (feedback) : Wiener (1948)

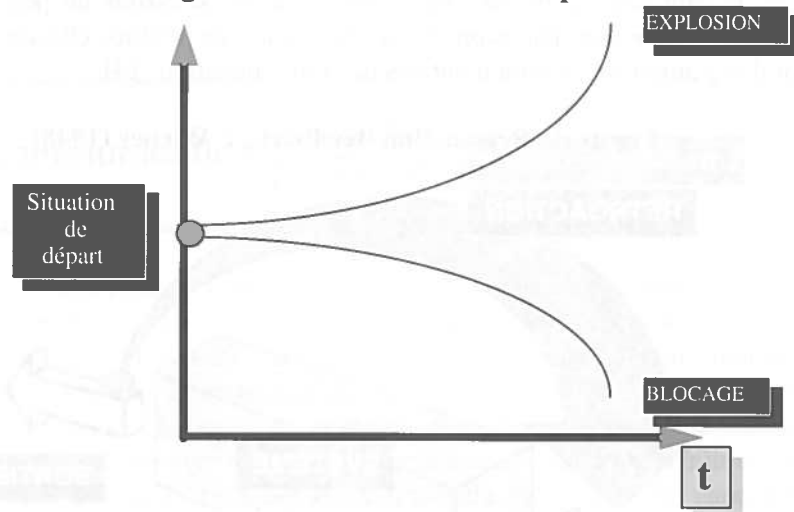


Les systèmes communicationnels, « à rétroaction », sont particulièrement complexes. Un aspect de leur complexité se marque dans le fait qu'ils ne sont pas entièrement prévisibles [15]. Nous aurions bien tort de croire qu'une « bonne technique » de communication suffirait pour faire adopter par la population agricole les dispositions que nous préconisons. En marketing électoral, pour prendre un exemple criant, on estime qu'une bonne campagne influence de 2 à 3% du public. Toutefois, la rétroaction peut théoriquement diminuer cette imprévisibilité. La rétroaction, en effet,

n'est pas seulement une forme d'interaction des éléments d'un système : elle est également un mode de régulation du système [1].

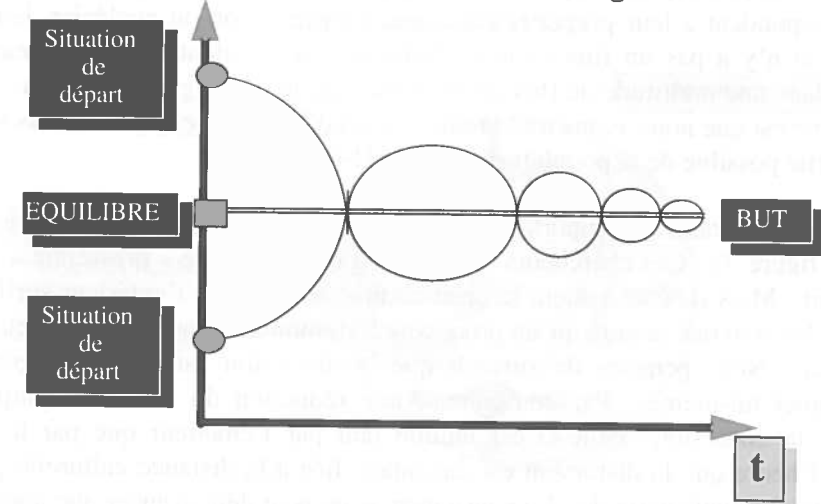
La rétroaction peut être positive ou négative. Lorsqu'elle est positive (figure 4), le système agit dans le sens de sa situation de départ. Il en résulte un changement d'état du système en fonction de la durée : le système est *divergent*. La divergence peut conduire à la destruction du système [14]. Illustration : imaginons que, pour informer la population agricole des contre-mesures en situation d'urgence radiologique, nous basons notre stratégie sur les résultats d'un sondage d'opinion effectué sur un échantillon de cette population. Ceux-ci montrent que les agriculteurs désirent une information très technique et très spécialisée. Au temps t_1 , par conséquent, nous leur transmettons une information de ce genre. En t_2 , un nouveau sondage montre que les fermiers veulent une information encore plus technique et plus spécialisée. En t_3 , nous leur fournissons une telle information. Si cette évolution continue ainsi, il viendra un moment t_x où la technicité et la spécialisation seront telles que seulement un nombre extrêmement restreint d'agriculteurs sera finalement touché par notre information. La grande majorité des autres fermiers n'y comprendra absolument rien. Ce serait le *blocage* du système communicationnel. Le même raisonnement peut être tenu si le sondage initial indique que les fermiers désirent plutôt une information très simple et très générale. Dans ce cas, en t_x , l'information serait à ce point imprécise que chaque fermier l'interpréterait à sa façon. Ce serait l'*explosion* du système communicationnel.

Figure 4. Boucle de rétroaction positive



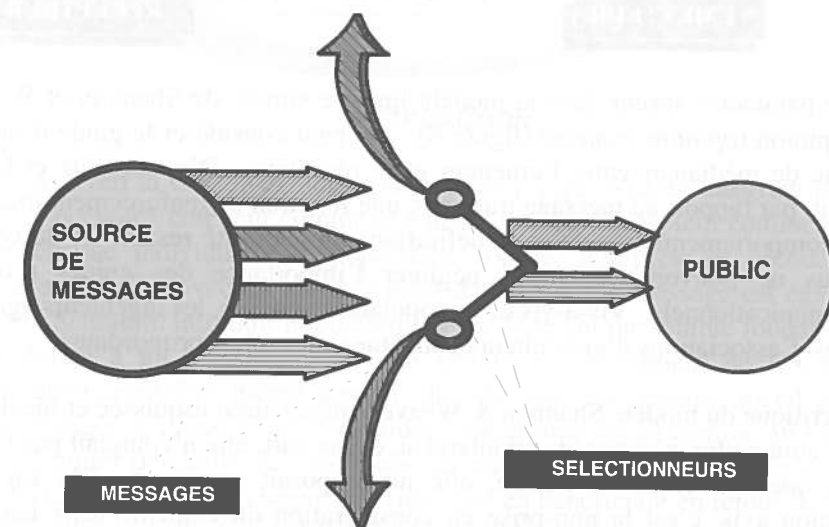
Lorsque la rétroaction est négative (figure 5), par contre, le système agit dans le sens inverse de sa situation de départ. Il en résulte une homéostasie de l'état du système en fonction de la durée : le système est *convergent*. Tout se passe comme si le système avait pour finalité son propre maintien [14]. Illustration : imaginons que nous transmettons au sein de la population agricole un message relativement technique. En t_1 , une évaluation de notre message indique que les agriculteurs voudraient une information un peu moins technique. En t_2 , nous leur fournissons un message plus simple. En t_3 , une nouvelle évaluation montre que notre information doit être un peu plus technique. Si cette évolution se poursuit, en t_x , le *but* du système communicationnel sera atteint : nous aurons transmis notre information technique au diapason sémantique de la population agricole.

Figure 5. Boucle de rétroaction négative



Un autre paramètre dont ne tient pas compte la théorie de Shannon et Weaver est la sélection (figure 6). Lewin [6] d'abord et ses disciples ensuite, comme White [16], ont mis en évidence le rôle des sélectionneurs (*gatekeepers*) dans les processus de communication. Ceux-ci sont des individus ou des groupes qui filtrent les messages; mais, en fait, émetteur et récepteur sont eux-mêmes des sélectionneurs [10]. Lorsque nous faisons de l'information nucléaire, nous sélectionnons certains thèmes dans l'ensemble des thèmes possibles. Ainsi, des thèmes comme la sûreté des installations, le fonctionnement des réacteurs ou encore les effets sanitaires des rayonnements ionisants, pour fréquents qu'ils sont dans nos messages destinés au public, n'épuisent cependant pas toutes les possibilités informatives en matière de savoir nucléaire. Ils sont le résultat d'un filtrage à la source, qui peut être dû à une certaine routine des communicateurs, mais aussi à une certaine vision que nous avons de la réalité nucléaire, voire à certains objectifs spécifiques des émetteurs (selon qu'ils sont pro- ou antinucléaires, industriels, scientifiques, ingénieurs, médecins, etc.).

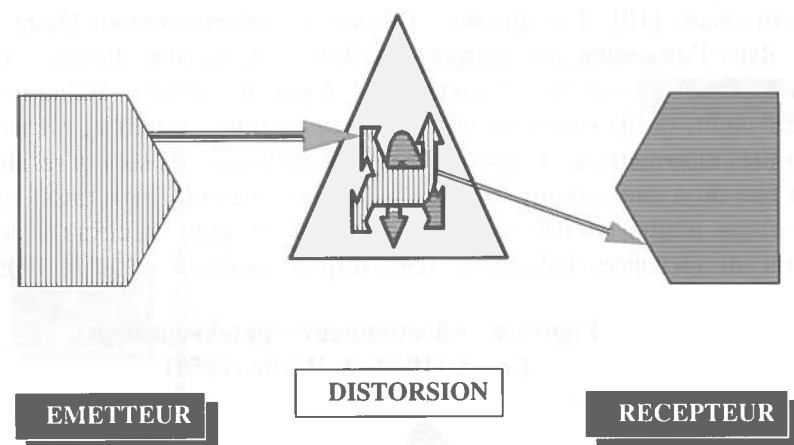
Figure 6. Sélectionneurs (*gatekeepers*) : Lewin (1947) & White (1950)



Parmi les diverses informations ainsi filtrées à la source, les récepteurs sélectionnent encore celles qui correspondent à leur propre routine, leur propre vision du nucléaire, leur propre opinion. Autrement dit, il n'y a pas un flux unique d'information circulant entre émetteur et récepteur : le public baigne dans une multitude de flux de messages qui ne l'atteignent pas tous. Une conséquence de ce phénomène est que nous avons tout intérêt à diversifier nos messages si nous voulons toucher la plus grande partie possible de la population agricole [14].

Un autre paramètre important manquant au modèle de Shannon et Weaver est la distorsion [3] (figure 7). Ces chercheurs l'avaient en quelque sorte « pressentie » en introduisant le concept de bruit. Mais ils concevaient le bruit comme agissant de l'extérieur sur la transmission de l'information. Nous avons montré qu'un processus communicationnel ne peut être réduit à un modèle de transmission. Nous pensons de surcroît que la distorsion est partie intégrante du processus communicationnel lui-même. Par conséquent, une réduction du bruit n'implique nullement une élimination de la distorsion : celle-ci est induite tant par l'émetteur que par le récepteur. Nous verrons tout à l'heure que la distorsion est davantage liée à la distance culturelle [11] existant entre monde nucléaire et monde agricole. En conséquence, on peut déjà avancer que nous aurons beaucoup à gagner en essayant de réduire cette distance, plutôt qu'en améliorant seulement les techniques de communication.

Figure 7. Distorsion : Galtung & Ruge (1965)



Autre paramètre absent dans le modèle linéaire simple de Shannon et Weaver, l'existence des guides d'opinion (*opinion leaders*) (figure 8). On peut considérer le guide d'opinion comme un relais, une sorte de médiateur entre l'émetteur et le récepteur. D'après Katz et Lazarsfeld [5], ce médiateur aurait, par rapport au message transmis, une fonction de renforcement local. Nonobstant le caractère très comportementaliste de cette définition – la causalité restant ici de type linéaire, mais complexe – nous ne pouvons cependant négliger l'importance des guides d'opinion dans les processus communicationnels. Vis-à-vis de la population agricole, les ingénieurs agronomes d'État et les responsables d'associations d'agriculteurs constituent des relais primordiaux.

Une critique du modèle Shannon & Weaver, même aussi esquissée et inexhaustive que celle que je viens de commettre, n'aurait aucun intérêt si, d'une part, elle n'épinglait pas l'erreur essentielle du modèle en question et si, de l'autre, elle ne proposait pas un modèle supérieur. L'erreur essentielle, à mon avis, c'est la non-prise en considération du contexte dans lequel se déroule la communication [13]. Le modèle supérieur, évidemment, est celui qui intègre le contexte, ainsi que les différents éléments que nous avons mis en évidence (figure 9).

Figure 8. Guides d'opinion (*opinion leaders*) : Katz & Lazarsfeld (1954)

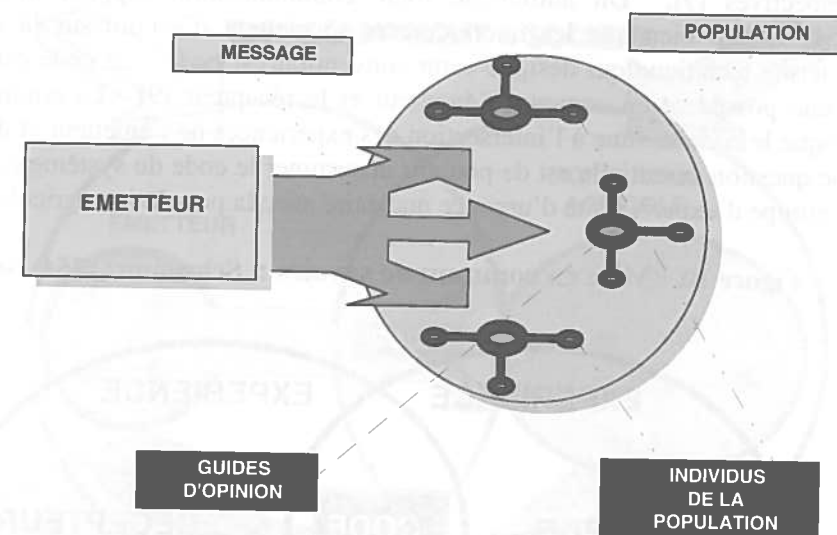
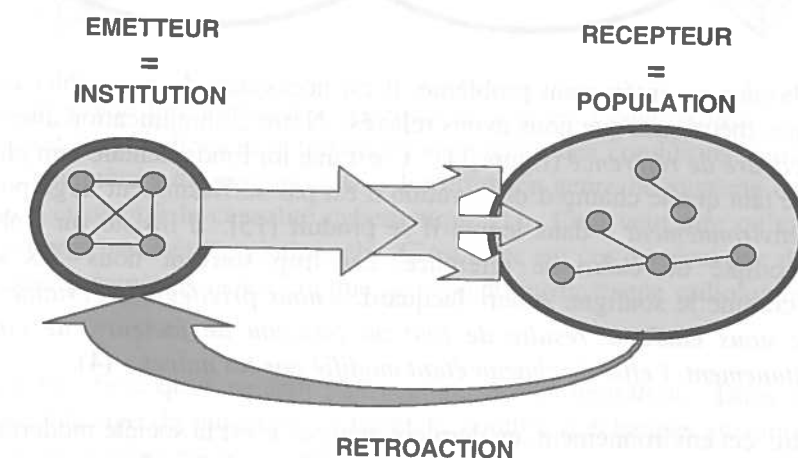


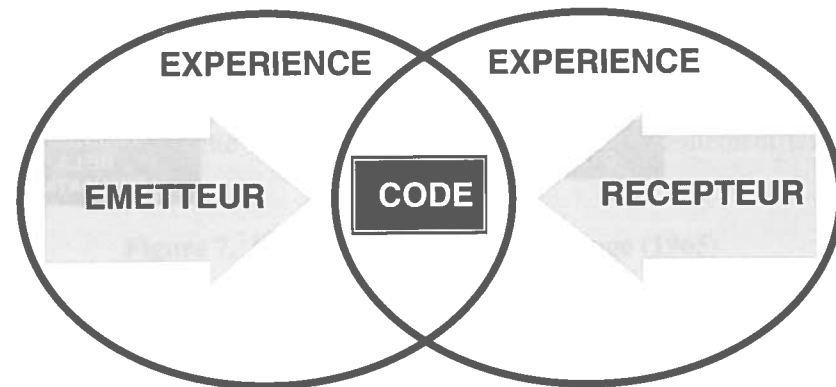
Figure 9. Communication sociale : Schramm (1954)



Schramm a ouvert la voie en élaborant un modèle [7] qui, tout en intégrant la rétroaction de Wiener, permet de concevoir l'émetteur comme une institution et le récepteur comme une population. Selon ce modèle, chaque individu de la population codifie, interprète et décode différemment l'information, mais en relation avec un groupe social dans lequel le message est également codifié, interprété et décodé. Schramm introduit implicitement une idée qui me semble fondamentale : le sens que le récepteur donne à un message donné ne résulte pas seulement de ses caractéristiques individuelles mais aussi, peut-être même surtout, du sens que son groupe social peut donner au message. De façon imagée, on peut en effet considérer un groupe social comme un tissu de relations dans lequel sont imbriqués des individus, tissu qui, de part sa « dynamique réticulaire », fournit en permanence un substrat sémantique à chaque individu, tout en bénéficiant en retour des « inventions » sémantiques individuelles et collectives [13]. Tout le problème de la communication devient alors celui de l'échange du sens ou, si l'on préfère, de la mise en commun de savoirs entre individus et individus, entre individus et groupes, entre groupes et groupes [12].

Le problème est théoriquement simple (figure 10). Émetteur et récepteur n'ont pas une expérience sémantique identique. Pour communiquer, par conséquent, ils doivent rapprocher leurs expériences respectives [7]. Dit autrement, toute communication suppose une « convention » sémantique [15] : il faut bien que les interlocuteurs se mettent d'accord sur la signification des messages. Le terme technique qui désigne cette convention est *code*. Le code est l'ensemble des connaissances que possèdent en commun l'émetteur et le récepteur [9]. La communication serait donc idéale lorsque le code se situe à l'intersection des expériences de l'émetteur et du récepteur. Par conséquent, une question essentielle est de pouvoir déterminer le code du système communicationnel dans lequel un groupe d'experts traite d'urgence nucléaire avec la population agricole [14].

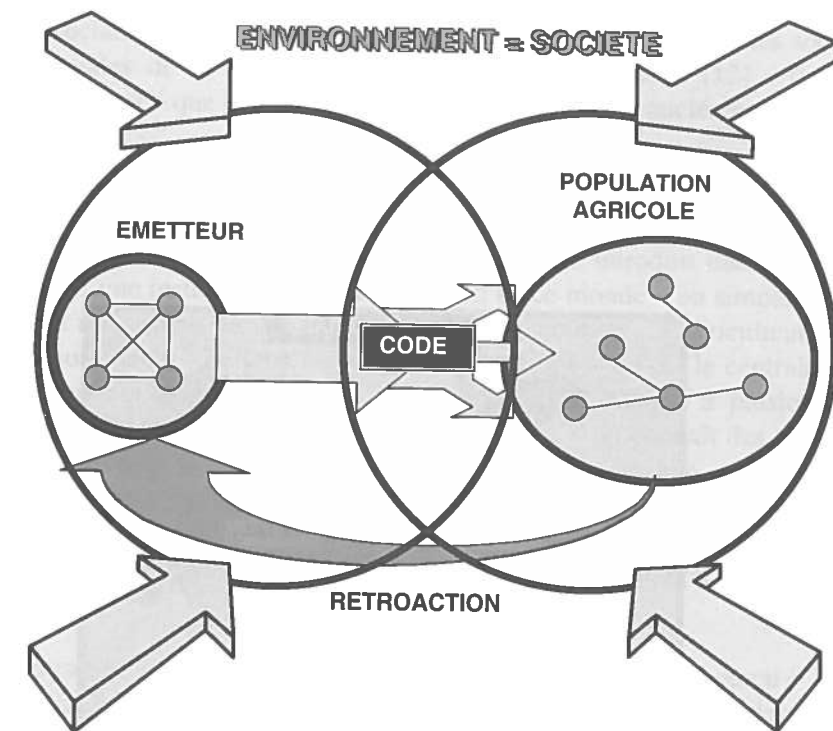
Figure 10. Mise en commun de savoirs : Schramm (1954) [suite]



Pour aborder cet intéressant problème, il est nécessaire de rassembler en une synthèse les différents principes théoriques que nous avons relevés. Notre communication avec le monde agricole s'inscrit dans un *cadre de référence* (figure 11). C'est une loi fondamentale : un phénomène demeure incompréhensible tant que le champ d'observation n'est pas suffisamment large pour qu'y soit inclus le contexte – l'*environnement* – dans lequel il se produit [15]. J'insiste sur l'obligation que nous avons à tenir compte du cadre de référence, car trop souvent nous – les « savants » et les « techniciens », comme le souligne Albert Jacquard, « nous privilégions certaines causes alors que l'événement que nous étudions résulte de tout un faisceau de facteurs, de conditions, qui sont intervenus simultanément, l'effet de chacun étant modifié par les autres » (4).

Ce cadre, cet environnement, en dernière analyse, c'est la société moderne – cette modernité *postindustrielle* aux allures de plus en plus technocratiques [12]. Le système communicationnel auquel nous avons affaire est un système *ouvert*, c'est-à-dire un système qui se trouve en relation permanente avec son environnement [1]. Comme chacun sait, tout système ouvert a des propriétés spécifiques. La plus importante, me semble-t-il, est la *totalité*. Un système ouvert est plus que la somme des éléments qui le composent. Cela veut dire que l'affectation d'un seul de ces éléments peut perturber de nombreux autres éléments, voire le système entier [15]. Cela veut dire aussi qu'un système ouvert possède une logique propre, une *structure* (13). Cela veut dire, enfin, qu'il y a dans tout système ouvert une « non-sommativité » : une qualité *émergente* naît de l'interrelation entre deux ou plusieurs éléments du système [15]. Ainsi, un système ouvert comme celui de la communication nucléaire avec la population agricole est un système de haute complexité [14]. Il se caractérise par une grande variété d'éléments, une grande diversité d'interactions entre ces éléments, une non-linéarité de ces interactions et une endo-détermination. Nous aurions donc bien tort de croire que nous pouvons « agir » sur ce système selon nos seuls déterminants.

Figure 11. Système ouvert de communication : l'information nucléaire du monde agricole

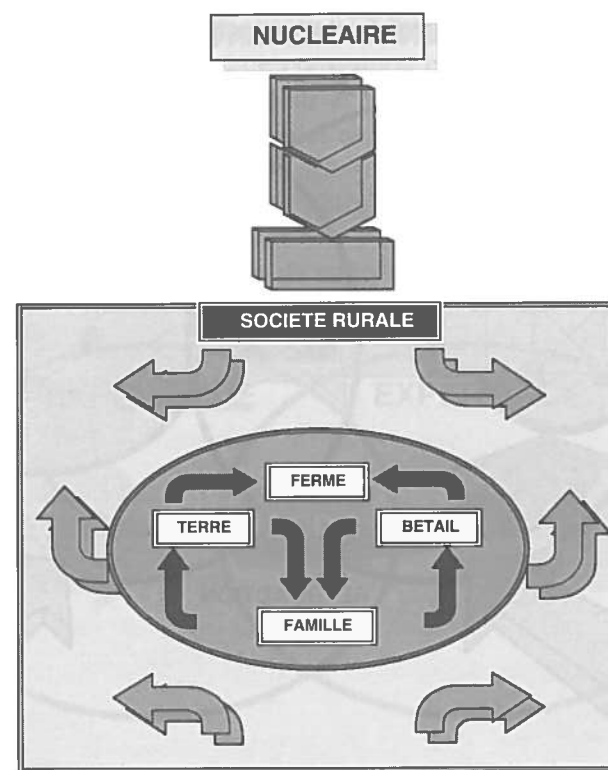


Une autre propriété importante des systèmes ouverts est l'*équifinalité*. Un système ouvert peut parvenir à un état temporellement autonome, indépendant des conditions initiales et déterminé uniquement par les paramètres du système [20]. En effet, ce genre de système est régulé par une boucle de rétroaction et obéit à la causalité cybernétique [1]. Cela veut dire qu'un tel système est déterminé par ses propres paramètres relationnels. C'est donc sur ces derniers que doivent porter nos efforts, et non sur des paramètres isolés comme la perception du risque radiologique au niveau du « profane ».

Enfin, une propriété qu'il ne faut pas négliger est la *limitation*. Dans une séquence de communication, tout échange de messages restreint le nombre d'échanges suivants possibles [15]. Les messages échangés deviennent partie intégrante du contexte communicationnel, marquant de la sorte les limites d'une communication ultérieure. Depuis un peu plus d'une décennie que nous faisons de l'information pour le « grand public », il s'est opéré ainsi un confinement de nos messages à certains aspects particuliers et redondants du savoir nucléaire. Une « routine des contenus » s'est installée, routine qui exprime peut-être davantage le besoin d'informer de l'émetteur que le besoin d'être informé du récepteur, routine qui traduit certainement les visions du nucléaire propres à l'émetteur. En fait, une écoute réelle des revendications de la population agricole en matière d'information nucléaire s'impose comme une nécessité, ainsi qu'une diversification de nos messages en fonction de celles-ci [14].

La question qui importe ici n'est pas seulement de savoir ce que pensent les agriculteurs et leurs familles au sujet du nucléaire : nous devons surtout savoir *comment ils pensent le nucléaire* (figure 12).

Figure 12. Modèle de « Représentation sociale » :
la distance culturelle entre le nucléaire et le monde agricole



Les membres de la population agricole pensent le nucléaire au moyen de critères de référence qui leur sont communs, c'est une lapalissade. Ce qu'il faut noter, c'est que ces critères sont différents des nôtres. Cette différence de critères définit ce que j'appelle une *distance culturelle* [11]. L'univers immédiat d'un échantillon de la population agricole est formé d'un tissu de relations très claires entre des éléments comme la ferme, la famille, la terre, le bétail, etc. Ce tissu entretient « naturellement » des relations claires avec un réseau plus étendu : la société rurale. Les relations avec cette dernière entité sont toutefois d'une nature différente. L'univers immédiat est celui de la banalité de la vie quotidienne – la « quotidienneté ». En son sein, les relations sont indéfiniment répétitives. Les causes et les effets s'enchaînent dans une circularité des significations : la terre est faite pour être cultivée, le rôle du fermier est de cultiver la terre. C'est l'activité agricole qui détermine le sens de ces relations [11].

Avec la société rurale, les relations ont l'allure d'une *typification* : l'altérité – les autres éléments du monde rural – est appréhendée comme un type [11]. Par exemple, il y a « le citadin » qui est venu vivre à la campagne, ou encore « la sucrerie », « la laiterie », « l'agronome », « le vétérinaire », « les gens du village », etc. Chacune de ces entités est un type en ce sens qu'on attend d'elle un comportement défini directement en relation avec l'univers quotidien : « le citadin » est un client potentiel, « l'agronome » un conseil éclairé, etc.

Ce que ces données empiriques montrent, c'est que dans toute communication, les interlocuteurs s'offrent une définition de leur relation [15]. Cela ne cause pas trop de problèmes tant qu'une certaine distance entre ces interlocuteurs n'est pas franchie. Malheureusement, tout se passe comme si cette distance était franchie dès lors que les interlocuteurs sont un groupe d'experts et la population agricole. Sont en jeu ici des *représentations* différentes du nucléaire [11]. Quand

j'évoque le concept de distance culturelle, c'est à cette différence de représentations que je fais allusion. Nous savons que l'*homo sapiens sapiens* – partant, tout groupe humain – a la capacité de « représenter », c'est-à-dire de construire la réalité. La socio-anthropologie moderne montre que la réalité est toujours socialement construite [19]. Nous savons aussi que dans les sociétés complexes, les constructions sociales de la réalité sont extrêmement nombreuses [12]. Il n'est dès lors ni « anormal » ni « irrationnel » que la population agricole représente le nucléaire autrement que nous.

Dans le système de pensée du monde agricole, en effet, le nucléaire est représenté comme une entité tout à fait extérieure, imposée du dehors et sans relation compréhensible avec l'univers quotidien ni la société rurale. En d'autres termes, le nucléaire introduit une rupture avec l'univers sensible. L'irruption d'une installation nucléaire au sein de ce monde – ou simplement une évocation du nucléaire – définit un barrage sémantique. Tout se passe comme si l'agriculteur était incapable de typifier l'entité extraordinaire – au sens étymologique du terme – qu'est la centrale nucléaire, qui se trouve pourtant là, au bout de son champ, et qu'il a parfois visitée à plusieurs reprises. Les témoignages convergent [11] : « on s'est rendu à la centrale », « on connaît des gars de la centrale », « on a un parent qui travaille là », mais pourtant tout « ça » reste opaque, « c'est un autre monde ». Ceux qui travaillent dans les installations nucléaires sont des « détraqués ». Ceux qui exploitent ces installations sont des « gens qui ne voient que le profit économique ». Les scientifiques sont des « technocrates » et les décideurs politiques sont des « insensés qui ignorent tout des réalités de terrain »

Dans ce système de pensée, le risque radiologique est moins « perçu » qu'*interprété* : le risque concerne explicitement l'absence de contrôle de l'homme ordinaire tant dans la compréhension du nucléaire que dans son application [11]. Les fermiers ne craignent pas le nucléaire parce que les rayonnements ionisants sont dangereux, mystérieux, imperceptibles, etc. Ils craignent le nucléaire parce qu'il est un puissant symbole de la modernité. A travers le nucléaire, c'est le modèle de la société technocratique qui est remis en cause [11]. La situation d'urgence radiologique, par conséquent, ne recouvre pas la même réalité potentielle pour nous que pour eux. Pour eux, elle est infiniment abstraite et éloignée des « réalités de terrain ». Elle n'est aucunement une préoccupation. Des fermiers m'ont dit : « si un accident nucléaire arrivait, la première chose que je voudrais savoir, c'est ce que je dois faire avec mes bêtes; ensuite, c'est savoir si les gens qui ont fait le choix de société nucléaire l'ont réellement fait en connaissance de cause ». Autrement dit, le bétail passe avant l'humain et, pour l'humain, le problème essentiel est un problème de société. Cette différence de représentation se traduit jusque dans le sens donné aux mots [11]. Un bon exemple en est la définition du terme environnement. Pour les fermiers, l'environnement équivaut parfois à l'étendue de l'exploitation : là où s'arrête celle-ci, il n'y a plus d'environnement. Parfois, le terme est connoté aux taxes, aux dépenses et autres embarras que rencontrent les exploitants.

En fait, l'agriculteur, comme n'importe quel *homo sapiens sapiens*, organise sa vie quotidienne en déplaçant perpétuellement des valeurs sémantiques. Sans cesse, de nouvelles associations d'idées sont mises en place. GARFINKEL et les ethnométhodologistes appellent ce processus la *redéfinition du vocabulaire* [18]. Une telle redéfinition est évidemment dépendante de la « représentation sociale ». Selon l'ethnométhodologie, toujours, la représentation sociale est un *ethnosavoir*, c'est-à-dire une réduction de la réalité à l'usage des individus d'un groupe social [18]. Par conséquent, toute relation entre des ethnosavoirs différents – comme l'ethnosavoir des experts nucléaires et l'ethnosavoir de la population agricole – constitue un dialogue d'usage opérant une réduction du réel. Une telle relation suppose une *négociation* entre émetteur et récepteur sur l'infinitude des discours (*logos*) possibles. C'est donc de la qualité de cette négociation que dépend finalement la plus ou moins bonne communication entre groupes sociaux différents. Et, pour

« négocié », nous devons nous mettre à l'écoute du récepteur, comprendre son système de pensée et, dans la mesure du possible, tenir compte de ses attentes, revendications et interrogations quant à ce que nous communiquons.

Si les fermiers et leurs familles ne posent pas les mêmes questions que nous vis-à-vis de la réalité nucléaire, cela ne doit pas être considéré comme un obstacle à la communication. Je dirais, pour ma part, que les questions de la société humaine face au nucléaire peuvent être traitées de manière autant « scientifique » que celles des effets, de la sûreté ou du fonctionnement des installations nucléaires. C'est pourquoi, je privilégie la recherche fondamentale pour l'élaboration d'une véritable socio-anthropologie du nucléaire. Outre un gain évident dans notre connaissance du fait nucléaire, une telle recherche apporte également une amélioration de notre communication avec les populations. C'est ce que montrent les résultats de l'évaluation de notre brochure d'information sur le risque nucléaire destinée à la population agricole belge [14]. Nous avons divisé cette brochure en deux parties : la première aborde le problème de société qu'est le nucléaire, la seconde traite des contre-mesures agricoles en situation d'urgence radiologique. La première partie répond aux attentes de 80% des intéressés, contre seulement 40% pour la seconde. C'est grâce à l'existence de cette première partie que la seconde est lue et conservée, et c'est grâce à une négociation avec la population agricole que cette brochure a été réalisée.

En conclusion, si nous voulons communiquer avec la population agricole en situation d'urgence nucléaire, je pense que nous devons :

- préparer *en situation normale* des scénarios de messages *correctement adaptés* à cette population, donc :
- améliorer notre connaissance des systèmes communicationnels où sont impliqués groupes d'experts et population agricole ;
- effectuer des études sur la représentation du nucléaire dans la population agricole ;
- diversifier nos messages de manière à répondre à la fois aux attentes de l'émetteur *et* du récepteur ;
- évaluer nos messages au sein de la population agricole.

RÉFÉRENCES

1. De Rosnay, J., *Le macroscope*, Vers une vision globale, Paris, Seuil, 1975.
2. Gaffiot, F., *Dictionnaire abrégé Latin, Français*, Paris, Hachette, 1936.
3. Galtung, J. & Ruge, M.H., The structure of foreign news, *Journal of Peace Research* 2, 1965.
4. Jacquard, A., *Inventer l'homme*, Bruxelles, Ed. Complexe, 1991.
5. Katz, E. & Lazarsfeld, P.F., *Personal influence*, Glencoe, 1954.
6. Lewin, K., *Channels of group life*, *Human Relations* 1, 1947.
7. Schramm, W., *The process and effects of mass communication*, Urbana, 1954.
8. Shannon, C. & Weaver, W., *The mathematical theory of communication*, Urbana, 1949.
9. Thoveron, G., *Sociologie des moyens de communication*, Université Libre de Bruxelles, 1988.
10. Van Nuffelen, D. & Balieu, M., *Informé : un temps de réflexion*, *Information du corps médical et rayonnements ionisants*, Paris, AEN, 1993.
11. Van Nuffelen, D., *L'agriculteur et le nucléaire. Étude de sociologie compréhensive*, Bruxelles, CSH, 1993.
12. Van Nuffelen, D., *La communication en question : le point de vue du sociologue*, *Interaction sciences humaines et radioprotection*, Bruxelles, ABR 18-3, 1993.
13. Van Nuffelen, D., *Anthropologie et information nucléaire*, *Les politiques d'information des organismes de réglementation nucléaire*, Paris, AEN, 1994.
14. Van Nuffelen, D., *L'avant-projet de brochure « Risque nucléaire et agriculture » : un concept nouveau de l'information nucléaire*, *Radioécologie et agriculture*, Bruxelles, ABR, (à paraître).
15. Watzlawick, P.; Helmick Beavin, J.; Jackson, D.D., *Pragmatics of human communication*, New York, 1967.
16. White, D.M., *The gatekeepers : a case study in the selection of news*, *Journalism Quarterly* 27, 1950.
17. Wiener, N., *Cybernetics*, Paris, 1948.
18. Garfinkel, H., *Studies in ethnomethodology*, New Jersey, Practice Hall, 1967.
19. Berger, P. & Luckmann, T., *La construction sociale de la réalité*, Paris, Méridiens Klincksieck, 1986.
20. Von Bertalanffy, L., *General system theory. A critical review*, *General Systems Yearbook* 7, 1962.

ÉCHANGE D'INFORMATIONS SUR LES PROBLÈMES AGRICOLES LIÉS À UNE SITUATION D'URGENCE RADIOLOGIQUE

par

Aino Rantavaara
Finlande

Introduction

En cas d'urgence nucléaire, la plupart des secteurs industriels et économiques participent d'une façon ou d'une autre à l'échange d'informations avec les spécialistes en nucléaire et en radioprotection. Plus la politique nationale en matière de situations radiologiques est élaborée, plus les mesures de protection sont efficaces, à condition toutefois que les équipes d'intervention aient été entraînées au préalable. Enfin, l'industrie agricole dans son ensemble peut avantageusement être intégrée dans les plans d'intervention en cas de crise.

Le contenu de l'information qu'il faut connaître et diffuser varie en fonction des moments de l'urgence radiologique, constituée d'une période de menace, d'une phase aiguë, d'étapes intermédiaire et finale. La phase aiguë correspond au rejet d'activité et aux retombées radioactives. La durée de l'étape intermédiaire peut aller de quelques semaines à quelques mois. La période finale s'arrête avec la fin des mesures actives de réduction de la radio exposition. Un processus d'échange d'informations continu est déclenché dès identification d'une menace d'accident nucléaire ou d'urgence radiologique. Cet échange se poursuit même au-delà des analyses de suivi consécutives à la phase finale. Cette souplesse de collaboration et de communication vise à optimiser les actions mises en oeuvre pour empêcher ou réduire les conséquences radiologiques sur la santé, tout en prenant en compte les aspects sociaux et économiques.

Les experts en nucléaire et en radioprotection ont pour tâche principale d'analyser et de prévoir les situations radiologiques, de proposer des contre-mesures et d'informer les autorités, le public et les principaux acteurs économiques. Afin de pouvoir quantifier l'effet des retombées sur l'agriculture et l'industrie agro-alimentaire, il faut disposer de données fiables sur la contamination, reposant soit sur des modèles de prédiction, soit sur des mesures de surveillance, ou le cas échéant sur les deux. Plus les informations touchent aux conséquences, plus il faut faire appel à des spécialistes en dehors du secteur nucléaire. Si une vaste contamination des produits agro-alimentaires est prévisible, alors il faut faire participer l'industrie agricole et le secteur agro-alimentaire en général à la planification et à la réalisation des interventions visant à réduire les doses.

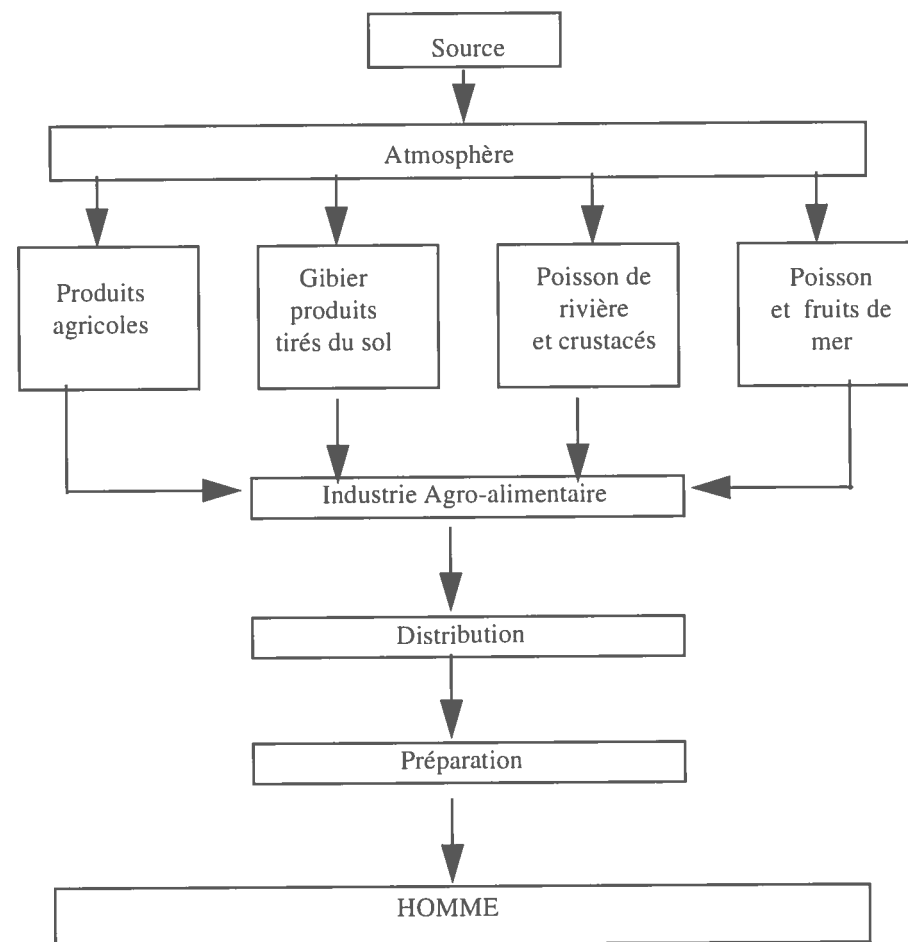
Industrie agricole et phases de l'urgence radiologique

L'ensemble des secteurs agricole et agro-alimentaire doit dès que possible bénéficier des conseils des experts en rayonnements et disposer d'informations spécifiques. Mis à part un aperçu de la situation radiologique en général, il leur faut des réponses à des questions telles que : qu'est-ce que cela signifie ? Combien de temps cela va-t-il durer ? Les risques augmentent-ils avec le temps ? Que peut-on faire ? Ce sont à vrai dire des questions d'ordre général qui concernent avant tout l'individu [3].

Pendant la période qui précède l'accident nucléaire, on applique essentiellement les instructions en matière d'intervention immédiate figurant dans les plans d'urgence. La première préoccupation consiste à protéger la population pendant le passage du nuage et, au niveau agricole, à empêcher la contamination des animaux domestiques, du lait et de la viande en gardant le bétail à l'intérieur. Dans la phase aiguë de l'accident, c'est-à-dire tant que durent les émissions, l'analyse de la situation est très intense. Le souci majeur est l'impact sur la production alimentaire et la mise à l'abri des personnes.

La phase intermédiaire, qui dure des semaines ou des mois, correspond à la mise en place des mesures à court et long terme. Leur teneur, leur ampleur et leur durée sont optimisées. L'importance des différentes voies de transfert (figure 1) des radionucléides déposés vers les aliments varie en fonction des saisons et des conditions météorologiques durant le dépôt, de la composition des radionucléides et du niveau d'activité des retombées. La contamination des cultures et des pâtures est maximale lorsque le dépôt a lieu en pleine période de croissance. Si elle intervient à la saison de la moisson et de la chasse, la contamination de certains produits peut être retardée du point de vue des consommateurs. L'augmentation de la teneur en césium radioactif des poissons est progressive et varie en fonction de l'espèce et du réseau hydrologique. La concentration maximale est atteinte en une à deux années. Les légumes, le lait et le boeuf sont les premières denrées à prendre en compte après dépôt en période de pousse. Leur niveau de contamination est des dizaines de fois plus fort en été que lorsque le bétail est à l'abri et nourri avec du fourrage stocké.

Figure 1. Transfert à l'homme des radionucléides issus des retombées atmosphériques par ingestion



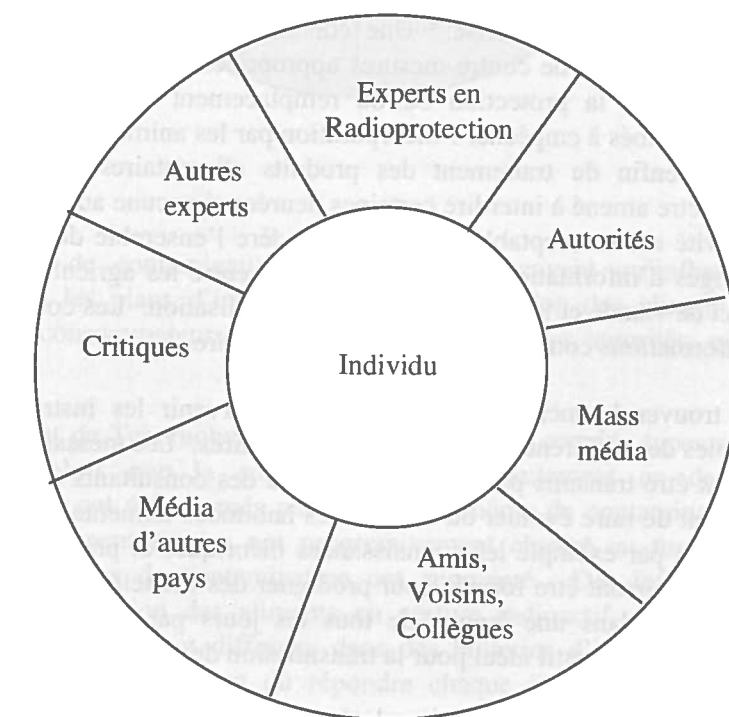
Les interventions se font sur la base d'une surveillance des denrées alimentaires critiques avec analyse fréquente et répétée de la situation. Au cours de la phase initiale d'un accident, des mesures de protection d'urgence doivent être prises sans contrôle préalable, en s'appuyant par exemple sur les données dont on dispose sur les rejets. Dans la phase finale, le recours à la fois à une analyse préalable et à un suivi des actions pratiques améliore notablement les résultats.

Dans la phase finale, on constate les conséquences de l'accident, on estime l'efficacité des contre-mesures et on évalue les doses reçues. Cette étape s'achève lorsque la vie a repris son cours normal et que les mesures de protection ont été abandonnées.

Information du public et de ses différentes catégories

Pendant la période de menace ou au cours de la phase aiguë, le besoin d'informations générales est énorme. Les risques pour la santé des personnes et les pertes économiques subies par les divers secteurs de l'industrie doivent être prévus le plus tôt possible. Les informations proviennent de plusieurs sources [5] (figure 2). La radio, la télévision et les journaux donnent des nouvelles générales sur la situation et des éléments pour comprendre ce qui s'est passé et ce que cela signifie. La particularité de chacun des media est bien respectée. Lorsque la télévision traite un problème épineux, les destinataires de l'information s'identifient facilement aux participants. Des réunions-débats sont proposées avec la possibilité pour le spectateur d'appeler en direct, ce qui permet de s'assurer que les directives en cas de situation radiologique ont bien été comprises. Réduire le stress est un autre aspect important de l'information. Il convient de faciliter le traitement des problèmes et la mise en place d'éventuelles solutions, surtout si la vie des gens, leur travail et leurs revenus ont été profondément affectés par la situation de crise [5].

Figure 2. Sources d'information du public dans une situation d'urgence nucléaire



Seule la vérité est crédible. Une coordination est nécessaire pour éviter la cacophonie. Très souvent, des collègues très proches d'une même équipe d'experts emploient des formulations différentes et provoquent inutilement la confusion. Le destinataire doit être considéré comme le premier et l'unique récipiendaire de l'information qui doit être fiable, cohérente, compréhensible et arriver en temps opportun [5]. La préparation des messages devra faire appel à des connaissances psychologiques et sociologiques pour que le public comprenne et accepte plus facilement l'information.

En situation de crise, on fait confiance à la famille, aux collègues et aux amis qui exercent alors une influence importante. Les attitudes antérieures auront certainement un impact sur le comportement des personnes. Le public se méfiera des directives des autorités si les attitudes passées lui ont laissé une impression négative [3,4].

Les différences de politique d'un pays à l'autre en matière d'intervention peut inquiéter la population. Pour éviter un sentiment de malaise, il faut que les experts communiquent entre eux et expliquent le pourquoi de ces écarts. Il est important pour la crédibilité des autorités d'harmoniser les critères d'intervention et de les expliciter de façon claire.

Parmi ceux qui fournissent l'information, certains aiment la polémique. Ils ont pour privilège de mettre en cause les motivations et la compétence des spécialistes et des autorités responsables de gérer la situation de crise. Les opposants sont autorisés à faire usage de leur liberté d'expression dans les lieux publics. Les opinions les plus variées trouvent une audience mais ne devront pas nuire aux efforts réalisés en toute bonne foi pour la protection des personnes.

Echanges d'informations avec le secteur agro-alimentaire

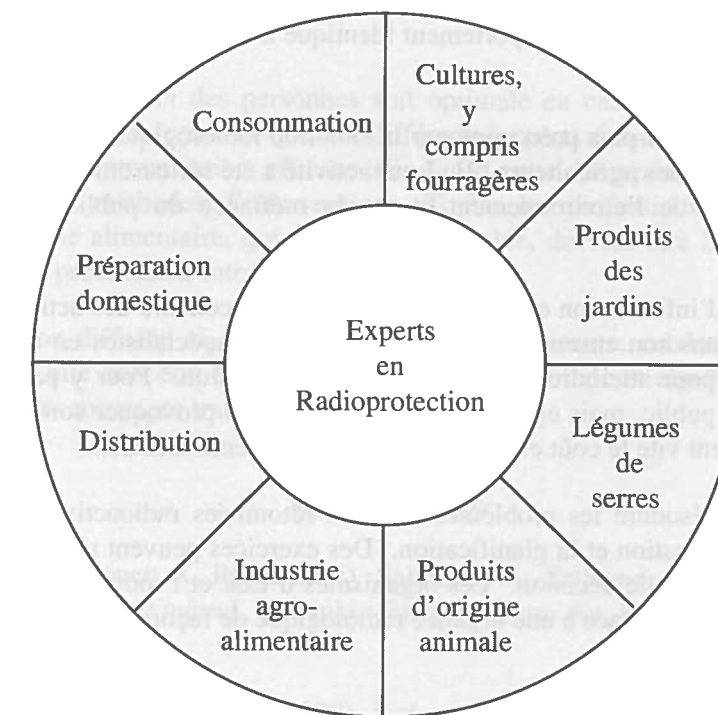
Des échanges sont nécessaires entre les experts en rayonnements et l'industrie agro-alimentaire à tous les stades de la crise. Une contamination des aliments peut être évitée ou notablement réduite par la prise de contre-mesures appropriées au moment opportun. Il peut s'agir d'un traitement du sol, de la protection ou du remplacement des aliments pour le bétail, de l'utilisation d'agents destinés à empêcher l'incorporation par les animaux des radionucléides présents dans les aliments, et enfin du traitement des produits alimentaires au niveau industriel et/ou domestique. On peut être amené à interdire certaines denrées si aucune autre mesure n'est possible et que le niveau d'activité est inacceptable. Si l'on considère l'ensemble du secteur agro-alimentaire (figure 3), les échanges d'informations devront avoir lieu entre les agriculteurs, les maraîchers, les producteurs de lait et de viande et le secteur de la commercialisation. Les consommateurs s'attendent à avoir accès aux informations concernant la sécurité alimentaire.

Il faudra trouver le meilleur moyen de faire parvenir les instructions et conseils aux personnes responsables des différents secteurs agro-alimentaires. Les messages touchant l'agriculture pourront parfaitement être transmis par le biais du réseau des consultants connus localement par les agriculteurs. S'il s'agit de faire évoluer ou changer les habitudes alimentaires des ménages, les clubs de femmes promouvant par exemple les connaissances théoriques et pratiques de leurs membres en économie domestique pourront être formés pour prodiguer des conseils. Les réponses aux questions pratiques seront données dans une langue de tous les jours par des gens familiarisés avec ces problèmes. La télévision est l'outil idéal pour la transmission des instructions pratiques.

En Europe du Nord, les agriculteurs constituent un groupe de spécialistes autonomes et compétents dans leur propre domaine. Il convient donc de leur donner un véritable rôle d'expert dans

le processus d'intervention. Il faut leur faire parvenir par les voies de communication appropriées des informations sur les objectifs et le contexte des mesures proposées. Les consultants agricoles sont sans doute plus à même de motiver et d'informer le milieu agricole que les représentants des autorités, dans la mesure où ils disposent de moyens de communication propres. La question de la compensation des pertes économiques doit être abordée le plus tôt possible.

Figure 3. Différentes branches du secteur agro-alimentaire recevant des informations de la part des experts nucléaires



Perception des risques

Les problèmes de contamination alimentaire ne peuvent qu'influencer l'attitude des consommateurs. Même les plans d'intervention et de protection des aliments les plus avancés peuvent échouer si les consommateurs n'ont confiance ni dans les autorités, ni *a fortiori* dans la sécurité alimentaire.

Après l'accident de Tchernobyl, la population a refusé certains types d'aliments pour des raisons émotionnelles, alors que la contamination était nettement en dessous des niveaux d'intervention. Beaucoup ont été alarmés par le concept même de contamination. En Europe du Nord, les attitudes initialement rigides ont progressivement changé au fur et à mesure que les connaissances sur les niveaux de contamination ont augmenté. Des informations complètes et transparentes sur la concentration des aliments en césium radioactif, la radio exposition et les évolutions futures ont été largement diffusées dans des bulletins d'information. Néanmoins, les experts en rayonnements ont également dû répondre chaque jour à un grand nombre d'appels téléphoniques, notamment en Finlande, dans les mois qui ont suivi le printemps de 1986. L'alimentation était le sujet de préoccupation principal. Le nombre d'appels a augmenté au cours de

l'été, sur une période de plusieurs mois. L'intérêt des gens pour les problèmes alimentaires a masqué celui de l'irradiation externe, qui n'était pourtant pas négligeable par comparaison avec celui de la contamination alimentaire.

Les autorités doivent comprendre le public et avoir connaissance des messages antérieurs lors de l'élaboration des communiqués et des instructions. A la fin des années 80, la majeure partie de la population suédoise estimait les risques en provenance des réacteurs nucléaires comme beaucoup plus élevés que les dangers mieux connus de la vie de tous les jours [2]. Comme beaucoup d'autres nations, les Suédois étaient préoccupés par la sécurité alimentaire. L'inquiétude était particulièrement importante chez les femmes et les parents de jeunes enfants habitant dans les régions les plus contaminées du pays. Un comportement identique a été observé en Finlande dans une étude rétrospective réalisée en 1990 [1].

Le groupe social le plus préoccupé par la situation radiologique en Suède suite à l'accident de Tchernobyl a été celui des agriculteurs [2]. Leur activité a été sérieusement affectée à la fois par la contamination effective de l'environnement et par la méfiance du public vis-à-vis des produits alimentaires.

La politique d'information et de communication et le contenu des actions prévues devraient inciter la population dans son ensemble, et non seulement les spécialistes en matières nucléaires, à mettre tout en oeuvre pour atteindre les objectifs de l'intervention. Pour y parvenir, il ne faut pas seulement informer le public, mais également le comprendre et provoquer son adhésion. Il est utile de connaître relativement vite le coût et les avantages de différents scénarii.

L'aptitude à résoudre les problèmes dus aux retombées radioactives peut essentiellement être améliorée par la formation et la planification. Des exercices peuvent préparer à l'évaluation des solutions et donc à la prise de décision. Les organismes d'Etat et l'industrie sont sans doute mieux entraînés que le public à faire face à une urgence radiologique de façon rationnelle.

Formation

Il est évident que des progrès ont été réalisés en matière d'information sur les interventions d'urgence depuis 1986, date à laquelle bon nombre d'experts nucléaires européens ont été surpris par une vaste contamination radioactive des produits agro-alimentaires. En une dizaine d'années, le développement des politiques d'intervention a fait un grand pas en avant. Il est important d'expliquer les grandes lignes de ces programmes, souvent nationaux, à ceux à qui il incombe de les mettre en oeuvre. Pour susciter la confiance et assurer la cohérence de leur application, il convient également d'exposer très largement les principes fondamentaux gouvernant les plans de crise. Il faut bien prendre en compte la jeune génération. Les personnes âgées n'ayant jamais entendu parler d'irradiation à l'école constituent un autre groupe important. Toute personne concernée ou intéressée par la situation radiologique doit pouvoir disposer d'informations justes, quoique vulgarisées.

Par une formation, on peut améliorer les résultats des modes pratiques d'intervention dans les domaines de la production, du traitement industriel, de la distribution, de la préparation et de la consommation des aliments. Le fait de connaître les moyens utilisés pour traiter les problèmes réduira certainement l'angoisse des personnes. Les experts des instituts nucléaires et de radioprotection peuvent analyser les différents problèmes de contamination alimentaire avec des représentants des groupements d'agriculteurs, d'industriels etc. Ceci ne fera qu'accroître la capacité à faire face à une situation radiologique et à identifier les problèmes à résoudre.

Qu'il soit ou non nécessaire d'intervenir sur les aliments, les objectifs de la radioprotection seraient plus sûrement atteints si des représentants des différents groupes d'intérêts avaient des contacts avec les spécialistes en rayonnements pour mieux saisir le pourquoi de leurs instructions.

Des conseillers parlant le langage de chacun de ces groupes et entraînés à comprendre les mécanismes de la contamination et les modes d'intervention sont nécessaires. Ils savent comment communiquer avec les uns et les autres. Il faudrait également qu'au niveau de la vente, le personnel bénéficie de conseils afin de pouvoir répondre aux clients.

Conclusions

Pour que la protection des personnes soit optimale en cas d'urgence radiologique, il est essentiel que le public soit informé et que les différents experts échangent des informations. De même, il faut qu'une communication efficace s'instaure entre les spécialistes afin de trouver et d'utiliser les meilleures méthodes d'intervention. Toutes les professions intervenant à un stade quelconque de la chaîne alimentaire, qui va du sol à la table, doivent être impliquées, l'idéal étant qu'elles participent au processus d'intervention.

L'information diffusée au public doit être vraie, pertinente, cohérente et compréhensible. Néanmoins, même si elle doit être fréquente dans les phases initiale et aiguë, la quantité ne saurait remplacer la qualité des messages transmis.

RÉFÉRENCES

1. Blomqvist L., Mustonen R., Paakkola O., Salminen K. *Economic and social aspects of the Chernobyl accident in Finland*. Helsinki, Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety, 1991.
2. Drottz-Sjöberg B-M, Sjöberg L. (1990) *Risk perception and worries after the Chernobyl accident*, Journal of Environmental Psychology, 10, No. 2, 135-149.
3. Eränen L., *Psychological Effects of Public Information – People's reactions in crises*, Réunion de travail de l'AIEA sur l'information du public, Helsinki, 9 au 12 mai 1995.
4. Haukkala A., Eränen L. *Katsaus ydinonnettomuuksien psykologisiin seurauksiin sekä empiirinen tutkimus säteilytoimenpiteiden vaikutuksista käyttäytymiseen kuvitteellisessa tilanteessa*. Helsinki: Säteilyturvakeskus, 1994. (en finnois)
5. Wiio O. A., *What we know about communication in a Crisis?* Réunion de travail de l'AIEA sur l'information du public, Helsinki, 9 au 12 mai 1995.

SÉANCE V

PRÉSENTATIONS NATIONALES

Président de séance : George BICKERTON, États-Unis

PRÉSENTATION DU CANADA

par

**Dianne E. Hedley
Canada**

Transparent 1

Plan d'intervention fédéral en cas d'urgence nucléaire

Champ d'application :

- Intervention en cas d'urgence nucléaire nécessitant la mise en oeuvre de mesures au niveau fédéral

Dans l'éventualité d'une urgence nucléaire appelant la mise en oeuvre de mesures d'intervention à l'échelon fédéral, le Canada dispose d'un plan qui vise à assurer la compatibilité entre les plans des différentes Provinces et sert d'interface entre les autorités fédérales et provinciales. On entend par urgence nucléaire un accident ayant provoqué un rejet de radionucléides, à l'exclusion de l'utilisation d'armements nucléaires contre l'Amérique du Nord. Ce plan est intitulé Plan d'intervention fédéral en cas d'urgence nucléaire.

A titre d'exemple, ce plan peut être déclenché :

- en cas d'accident dans une installation du cycle du combustible survenant au Canada et ayant des conséquences hors site ;
- en cas d'accident dans une installation du cycle du combustible survenant dans un autre pays et susceptible de toucher le Canada ;
- en cas d'impact d'appareils à propulsion nucléaire sur le sol canadien.

Les émissions de substances radioactives dans l'environnement peuvent affecter l'agriculture de diverses façons :

- irradiation directe par des substances radioactives ;
- contamination des animaux par inhalation de substances radioactives ;
- contamination par ingestion d'aliments et d'eau contenant des substances radioactives.

Santé Canada est l'organisme fédéral responsable des mesures d'intervention en cas d'urgence nucléaire, et à ce titre, il lui appartient de préparer et coordonner les actions au niveau fédéral. Si le plan est déclenché et si l'urgence a des répercussions sur le secteur agricole, l'organisme d'appui responsable sera Agriculture et agroalimentaire Canada, qui agira par le biais du Système national d'intervention en cas d'urgence dans le secteur agroalimentaire (SNIUA).

Transparent 2

Effets des émissions radioactives sur l'agriculture

- irradiation directe des cultures par des substances radioactives
- contamination des animaux par inhalation de substances radioactives
- contamination par ingestion d'aliments et d'eau contenant des substances radioactives

Transparent 3

Préparation et coordination

Organisme pilote :

Santé Canada

Plan d'intervention fédéral en cas d'urgence nucléaire

Organisme d'appui :

Agriculture et agroalimentaire Canada

Système d'intervention en cas d'urgence dans le secteur agro-alimentaire

Transparent 4

**SYSTÈME NATIONAL
D'INTERVENTION EN CAS
D'URGENCE DANS LE SECTEUR
AGRO-ALIMENTAIRE**

Transparent 5

Hypothèses

- identification d'une urgence
- application des procédures de gestion en vigueur
- coordination des activités du Centre

Transparent 6

Objectifs

- mobiliser les ressources à l'échelle fédérale, provinciale et du secteur privé, afin de conjuguer les actions engagées en vue de réduire les conséquences d'une situation d'urgence sur le secteur agro-alimentaire
- assurer la continuité et la sécurité des approvisionnements alimentaires du Canada

Transparent 7

Champ d'application

- situations d'urgence non prévues telles que les urgences nucléaires non couvertes par les procédures d'intervention existantes

Le SNIUA est déclenché en application de la Loi sur les mesures d'urgence.

La mise en oeuvre de la procédure d'intervention suppose que :

- une urgence réelle ou potentielle affectant le secteur agro-alimentaire ait été identifiée ;
- les différentes directions du ministère et les organismes provinciaux appliqueront les procédures de gestion en vigueur pour faire face aux urgences sortant du cadre des programmes et activités de routine ;
- la mise en place du Centre de coordination des opérations du SNIUA.

Le SNIUA a pour objectifs de :

- mobiliser les ressources agricoles et alimentaires aux niveaux de la fédération, des Provinces et du secteur privé, afin de conjuguer les efforts de réduction des conséquences d'une situation non prévue affectant le secteur agro-alimentaire canadien ;
- assurer au Canada un approvisionnement suffisant et continu en produits alimentaires salubres.

Le SNIUA a pour vocation de répondre aux situations d'urgence définies comme étant des situations non prévues nécessitant une intervention rapide et la mise en oeuvre de procédures exceptionnelles, afin de prévenir dommages ou atteintes aux populations, végétaux, animaux ou sols.

D'une manière générale, la politique canadienne en matière d'intervention en cas d'urgence repose sur le principe selon lequel la responsabilité incombe en premier lieu aux personnes directement concernées, puis aux niveaux successifs d'administration, depuis l'échelon municipal jusqu'à l'échelon fédéral en passant par l'échelon provincial. Le gouvernement fédéral n'intervient que s'il est saisi ou si l'urgence touche plusieurs Provinces.

Transparent 8

Organisation et fonctionnement

- 1 structure centrale et 12 structures régionales-ressources aux niveaux fédéral, provincial et du secteur privé
- intervention graduée partant du niveau local (municipal) et remontant progressivement aux niveaux provincial et fédéral
- définition des compétences des différents intervenants ainsi que des dispositifs permettant d'articuler les ressources fédérales, provinciales et du secteur privé
- mobilisation de l'ensemble des ressources du système agro-alimentaire sous l'autorité du ministre chargé d'Agriculture et agroalimentaire Canada
- coordination des ressources par le biais de dispositifs préétablis
- s'appuie sur les programmes existants d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, par exemple :
 - Maladies animales exotiques
 - Ravageurs et parasites exotiques des végétaux
 - Sécurité des produits agricoles et alimentaires
 - Assurance récoltes
 - Conservation des sols et des ressources en eau
 - Filet de sécurité ou programme d'aide financière

Transparent 9

Avantages

- action coordonnée de tous les intervenants impliqués dans les situations d'urgence
- utilisation efficiente et efficace des ressources lors des interventions en cas d'urgence
- respect de la législation relative à la gestion des urgences dans le secteur agro-alimentaire

Le SNIUA comprend une structure centrale et 12 structures régionales/provinciales, similaires tant dans leur organisation que dans leur composition, qui sont à même de fonctionner de manière centralisée ou, au contraire, décentralisée, en fonction de la gravité de la situation d'urgence. Le plan d'intervention en cas d'urgence a été élaboré selon les axes suivants :

- mise au point en collaboration avec les intervenants aux niveaux fédéral, provincial et du secteur privé, afin d'être en mesure de faire face efficacement aux situations d'urgence susceptibles d'affecter le secteur agro-alimentaire ;
- prévision d'une intervention graduée à partir du niveau local et remontant progressivement aux niveaux provincial et fédéral ;
- délimitation des compétences des différents intervenants ;
- utilisation, dans la mesure du possible, des structures, organismes et ressources existant dans les secteurs public et privé, sous l'autorité du ministre de l'Agriculture ;
- articulation de ces différentes ressources par le biais d'un ensemble de dispositifs préalablement définis ;
- s'appuyer sur les programmes et structures existant au sein du ministère : programmes obligatoires touchant la santé animale, la protection des végétaux et la sécurité des produits agricoles et alimentaires.

Le Système national d'intervention en cas d'urgence dans le secteur agro-alimentaire présente trois avantages principaux :

- il permet une action coordonnée de tous les intervenants impliqués dans les situations d'urgence ;
- il permet une utilisation plus efficiente et efficace des ressources lors des interventions en cas d'urgence ;
- il est en conformité avec la législation relative à la gestion des urgences dans le secteur agro-alimentaire.

Transparent 10

Compétences

- contrôler et réguler la production agricole, la transformation des produits agricoles et alimentaires, le stockage, l'affectation et la distribution des denrées alimentaires
- assurer des fonctions de contrôle et de réglementation
- contribuer à garantir les ressources en eau nécessaires à la production agricole et aux industries agro-alimentaires
- lutter contre les ravageurs et parasites des plantes et maladies animales exotiques ou les éradiquer
- protéger, traiter et manipuler des animaux ou leurs produits dérivés ayant été exposés à des agents dangereux ou contaminés par ceux-ci
- utiliser et manipuler des végétaux, animaux, sols et produits agricoles et alimentaires ayant été exposés à des agents dangereux ou contaminés par ceux-ci
- faire en sorte que les animaux, produits animaux, produits agricoles et leurs dérivés, y compris alimentaires, soient sains et non nocifs, et en réduire au minimum les pertes liées à des risques sanitaires
- coordonner et gérer les interventions en assurant les liaisons nécessaires
- transmettre l'information à tous les intervenants intéressés
- établir les priorités en matière de dommages et réduire ceux-ci en conséquence

Transparent 11

Plans obligatoires d'intervention en cas d'urgence

- si nécessaire – plans d'intervention adaptés aux urgences nucléaires touchant le bétail, les cultures ou la gestion des produits dans le secteur agro-alimentaire

Les compétences et fonctions de chacune des composantes du SNIUA, lorsque celui-ci est déclenché, sont les suivantes :

- assurer le contrôle et la régulation de la production agricole, de la transformation des produits agricoles et alimentaires, du stockage, de l'affectation et de la distribution des produits agricoles et alimentaires, ainsi que la distribution de semences, aliments du bétail, engrais, pesticides et équipements agricoles aux producteurs canadiens ;
- contrôler et réglementer les produits agricoles et alimentaires, afin de respecter les engagements du Canada aux plans national et international ;
- contribuer à fournir aux secteurs de la transformation et de la distribution alimentaires des moyens de production et des installations ;
- lutter contre les parasites des plantes, les maladies des animaux ou d'autres agents dangereux affectant les végétaux et les animaux ou leurs organes, ou bien les éradiquer ;
- protéger, traiter et manipuler des animaux ou leurs produits dérivés ayant été exposés à des agents dangereux ou contaminés par ceux-ci ;
- utiliser et manipuler des végétaux, animaux, produits agricoles et alimentaires et sols ayant été exposés à des agents dangereux ou contaminés par ceux-ci ;
- faire en sorte que les animaux, produits animaux, produits agricoles ainsi que denrées et produits agricoles, y compris les produits de la pêche, soient sains et non nocifs, et réduire au minimum les pertes liées à des risques sanitaires ;
- communiquer en temps voulu des informations précises aux acteurs du secteur agro-alimentaire, aux autres ministères, aux autorités et aux populations concernées ;
- établir en coordination avec d'autres ministères, pour l'élaboration et la mise en oeuvre des plans, des points tels que la définition des ressources humaines essentielles, l'approvisionnement de la population en nourriture, l'affectation de l'énergie au secteur agro-alimentaire, le transport des produits agricoles et alimentaires ainsi que les équipements et installations nécessaires au secteur de la transformation et de la distribution de produits alimentaires ;
- évaluer et déterminer les pertes et dommages frappant les ressources ou installations du secteur agro-alimentaire.

Agriculture et Agroalimentaire Canada dispose de plusieurs plans obligatoires d'intervention en cas d'urgence, dont les dispositifs et procédures peuvent, si nécessaire, être adaptés aux interventions à effectuer en cas de contamination radioactive du bétail ou des cultures.

Transparent 12

Plan de soutien à l'éradication des maladies animales exotiques

- éradication des épizooties liées à des maladies exotiques – relève de la Loi sur la santé animale et de la réglementation afférente

Transparent 13

Programme d'intervention phytosanitaire d'urgence

- lutte contre les ravageurs et parasites non indigènes des végétaux nécessitant d'être placés en quarantaine, ou éradication de ces derniers – relève de la Loi sur la protection des végétaux et de la réglementation afférente

Transparent 14

Plan d'intervention en cas d'urgence affectant la sécurité des produits agro-alimentaires

- vise les situations d'urgence ayant des conséquences sur les produits agro-alimentaires -- relève de la Loi sur les normes relatives aux produits agricoles

Transparent 15

Conclusions

- action globale – Plan d'intervention fédéral en cas d'urgence nucléaire de Santé Canada
- fonction de soutien – Système national d'intervention en cas d'urgence dans le secteur agro-alimentaire d'Agriculture et agroalimentaire Canada

Ces plans sont :

- Plan de soutien à l'éradication des maladies animales exotiques : Ce plan a pour objectif l'éradication des épizooties liées à des maladies exotiques conformément aux dispositions de la Loi sur la santé des animaux et de la réglementation afférente. L'organisation prévue comprend une Equipe nationale de gestion, située à Ottawa, et des équipes régionales localisées dans la région où l'urgence est déclarée. La majorité des Provinces disposent d'un plan de soutien ou ont signé un protocole d'accord par lequel elles s'engagent à apporter leur contribution au plan fédéral, si celui-ci est mis en oeuvre.
- Programme d'intervention phytosanitaire d'urgence : Ce plan prévoit différentes stratégies à mettre en oeuvre pour faire face aux situations d'urgence susceptibles de survenir dans les productions agricoles ou forestières, afin de prévenir la propagation au Canada de ravageurs et parasites introduits et nécessitant d'être placés en quarantaine. Il décrit comment renforcer les procédures de routine prévues par la législation relative à la protection des végétaux pour juguler une pullulation ou une épiphytie relevant des situations d'urgence.
- Plan d'intervention en cas d'urgence affectant la sécurité des produits agro-alimentaires : Ce programme recense les liaisons existant entre Agriculture et agroalimentaire Canada, Santé Canada, les organismes provinciaux correspondants ainsi que les représentants de l'industrie, et définit les structures d'intervention intra-branche à mettre en oeuvre en cas de survenue d'une urgence – accident nucléaire, par exemple – affectant les produits agro-alimentaires.

En conclusion, si une urgence nucléaire survient au Canada, Santé Canada, s'il lui est demandé d'intervenir, assure l'échelon central de décision en déclenchant le Plan d'intervention fédéral en cas d'urgence nucléaire.

**APPROCHE MULTI-RISQUES
COORDONNÉE FONDÉE SUR
LES STRUCTURES ET
RESSOURCES EXISTANTES**

Si l'urgence touche le secteur agro-alimentaire, Agriculture et Agroalimentaire Canada déclenche le Système national d'intervention en cas d'urgence dans le secteur agro-alimentaire. Il s'agit d'un système de gestion des urgences multi-risques destiné à assurer la liaison entre l'échelon fédéral, l'échelon provincial et le secteur privé, en vue de mettre en oeuvre une approche coordonnée des situations d'urgence non prévues.

Ce système repose sur les organismes, programmes et ressources existants qui, si l'intervention exige des moyens supérieurs aux possibilités offertes par les programmes et activités normaux, peuvent être renforcés par le recours à d'autres plans de gestion des urgences.

**MESURES DE PRÉCAUTION PRISES EN ALLEMAGNE EN CAS D'ACCIDENTS OU
D'INCIDENTS SUSCEPTIBLES DE PORTER ATTEINTE À L'HOMME ET À
L'ENVIRONNEMENT PAR SUITE DU REJET DE RADIOACTIVITÉ**

par

**Dieter Kaspar
Allemagne**

Avant l'accident de Tchernobyl, l'Allemagne avait mis en place des programmes de maîtrise des accidents majeurs pour les zones au voisinage immédiat des centrales nucléaires, mais n'avait prévu aucune mesure pour les incidents relevant d'une catégorie inférieure aux accidents majeurs. La situation était telle que, par exemple, dans le cas du lait frais, les seuils à partir desquels la consommation était déconseillée variaient entre 10 et 560 Bq/l d'iode 131, d'où une profonde perplexité au sein de la population. En outre, chaque Land de la République fédérale avait le pouvoir d'émettre ses propres recommandations.

Afin de clarifier la situation, une Loi relative aux mesures préventives destinées à protéger la population contre les effets des rayonnements ionisants [Strahlenschutzvorsorgegesetz] a été promulguée. Cette loi fixe de manière précise les droits et devoirs respectifs des Länder et du gouvernement central. Seul ce dernier est habilité à émettre à l'intention de la population des recommandations sur la conduite à tenir. Un Land ne peut également formuler des recommandations et mettre en oeuvre des mesures que si la radioactivité concerne une zone limitée d'une région placée sous son autorité.

Il en va autrement si un accident a des conséquences catastrophiques au voisinage immédiat de la centrale nucléaire dans laquelle il est survenu. Dans ce cas, chaque Land est exclusivement responsable du territoire relevant de sa juridiction. Toutefois, afin de conférer de la cohérence aux mesures adoptées, les Länder ont conclu avec le gouvernement fédéral un accord qui définit des Recommandations cadres pour la maîtrise des accidents majeurs au voisinage des centrales nucléaires.

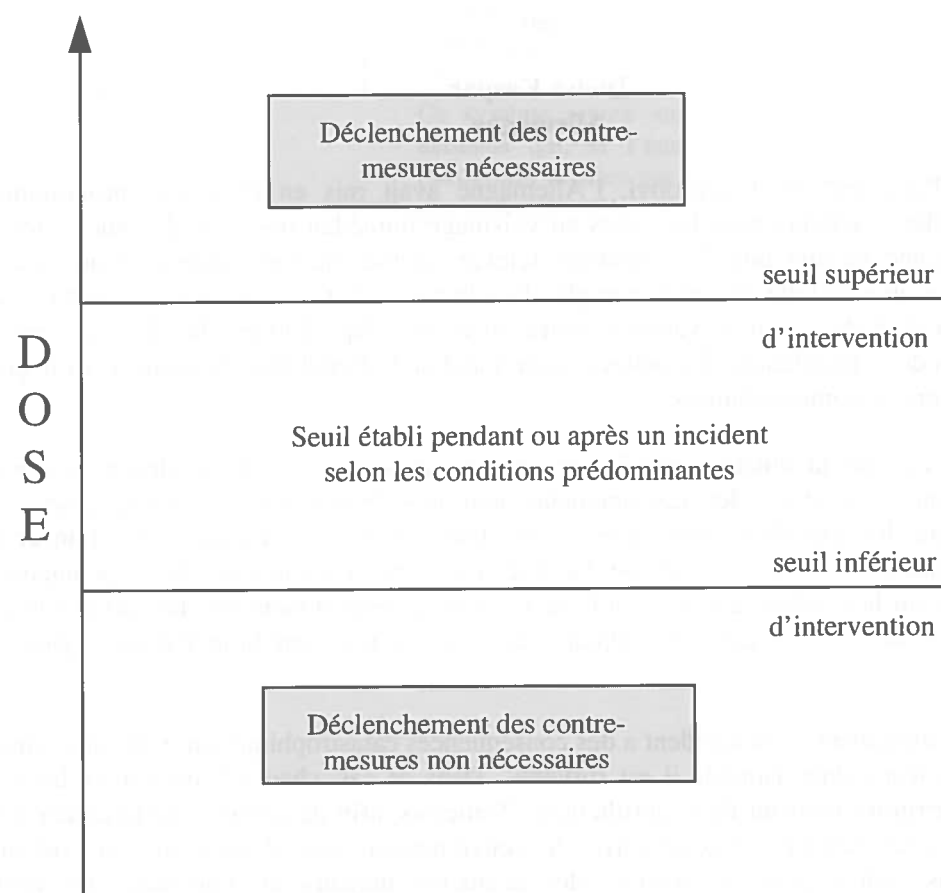
Dans les deux cas – qu'il s'agisse de mesures préventives ou de la maîtrise des accidents majeurs – ce sont les Principes radiologiques régissant l'adoption de mesures en vue de protéger la population dans le cas de rejets accidentels de radionucléides, qui s'appliquent en Allemagne. La réglementation communautaire, qui fixe des plafonds de contamination pour les denrées alimentaires et les fourrages, vient compléter ces principes.

Les mesures ainsi que les valeurs des seuils d'intervention contenues dans les principes radiologiques s'appuient en grande partie sur la publication N°40 de la CIPR. Pour chaque mesure, on a défini une série de valeurs sur la base des valeurs supérieure et inférieure du seuil d'intervention. Ces valeurs sont fixées de telle sorte que, si les doses de rayonnement ne dépassent pas la valeur seuil inférieure, il n'y ait pas lieu de prendre des mesures. En revanche, si les doses calculées ou prévisibles excèdent la valeur seuil supérieure, la mesure doit impérativement être mise en oeuvre.

Entre ces deux valeurs seuil, les responsables disposent d'une certaine liberté de manoeuvre, en fonction de ce qu'ils savent du type d'accident, de la séquence d'événements en jeu ainsi que d'autres paramètres accessoires, tels que les conditions météorologiques et l'état des routes et du trafic. La figure 1 représente de façon schématique la procédure à suivre. Les tableaux 1 à 3

contiennent quelques exemples de niveaux de doses nécessitant le déclenchement des mesures de protection contre les accidents majeurs.

Figure 1. Schéma du dosage à utiliser en vue de la planification de chaque mesure individuelle



La même procédure s'applique, pour l'essentiel, en ce qui concerne les incidents classés en deçà du seuil fixé. Toutefois, étant donné que l'on dispose d'un laps de temps plus long, l'évaluation de la situation radiologique peut davantage s'appuyer sur les valeurs effectivement mesurées, à partir desquelles il est également possible de déterminer les doses prévisibles. Les dispositions à prendre sont présentées dans un catalogue détaillé de mesures, qui a été élaboré et publié dans les années qui ont suivi l'accident de Tchernobyl. Ce catalogue est actuellement en cours de révision.

Cette publication comprend notamment des mesures à prendre pour éviter toute contamination dans le secteur agricole, ou pour empêcher ou du moins limiter le transfert de nucléides dans les denrées alimentaires ou les fourrages. Le catalogue est structuré de la manière suivante : après une introduction générale indiquant à l'utilisateur comment utiliser le catalogue, des schémas d'orientation sont fournis qui, à partir des informations disponibles – quantité de radioactivité rejetée, doses absorbées localement ou contamination du sol imputables à des nucléides représentatifs de groupes de nucléides ou de certains nucléides, par exemple – renvoient le lecteur à des tableaux et des graphiques détaillés illustrant les mesures à prendre. Ce catalogue ne fait qu'indiquer la possibilité de mettre en oeuvre les différentes mesures, ainsi que leur efficacité. Aucune analyse de coût-avantages n'y est présentée. Etant donné que ce catalogue détaillé restera

difficile à utiliser même lorsqu'il aura été révisé, il est envisagé à long terme de le rendre disponible sur support informatique, afin de faciliter l'accès aux informations qu'il contient.

L'utilisation de programmes de calcul en tant qu'aides pour faire face aux accidents nucléaires est déjà largement répandue. Dans le cas des accidents majeurs, les possibilités offertes par les systèmes en ligne de télésurveillance des réacteurs nucléaires devraient être pleinement exploitées. A partir des données météorologiques et des valeurs d'émission mesurées, il est en effet possible de calculer les concentrations de matières radioactives et par conséquent, les doses délivrées dans l'environnement immédiat. En Allemagne, les Länder utilisent déjà ces systèmes.

Le gouvernement fédéral a mis en place un système intégré d'information et de mesure pour les cas qui sont légèrement en deçà du seuil des accidents majeurs. Ce système s'appuie entre autres sur des programmes de calcul afin de déterminer la contamination des denrées alimentaires et des fourrages en fonction de nombreux paramètres différents, tels que les conditions météorologiques, la saison, la phase de croissance, etc.

Des mesures viennent compléter et étayer ces calculs, qui constituent par conséquent une base fiable sur laquelle s'appuyer pour recommander des mesures à adopter. On utilise aussi ce système pour transmettre au public des recommandations relatives aux mesures et instructions à mettre en oeuvre quant à la conduite à tenir.

Les meilleurs programmes de calcul, de mesure et de surveillance ne sont toutefois guère utiles si le personnel des centres de crise n'est pas suffisamment expérimenté et bien formé pour pouvoir exploiter correctement les résultats calculés. Un ordinateur peut constituer un outil d'aide à la décision, mais concrètement ce sont des hommes qui prennent les décisions. En Allemagne, les autorités responsables ont mis à la disposition des intéressés suffisamment de matériel et de logiciels pour leur permettre de réagir rapidement et correctement aux accidents mettant en jeu des matières radioactives. Des exercices réguliers permettent en outre de s'assurer que, dans des conditions réelles, les bonnes décisions seront effectivement prises par un personnel bien formé.

Tableau 1. Doses indicatives pour le calfeutrage au domicile, l'absorption de comprimés d'iode et l'évacuation conformément aux recommandations cadres*

Mesure	Dose en mSv					
	Organisme entier (irradiation externe et inhalation)		Thyroïde (inhalation)		Poumon ou tout autre organe irradié préférentiellement* (irradiation externe et inhalation)	
	Dose indicative inférieure	Dose indicative supérieure	Dose indicative inférieure	Dose indicative supérieure	Dose indicative inférieure	Dose indicative supérieure
Calfeutrage à domicile	5	50	50	250	50	250
Absorption de comprimés	–	–	200	1000	–	–
Évacuation	100	500	300	1500	300	1500

* Hormis la peau

Tableau 2. Doses indicatives pour le renoncement à l'utilisation directe de denrées alimentaires

Dose sur 50 ou 70 ans en mSv compte tenu de l'activité reçue la première année			
Dose efficace		Organes irradiés préférentiellement	
Dose indicative inférieure	Dose indicative supérieure	Dose indicative inférieure	Dose indicative supérieure
5	50	50	500

Table 3. Doses indicatives pour la réinstallation de la population

Dose à l'organisme entier la première année en mSv par irradiation de l'organisme	
Dose indicative inférieure	Dose indicative supérieure
50	250

Table 6.2.1-1 Mesures évitant la contamination en totalité ou en grande partie Mesures préventives avant le passage du nuage radioactif (commentaires, voir §§ 11.1.1 (PARK), 11.1.2 (SBG) en annexe)

Méthode	Faisabilité Restrictions	Efficacité	Critères de décision Les valeurs maximales de l'UE pour les denrées alimentaires sont atteintes en cas de :
Récolte immédiate de tous les produits mûrs (légumes, fruits, céréales, etc.) (uniquement avant le passage du nuage radioactif)	<p>Critères limitatifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> • temps disponible pour les récoltes, • nombre limité de machines pour les récoltes, • capacité limitée de main-d'oeuvre et de superficie de stockage 	Evite la contamination	<p>Concentration atmosphérique intégrée dans le temps et prévue</p> <p>Dépôts secs voir tableau 6.2.1-1A (après tableau 6.2.1-1)</p> <p>Données complémentaires : Rapport dépôts secs/humides : figure 7.4-6,7,8 (chapitre 7.4) figure. 7.4-3,4,5 (chapitre 7.4)</p>
Fermeture des serres et des couches pour la culture légumière	Risque de surchauffe en cas de fort ensoleillement	Evite une grande partie de la contamination	<p>concentration au sol prévue en kBq . m-2</p> <p>voir tableau 6.2.1-1B (après tableau 6.2.1-1)</p>
Protection des cultures de légumes, d'herbes et de fruits (pendant la période de végétation)	<p>Faisable uniquement pour les cultures de très grande valeur exploitées sur des parcelles de petites dimensions, nécessité d'une disponibilité rapide de films perméables à l'eau, coût élevé en main-d'oeuvre</p> <p>La plupart du temps, des films ou des bâches de protection sont prévus, en particulier pour les sites et les véhicules de transport.</p>	Evite une grande partie de la contamination g171	<p>Données complémentaires : Périodes critiques figure 7.4-9,10,11 (chap. 7.4)</p>
Protection des dépôts à ciel ouvert de fourrage et de denrées alimentaires		Evite une grande partie de la contamination superficielle	

Tableau 6.2.1-1A Valeurs seuils selon PARK, activité atmosphérique
 Valeurs seuils de la concentration atmosphérique intégrée dans le temps pour dépôts secs
 Valeurs seuils de la concentration atmosphérique pour dépôts humides

Nucléide : I 131

	Dépôt		Période Concernée
	humide	sec	
	Bq/m3	Bqh/m3	
Céréales	75	2600	1.5 jusqu'aux moissons
Lait	7.3	340	1.4 au 1.11
Fruits	61	1830	15.4 au 15.10
Légumes	87	3430	14.4 au 13.10
Légumes à feuilles	4	165	toute l'année

Nucléide : Cs 137

	Dépôt		Période Concernée
	humide	sec	
	Bq/m3	Bqh/m3	
Céréales	5.7	720	1.5 jusqu'aux moissons
Lait	12	2600	1.4 au 1.11
Fruits	19	1390	15.4 au 15.10
Légumes	17	2600	14.4 au 13.10
Légumes à feuilles	2.3	350	toute l'année

Nucléide : Sr 90

	Dépôt		Période Concernée
	humide	sec	
	Bq/m3	Bqh/m3	
Céréales	13	2400	1.5 jusqu'aux moissons
Lait	1.7	540	1.4 au 1.11
Fruits	39	4260	15.4 au 15.10
Légumes	33	8000	14.4 au 13.10
Légumes à feuilles	0.6	210	toute l'année

Notes:

Les concentrations atmosphériques intégrées dans le temps et concernant les dépôts secs peuvent être estimées à partir de la concentration atmosphérique et de la durée de passage prévue. Nous renvoyons au paragraphe 1.1 de l'annexe et aux graphiques du chapitre 7 pour les bases théoriques et la variable temporelle.

**PROTECTION DE L'AGRICULTURE CONTRE LES RADIATIONS
 NUCLÉAIRES : CONCEPTION ET MESURES**

par

Hans-Jörg Lehmann
 Suisse

Introduction

D'abord, Je vous remercie de l'occasion qui m'est ici donnée de présenter notre conception concernant la protection de l'agriculture contre les conséquences des catastrophes nucléaires.

Si personne n'est en mesure de prévoir quand un tel événement peut se produire, ce dont on est certain, par contre, c'est que l'agriculture sera touchée par tout accident ou attaque atomiques et chimiques (AC). Cette vérité n'est certes pas nouvelle, mais elle n'a vraiment frappé les consciences qu'à la suite du désastre de Tchernobyl; c'est dès ce moment-là que les autorités se sont mobilisées et ont multiplié les efforts en matière d'AC dans l'agriculture. La Commission fédérale de protection AC a pris les dispositions nécessaires en collaboration avec l'Office fédéral de l'agriculture. Je m'attacherai, dans le présent exposé, à vous faire connaître la conception que nous avons adoptée et les mesures prévues.

1. Conception

La protection de l'agriculture contre les retombées radioactives comporte de multiples facettes : il convient d'une part d'assurer que, en cas d'accident, les familles paysannes réagissent judicieusement, et d'autre part de donner les moyens nécessaires aux corps chargés de combattre des sinistres, à savoir les pompiers, la police ou la protection civile; les décideurs politiques doivent assumer la responsabilité qui leur incombe du fait de leur position dirigeante. a cet égard, bien informer les familles paysannes est une tâche d'importance capitale.

Donner aux paysans une bonne information et leur permettre une bonne conduite des opérations en cas de catastrophe AC, tels sont les buts de notre action; nous entendons, au moyen de notre conception :

- 1) protéger autant que faire se peut la population rurale, les animaux de rente, les denrées alimentaires et fourragères et les agents de production, contre les retombées nucléaires et chimiques;
- 2) donner aux exploitants des instructions ciblées de manière qu'ils puissent prendre les mesures essentielles sans aide extérieure;
- 3) doter à l'avance les bâtiments agricoles de dispositifs simples et durables, de manière à réduire au minimum les mesures d'urgence à prendre le moment venu.

2. Mise en oeuvre

En Suisse, ce sont les institutions de formation agricole et les organisations locales de protection civile qui sont en charge des travaux et des démarches nécessaires pour atteindre ces objectifs. Les premières sont avant tout tenues de sensibiliser les paysans à ces problèmes et de leur dispenser une formation de base en la matière; les secondes d'apporter aux familles paysannes leur soutien pour ce qui est des mesures concrètes à prendre dans l'exploitation.

Voici la finalité des programmes de formation élaborés en la matière :

- Le paysan connaît la menace chimique et nucléaire pesant sur l'agriculture et les mesures de protection envisageables.
- En cas de danger, il est à même de protéger l'exploitation par ses propres moyens.

Il convient de relever que les « Consignes pour la protection AC » comprennent tant les éléments essentiels en matière de formation que le schéma de base concernant la conduite des opérations en situations exceptionnelles. Il s'agit là de règles de comportement applicables selon les circonstances. En outre, une grille d'évaluation spéciale permet de répertorier les ressources des entreprises agricoles en matière de protection AC et de déterminer dans quelle mesure il est utile et possible d'améliorer leurs moyens de protection contre une radioactivité accrue.

Au niveau de la Confédération, on a élaboré un support didactique destiné aux enseignants et aux conseillers agricoles, dont la tâche n'est pas facile : force est de constater que les connaissances sur la radioactivité et sur les mesures de protection envisageables sont en règle générale très modestes et qu'elles se limitent le plus souvent aux faits de guerre.

3. Consignes pour la protection AC

Qu'il me soit permis, pour terminer, de présenter en détail les consignes relatives à la protection AC précitées.

Ces consignes s'adressent aux chefs d'exploitation. Nous partons du principe que la protection des personnes a toujours la priorité sur toute autre mesure. fondés sur ce qui précède, nous avons élaboré les dispositions que les chefs d'exploitation doivent prendre dans des circonstances spécifiques. Par exemple :

Que faut-il faire lorsque les autorités ordonnent les mesures suivantes à la population?

- rester dans la maison;
- se réfugier dans la cave ou l'abri;
- s'installer dans l'abri préparé.

Les consignes indiquent au chef d'exploitation comment agir pour limiter les dégâts. Les mesures urgentes sont à prendre immédiatement après l'événement. Par la suite, une fois que l'irradiation aura été mesurée, les autorités ordonneront par les mass-médias d'autres dispositions. Nous avons procédé aux préparatifs organisationnels nécessaires à cet effet.

4. Remarque finale

La protection AC dans l'agriculture est une tâche aux multiples aspects. Pour l'instant, on ne saurait estimer exactement les chances de succès de notre conception. Nous sommes cependant convaincus que les mesures préventives consistant à sensibiliser les agriculteurs et à améliorer leur niveau de connaissances permettront aux familles paysannes de réagir d'une manière appropriée à des événements exceptionnels.

RÉSUMÉ

par

George Bickerton
États-Unis

L'accident de Tchernobyl semble avoir poussé de nombreux pays à engager une analyse critique de leurs plans d'urgence radiologiques, afin d'en cerner les domaines qui nécessitent d'être améliorés ou renforcés. Un thème a été retenu par tous les pays impliqués : la nécessité de former et d'entraîner efficacement la population civile ainsi que les différents intervenants.

Il est ressorti de cette réflexion que la santé et la sécurité des populations potentiellement les plus exposées constituaient les premières priorités, suivies par la protection des approvisionnements alimentaires.

La majorité des pays dont la gestion des affaires publiques s'effectue à deux ou plusieurs échelons (national, de la Province ou de l'État, et local) sont confrontés à la difficulté d'élaborer un ou des plan(s) définissant clairement les missions et les compétences des différents niveaux d'administration ainsi que les interactions qui doivent exister entre ces derniers pour que les mesures d'urgence atteignent leurs objectifs. Pour augmenter la probabilité de voir un personnel compétent et bien formé prendre les décisions qui s'imposent, il faut réaliser périodiquement des exercices de simulation ou tester le bon fonctionnement des plans d'urgence.

Le recours à des outils informatisés s'est révélé particulièrement adapté au calcul de la contamination des aliments destinés à la consommation humaine ou animale en prenant en compte des variables telles que l'époque de l'année, la phase de croissance et les conditions météorologiques. Il va de soi que pour exploiter efficacement les programmes informatisés permettant de prévoir, surveiller et évaluer la contamination, il faut disposer d'un personnel ayant reçu une formation adéquate.

Ont également été abordées la question des seuils d'intervention ainsi que la nécessité d'harmoniser à l'échelle internationale les niveaux d'intervention dérivés. Outre la garantie d'une protection cohérente des populations à tous les niveaux de l'administration publique, une telle harmonisation peut avoir des répercussions économiques positives pour les pays impliqués dans les échanges de produits agricoles.

Au nombre des thèmes actuellement à l'étude figurent les relations entre contamination du sol et concentrations de radionucléides dans le lait et l'herbe, ainsi que les méthodes de gestion du lait fortement contaminé par le césium. Certains pays étudient par ailleurs les solutions qui pourraient être mises en oeuvre pour prendre concrètement en charge les soins au cheptel laitier et aux autres animaux domestiques en cas d'évacuation des populations.

En dernier lieu est évoquée l'importance de la confiance des populations, dont l'attitude est déterminante pour l'efficacité des mesures d'intervention appliquées en cas d'urgence. Si les populations ont une bonne image des actions engagées et sont convaincues que le plan d'intervention est dirigé par des fonctionnaires compétents véritablement soucieux du bien-être personnel des habitants concernés, ces actions auront de bien plus grandes chances d'atteindre leurs objectifs.

SÉANCE VI

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Président de séance : M. CARRETTE, France

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

1. Introduction

Les participants ont jugé que les communications présentées lors de l'atelier étaient très intéressantes, vivifiantes et avaient suscité d'enrichissants débats tant sur les sujets présentés que sur des questions analogues. Un petit groupe de participants s'est réuni à l'issue de la Séance IV pour établir une série de conclusions et de recommandations qui seraient ensuite présentées à l'atelier au complet, remaniées, modifiées, éliminées ou, au contraire, complétées, puis approuvées par les participants en séance plénière. La dernière séance a donc été consacrée à l'examen de ces conclusions et recommandations. On trouvera ici les résultats de cette dernière séance qui reflètent les opinions des participants.

2. Conclusions et recommandations

Au cours de la première séance, il est apparu qu'il existe encore des différences, parfois minimes, entre les divers critères d'acceptation utilisés dans le monde. Ces disparités peuvent s'expliquer par des différences dans les hypothèses adoptées pour le calcul de la dose interne imputable aux aliments contaminés, du pourcentage de nourriture que l'on suppose contaminé (10 pour cent dans un pays, 25 pour cent dans un autre, voire 100 pour cent dans un troisième). Les limites de dose sur lesquelles sont fondés les calculs varient également en fonction des recommandations que le pays en question a choisi de suivre (certains pays respectent les recommandations de la Publication 26 de la CIPR, d'autres les recommandations de la Publication 60 de la CIPR). Si les participants reconnaissent que toutes ces décisions, qui se traduisent au bout du compte par des différences numériques infimes, incombent aux autorités nationales, ils sont convaincus qu'une meilleure connaissance de ces différences permettrait d'éviter des perturbations des échanges dans l'éventualité d'une contamination.

Les participants ont également noté d'importantes divergences entre les critères de certification appliqués, dans les différents pays, aux produits destinés à l'importation et à l'exportation. On signale que l'Organisation mondiale du commerce a récemment adopté les normes CODEX. Toutefois, comme ces normes ne sont pas acceptées partout, les échanges risquent toujours d'être perturbés à cause de discordances entre les critères de certification. C'est pourquoi les participants ont formulé la recommandation suivante :

Recommandation

Il serait souhaitable de mieux comprendre les différences qui existent entre les divers niveaux d'intervention et niveaux maximum admissibles adoptés au niveau national ou régional pour l'alimentation, comme les normes CODEX pour le commerce international.

Les problèmes pratiques que pose la mise en œuvre des contre-mesures agricoles, le thème central de l'atelier, ont été largement débattus. De nombreux exemples de problèmes particuliers ont été décrits. Les participants étaient unanimes pour reconnaître que ces problèmes, qui peuvent être très différents selon les pays, doivent être résolus au niveau national, et constater que l'on a très peu

d'exemples de solutions praticables. La communauté internationale est donc intéressée par toute expérience spécifique de la mise en place de contre-mesures de ce type.

Les produits agro-alimentaires dans lesquels ont été détectés des radionucléides sont un exemple de ces problèmes spécifiques. En l'occurrence, il s'agit de savoir quoi faire des produits agro-alimentaires contenant des niveaux inacceptables de radionucléides. Ces déchets posent des problèmes logistiques difficiles à résoudre en raison des volumes considérables qu'ils pourraient représenter et de leur nature, à savoir du matériel biologique comme des carcasses d'animaux. Étant donné que la concentration de radionucléides à laquelle on jugera qu'il faut traiter un déchet aura des répercussions importantes sur les volumes de déchets qui devront être éliminés sous contrôle radiologique, cet aspect de la question a été également débattu.

Au vu de ces problèmes, les participants à l'atelier ont jugé bon de formuler la recommandation suivante :

Recommandation

Après neuf années d'études des contre-mesures agricoles entreprises à la suite de l'accident de Tchernobyl, leur mise en œuvre pose encore des problèmes pratiques. Il faudrait donc poursuivre les travaux pour les résoudre. Ainsi, un examen des différentes méthodes de traitement des produits agro-alimentaires contenant des niveaux inacceptables de radioactivité (lait contaminé par du CS) serait nécessaire.

Les participants ont étudié divers aspects de l'attitude du public. Plusieurs communications présentées à la Séance II notamment portaient sur les aspects sociaux et politiques de la gestion de crise mais aussi sur la communication dans ces circonstances. Les participants ont reconnu que ces questions comptent parmi les plus difficiles à résoudre et que l'acceptation par le public des décisions prises pour le protéger dépend essentiellement du capital de confiance dont jouissent le gouvernement et les responsables et spécialistes de la gestion de crises, confiance qui, de l'avis des participants, n'est pas toujours gagnée d'avance. Des facteurs comme l'ignorance du public des complexités de la gestion de crise, la mauvaise qualité et/ou coordination des communications entre les responsables gouvernementaux et le public, le goût des médias pour le sensationnel et la propension des mouvements antinucléaires à exagérer le danger peuvent miner la confiance du public.

Simultanément, l'intérêt personnel est également un élément moteur de la société. C'est lui qui incite les divers groupes appartenant à la filière agro-alimentaire à se préoccuper des pertes de revenus que peut entraîner une urgence nucléaire. Les agriculteurs, inquiets à l'idée d'abandonner leur bétail, leurs récoltes et leur matériel, peuvent être tentés de ne pas tenir compte des consignes d'évacuation. De même, les distributeurs de produits alimentaires, désireux de préserver la réputation de leurs produits, auront tendance à se tourner vers des fournisseurs se trouvant dans des régions non touchées par l'accident, même si les produits qu'ils proposent sont plus chers. Quant au public, soucieux de sa santé, il pourrait refuser d'acheter des produits contenant des radionucléides, quels qu'ils soient, même si les pouvoirs publics lui garantissent l'innocuité des faibles niveaux de radionucléides. Ce sont là des facteurs susceptibles d'influer considérablement sur la façon dont les contre-mesures recommandées seront acceptées par ces différents groupes.

A l'issue des discussions sur ce thème, les participants à l'atelier sont parvenus aux conclusions suivantes :

Conclusions

- **Il est impossible de prévoir quelle sera la réaction du public vis-à-vis de produits agro-alimentaires contenant des niveaux de radionucléides inférieurs aux niveaux considérés comme acceptables par la communauté internationale (Codex).**
- **Il est possible que l'industrie agricole (producteurs, transformateurs, distributeurs, etc.) ne suive pas les conseils des spécialistes de radioprotection après un accident.**
- **L'industrie agro-alimentaire pourrait chercher plutôt à satisfaire les exigences des consommateurs et se soumettre aux lois du marché.**

Les participants ont observé que la solution de ces problèmes repose en grande partie sur l'efficacité des communications avant, pendant et après les situations de crise nucléaire. Une meilleure information de base sur la radioactivité, ses effets et les risques qu'elle présente, et sur l'énergie nucléaire en général est un des meilleurs moyens de garantir des communications efficaces dans la mesure où toutes les parties au dialogue ont alors la même perception des faits. A cet égard, la formation des jeunes, commencée le plus tôt possible, est considérée comme très importante. Cette réflexion a conduit les participants à l'atelier aux conclusions suivantes :

Conclusions

- **Les communications et relations publiques joueront un rôle important dans les situations nécessitant la mise en place de restrictions de la consommation de produits agro-alimentaires et aideront le public à mieux comprendre et accepter les contre-mesures qui seront mises en place.**
- **L'information et l'éducation du public, notamment des jeunes, a une influence majeure sur l'efficacité des communications.**

C'est dans ce contexte que les participants ont examiné la question des communications avec le public. On a souligné à ce propos que les responsables de la gestion de crise et les décideurs doivent instaurer un système d'intercommunication avec le public et donc être attentifs aux préoccupations de ce dernier. Il est certainement très difficile de bien comprendre la nature de cette communication. Or pour pouvoir l'instaurer et la maintenir, il faut avoir non seulement bien compris les mécanismes de la communication mais aussi approfondi voire réévalué le message transmis. Se fondant sur cette réflexion et sur les conclusions énumérées ci-dessus, les participants ont tenu à formuler la recommandation suivante :

Recommandation

Les aspects sociaux et culturels de la communication jouent un rôle extrêmement important dans l'information des milieux ruraux, avant, pendant et après des situations de crise nucléaire. Des études supplémentaires devraient être entreprises dans ce domaine.

Les participants se sont également intéressés à la nature des accidents dans les centrales nucléaires. Il est apparu notamment que de nombreux scénarios d'accident entraînent un rejet de radionucléides qui ne nécessite ni le confinement et l'évacuation des populations ni l'administration

d'iode stable. Pourtant, ces scénarios peuvent exiger la mise en place de restrictions de la consommation d'aliments. Ces scénarios, qui ont peu de chances de survenir, ont en fait une probabilité plus forte que les scénarios entraînant des rejets importants et exigeant l'évacuation des populations et, à ce titre, doivent être pris en compte par tous ceux qui participent à l'élaboration et la vérification des plans d'urgence et à la gestion de crise. Par ailleurs, dans le cas des accidents provoquant d'importants rejets et nécessitant l'évacuation de population, les restrictions de la consommation de produits alimentaires risquent de concerner un territoire considérablement plus grand que les superficies évacuées, si bien qu'il est essentiel de tenir compte des contre-mesures d'ordre agro-alimentaire dans l'élaboration et la vérification des plans d'urgence.

De ce fait, les contre-mesures agricoles susceptibles d'empêcher ou de limiter la contamination des produits agro-alimentaires peuvent être beaucoup plus rentables si elles sont mises en place à un stade précoce et doivent par conséquent faire partie des premières mesures considérées par les responsables de la gestion de crise.

Ces réflexions ont conduit les participants à formuler les conclusions et recommandations suivantes :

Conclusions

- **Toute anomalie du fonctionnement d'une centrale nucléaire qui ne serait pas, en général, classée parmi les accidents importants peut nécessiter des restrictions de la consommation de produits agro-alimentaires même si d'autres contre-mesures à court terme (confinement, évacuation des populations et/ou distribution d'iode stable) ne s'imposent pas.**
- **Quel que soit l'accident prévisible, les restrictions de la consommation de produits agro-alimentaires concerneront des superficies nettement plus importantes que les autres contre-mesures (confinement, évacuation des populations et/ou distribution d'iode stable).**

Recommandation

Il faudrait tenir compte, dans les exercices d'application des plans d'urgence, de tous les aspects agricoles, et donc inclure, dans les programmes d'exercice, les dernières phases de l'accident ainsi qu'un très large éventail de scénarios d'accidents.

Recommandation

Il faudrait envisager de mettre en place le plus tôt possible les mesures agricoles préventives de façon à ne pas être obligé de recourir à des actions tardives et coûteuses.

Les participants ont également étudié les problèmes latents susceptibles de provoquer à long terme des expositions, notamment le cas des forêts contaminées. Une bonne proportion des terres contaminées par l'accident de Tchernobyl étaient en fait des forêts. La gestion de ces forêts a été quelque peu négligée. Or, les incendies de forêts pourraient provoquer une nouvelle contamination de zones voisines déjà décontaminées. Étant donné que le débitage des arbres contaminés expose à des

doses les exploitants forestiers puis le personnel des industries de transformation du bois (transporteurs, papeteries, etc.), de telles expositions professionnelles doivent être prises en compte dans de l'optimisation des contre-mesures.

Dans cet ordre d'idées, d'autres environnements naturels comme les pêcheries commerciales en eau douce pourraient aussi poser des problèmes. Dans le cas des pêcheries, le problème vient de la contamination permanente du poisson par les sédiments contaminés. S'agissant de la poursuite de l'exploitation de ces pêcheries, la plus grande prudence est recommandée.

A l'issue de ces réflexions, les participants à l'atelier ont jugé utile de formuler une recommandation à ce propos.

Recommandation

La gestion des environnements contaminés, notamment les forêts, et l'effet de ces environnements sur l'agriculture devraient être pris en compte au moment de l'élaboration de contre-mesures agricoles.

Enfin, les exposés sur les programmes nationaux de mise en place de contre-mesures agricoles ont montré que la participation du secteur agricole à la planification, la préparation et la gestion n'est pas seulement essentielle mais aussi souhaitée par ce secteur. Il s'agit entre autres des agriculteurs, des associations agricoles professionnelles, des syndicats d'agriculteurs et des transformateurs et distributeurs de produits agro-alimentaires. Cette réflexion ainsi que les conclusions et recommandations précédentes relatives aux communications ont incité les participants à l'atelier à formuler les conclusions suivantes :

Conclusions

- **Certains acteurs du secteur agro-alimentaire souhaitent être davantage intégrés à la préparation et la gestion des situations de crise nucléaire.**
- **Il est très important de faire participer tous les acteurs du secteur agro-alimentaire (producteurs, transformateurs, distributeurs, services agricoles officiels, vétérinaires, etc.) à la préparation des programmes d'intervention en cas d'urgence et aux programmes de formation ultérieurs ainsi qu'aux exercices d'application des plans d'urgence.**

LISTE DES PARTICIPANTS

ALLEMAGNE

Mr. Dieter KASPAR
Umweltministerium
Baden-Württemberg
Postfach 103439
D-70029 Stuttgart
Tél : +49 (711) 126 2531
Fax : +49 (711) 126 2885
e-mail : um52kas@umsc11.lfu-bw.de

Ms. Sabine BITTNER
Federal Ministry for the Environment
Nature Conservation & Nuclear Safety
Referat RS II (3CN)
Hüsareustr. 30
D-53 117 Bonn
Tél : +49 (228) 305 2920
Fax : +49 (228) 305 2828

République de BÉLARUS

Prof. Alexandre LUTZKO
Director
Sakharov Institute of Radioecology
23 Dolgobrodshaya St.
220 009 Minsk
Tél : +375 (172) 306 888
Fax : +375 (172) 306 897

BELGIQUE

M. Dominique VAN NUFFELEN
Chercheur en Anthropologie Nucléaire
Service de Protection contre
les Radiations Ionisantes (SPRI)
Cité Administrative de l'État
Quartier Vésale
B-1010 Bruxelles
Tél : +32 (2) 210 49 55
Fax : +32 (2) 210 49 67

Dr. Christian VANDECASTEELE
Head, Radioecology Laboratory
CEN/SCK
Boeretang, 200
B-2400 Mol
Tél : +32 (14) 33 52 81
Fax : +32 (14) 32 03 72

M. Olivier BURTON
Faculté des Sciences Agronomiques
de Gembloux
Groupe de Radioécologie
8, Avenue de la Faculté
B-5030 Gembloux
Tél : +32 (81) 62 24 95
Fax : +32 (81) 61 45 44

CANADA

Ms. Dianne E. HEDLEY
Plant Protection Division
Agriculture and Agri-Food Canada
59 Camelot Dr.
Nepean Ontario
K1A 0Y9
Tél : +1 (613) 952 8000
Fax : +1 (613) 943 2482
x400 c=ca; a=govmt.canada
p=gc+agr; o=w;g=Dianne;s=Hedley

République d'ESTONIE

Mrs. Elle TANNER
Head of Department
Estonia National Veterinary Laboratory
3V. - Paala Str.
EE-0014 Tallinn
Tél : +37 (2) 109 90
Fax : +37 (2) 638 00 10

ÉTATS-UNIS

Mr. George BICKERTON
Director, Emergency Planning Office
Food Safety and Inspection Service, PEPS
U.S. Department of Agriculture
218 West End Court
Washington, D.C. 2050-3700
Tél : +1 (202) 254 2500
Fax : +1 (202) 254 2485

FINLANDE

Ms. Aino RANTAVAARA
Head of Foodchain Laboratory
Finnish Centre for Radiation
and Nuclear Safety
P.O. Box 14
F-00881 Helsinki
Tél : +358 (0) 7598 8436
Fax : +358 (0) 7598 8498
e-mail : aino.rantavaara@stuk.fi

FRANCE

M. Lovis CAYEUX
Fédération nationale des syndicats
d'exploitants agricoles (FNSEA)
11, rue de la Baume
F-75008 Paris
Tél : +33 (1) 4563 1177
Fax : +33 (1) 4563 9125

M. Henri MAUBERT
IPSN/DPEI/SERE/LMTR
CE/Cadarache
Bâtiment 153
F-13108 Saint-Paul-lez-Durance Cedex
Tél : +33 (16) 4225 3543
Fax : +33 (16) 4225 6373

M. Jean BRENOT
IPSN/DPHD/SEGR
60-64, avenue de la Division Leclerc
Bâtiment 01
F-92265 Fontenay-aux-Roses Cedex
Tél : +33 (1) 4654 8159
Fax : +33 (1) 4654 8829

M. PICAT
CEN Cadarache
IPSN/DPEI/SERE - BP 1
F-13108 Saint-Paul-lez-Durance CEDEX
Tél : +33 (1) 4225 3341
Fax : +33 (1) 4225 4948

M. GERBALDI

M. BARRIERE

Mlle. BERTHIER
IPSN/École nationale d'agriculture

M. PUPIN
IPSN/École nationale d'agriculture

Republique de LETTONIE

Dr. Uldis PORIS
Senior Adviser
Civil Defence Centre
6 Kalpaka Boulevard
LV-Rīga 1050
Tél : +371 222 8683
Fax : +371 8 820 336

LITHUANIE

Mr. Vincas VIGRAITIS
Chief Agronomist
Ministry of Agriculture of Lithuania
Gedimino Ave. 19
2025 Vilnius
Tél : +3702 61 95 15
Fax : +3702 22 44 40

ROYAUME-UNI

Ms. Frances FRY, Assistant Director
National Radiological Protection Board
Chilton, Didcot
Oxfordshire OX11 ORQ
Tél : +44 (1235) 822 618
Fax : +44 (1235) 822 630
e-mail : 643-5950@MC1MAIL.COM

Dr. G.P.L. NAYLOR
Nuclear Site Inspector
Food Safety (Radiation) Unit
Ministry of Agriculture Fisheries & Food MAFF
Nobel House
17 Smith Square
London SW1P 3JR
Tél : +44 (171) 238 5965
Fax : +44 (171) 238 6591

SUEDE

Mr. Jan PREUTHUN
Direction Suédois de l'Agriculture
S-551 82 Jönköping
Tél : +46 (36) 155 951
Fax : +46 (36) 166 250

Dr. Inger ANDERSSON
Research Officer
Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Agricultural Biosystems
& Technology
POB 59
S-23053 Alnarp
Tél : +46 (0) 40 41 50 00
ou 41 52 18
Fax : +46 (0) 40 41 09 20
e-mail : inger.andersson@jbt.slu.se

Mrs. Agneta BRASCH
Head of Division
Swedish Board of Agriculture
S-55182 Jönköping
Tél : +46 (36) 15 58 15
Fax : +46 (36) 30 81 82

SUISSE

Dr. Andrea SCHENKER
National Emergency Operations Centre (NAZ)
Postfach
Ackermannstrasse 26
CH-8044 Zürich
Tél : +41 (1) 256 9435
Fax : +41 (1) 256 9497

Dr. Dominique RAUBER
National Emergency Operations Centre (NAZ)
Postfach
Ackermannstrasse 26
CH-8044 Zürich
Tél : +41 (1) 256 9487
Fax : +41 (1) 256 9497
e-mail : ra@naz.ch

Ms. Marina VISANI
National Emergency Operations Centre (NAZ)
Postfach
Ackermannstrasse 26
CH-8044 Zürich
Tél : +41 (1) 256 9289
Fax : +41 (1) 256 9497

UKRAINE

Mr. Boris PRISTER
Director
Ukrainian Institute of Agricultural Radiology
7, Mashinostroitelci St.
Chabany, 255205
Kiev region
Tél : +7 (044) 266 45 02
Fax : +7 (044) 266 71 75

FAO/AIEA

Mr. John Irwyn RICHARDS
Head
Agriculture & Biotechnology Laboratory
International Atomic Energy Agency and
Food and Agriculture Organization
of the United Nations
Wagramerstrasse 5
P.O. Box 100
A-1400 Vienna
Tél : +43 (2254) 7225 1267
Fax : +43 (2254) 7895 1222
e-mail : richards@rial1.iaea.or.at

CE

Mr. A. JANSSENS
 EC DG XI. C.1
 Plateau du Kirchberg
 bât. Wagner C-353
 L-2920 Luxembourg
 Tél : +352 4301 363 95
 Fax : +352 4301 362 80

IPSN/CEA

M. Denys ROUSSEAU
 Assistant, Institut de Protection et de
 Sécurité Nucléaire (IPSN)
 CEN/FAR – B.P. No 6
 60-64, avenue de la Division Leclerc
 Bâtiment 01
 F-92265 Fontenay-aux-Roses Cedex
 Tél : +33 (1) 4654 7758
 Fax : +33 (1) 4654 4553

OCDE/AEN

Dr. Ted LAZO
 Division de protection radiologique et
 gestion des déchets radioactifs
 Agence de l'OCDE pour
 l'énergie nucléaire (AEN)
 Le Seine Saint-Germain
 12, boulevard des Îles
 F-92130 Issy-les-Moulineaux
 Tél : 33 (1) 45 24 10 45
 Fax : 33 (1) 45 24 11 10
 e-mail : lazo@nea.fr

MAIN SALES OUTLETS OF OECD PUBLICATIONS
 PRINCIPAUX POINTS DE VENTE DES PUBLICATIONS DE L'OCDE

AUSTRALIA – AUSTRALIE D.A. Information Services 648 Whitehorse Road, P.O.B 163 Mitcham, Victoria 3132 Tel. (03) 9210.7777 Fax: (03) 9210.7788	FINLAND – FINLANDE Akateeminen Kirjakauppa Keskuskatu 1, P.O. Box 128 00100 Helsinki Subscription Services/Agence d'abonnements : P.O. Box 23 00100 Helsinki Tel. (358) 9.121.4403 Fax: (358) 9.121.4450	GREECE – GRÈCE Librairie Kauffmann Stadiou 28 10564 Athens Tel. (01) 32.55.321 Fax: (01) 32.30.320
AUSTRIA – AUTRICHE Gerold & Co. Graben 31 Wien I Tel. (0222) 533.50.14 Fax: (0222) 512.47.31.29	*FRANCE OECD/OCDE Mail Orders/Commandes par correspondance : 2, rue André-Pascal 75775 Paris Cedex 16 Tel. 33 (0)1.45.24.82.00 Fax: 33 (0)1.49.10.42.76 Telex: 640048 OCDE Internet: Compte.PUBSINQ@oecd.org	HONG-KONG Swindon Book Co. Ltd. Astoria Bldg. 3F 34 Ashley Road, Tsimshatsui Kowloon, Hong Kong Tel. 2376.2062 Fax: 2376.0685
BELGIUM – BELGIQUE Jean De Lannoy Avenue du Roi, Koningslaan 202 B-1060 Bruxelles Tel. (02) 538.51.69/538.08.41 Fax: (02) 538.08.41	Canada Renouf Publishing Company Ltd. 5369 Canotek Road Unit 1 Ottawa, Ont. K1J 9J3 Tel. (613) 745.2665 Fax: (613) 745.7660	HUNGARY – HONGRIE Euro Info Service Margitsziget, Európa Ház 1138 Budapest Tel. (1) 111.60.61 Fax: (1) 302.50.35 E-mail: euroinfo@mail.matav.hu Internet: http://www.euroinfo.hu/index.html
CANADA Renouf Publishing Company Ltd. 5369 Canotek Road Unit 1 Ottawa, Ont. K1J 9J3 Tel. (613) 745.2665 Fax: (613) 745.7660	OECD Bookshop/Librairie de l'OCDE : 33, rue Octave-Feuillet 75016 Paris Tel. 33 (0)1.45.24.81.81 33 (0)1.45.24.81.67	ICELAND – ISLANDE Mál og Menning Laugavegi 18, Pósthólf 392 121 Reykjavík Tel. (1) 552.4240 Fax: (1) 562.3523
Stores: 71 1/2 Sparks Street Ottawa, Ont. K1P 5R1 Tel. (613) 238.8985 Fax: (613) 238.6041	Dawson B.P. 40 91121 Palaiseau Cedex Tel. 01.89.10.47.00 Fax: 01.64.54.83.26	INDIA – INDE Oxford Book and Stationery Co. Scindia House New Delhi 110001 Tel. (11) 331.5896/5308 Fax: (11) 332.2639 E-mail: oxford.publ@access.net.in 17 Park Street Calcutta 700016 Tel. 240832
12 Adelaide Street West Toronto, QN M5H 1L6 Tel. (416) 363.3171 Fax: (416) 363.5963	Documentation Française 29, quai Voltaire 75007 Paris Tel. 01.40.15.70.00	INDONESIA – INDONÉSIE Pdii-Lipi P.O. Box 4298 Jakarta 12042 Tel. (21) 573.34.67 Fax: (21) 573.34.67
Les Éditions La Liberté Inc. 3020 Chemin Sainte-Foy Sainte-Foy, PQ G1X 3V6 Tel. (418) 658.3763 Fax: (418) 658.3763	Economica 49, rue Héricart 75015 Paris Tel. 01.45.78.12.92 Fax: 01.45.75.05.67	IRELAND – IRLANDE Government Supplies Agency Publications Section 4/5 Harcourt Road Dublin 2 Tel. 661.31.11 Fax: 475.27.60
Federal Publications Inc. 165 University Avenue, Suite 701 Toronto, ON M5H 3B8 Tel. (416) 860.1611 Fax: (416) 860.1608	Gibert Jeune (Droit-Économie) 6, place Saint-Michel 75006 Paris Tel. 01.43.25.91.19	ISRAEL – ISRAËL Praedicta 5 Shatner Street P.O. Box 34030 Jerusalem 91430 Tel. (2) 652.84.90/1/2 Fax: (2) 652.84.93
Les Publications Fédérales Montréal, QC H3B 3A7 Tel. (514) 954.1633 Fax: (514) 954.1635	Librairie du Commerce International 10, avenue d'Iéna 75016 Paris Tel. 01.40.73.34.60	R.O.Y. International P.O. Box 13056 Tel Aviv 61130 Tel. (3) 546 1423 Fax: (3) 546 1442 E-mail: royil@netvision.net.il
CHINA – CHINE Book Dept., China National Publications Import and Export Corporation (CNPIEC) 16 Gongti E. Road, Chaoyang District Beijing 100020 Tel. (10) 6506-6688 Ext. 8402 (10) 6506-3101	Librairie Dunod Université Paris-Dauphine Place du Maréchal-de-Lattre-de-Tassigny 75016 Paris Tel. 01.44.05.40.13	Palestinian Authority/Middle East: INDEX Information Services P.O.B. 19502 Jerusalem Tel. (2) 627.16.34 Fax: (2) 627.12.19
CHINESE TAIPEI – TAIPEI CHINOIS Good Faith Worldwide Int'l. Co. Ltd. 9th Floor, No. 118, Sec. 2 Chung Hsiao E. Road Taipei Tel. (02) 391.7396/391.7397 Fax: (02) 394.9176	Librairie Lavoisier 11, rue Lavoisier 75008 Paris Tel. 01.42.65.39.95	ITALY – ITALIE Libreria Commissionaria Sansoni Via Duca di Calabria, 1/1 50125 Firenze Tel. (055) 64.54.15 Fax: (055) 64.12.57 E-mail: licosa@fbcc.it
CZECH REPUBLIC – REPUBLIQUE TCHÈQUE National Information Centre NIS – prodejna Konviktská 5 Praha 1 – 113 57 Tel. (02) 24.23.09.07 Fax: (02) 24.22.94.33 E-mail: nkposp@dec.niz.cz Internet: http://www.nis.cz	Librairie des Sciences Politiques 30, rue Saint-Guillaume 75007 Paris Tel. 01.45.48.36.02	Via Bartolini 29 20155 Milano Tel. (02) 36.50.83
DENMARK – DANEMARK Munksgaard Book and Subscription Service 35, Nørre Søgade, P.O. Box 2148 DK-1016 København K Tel. (33) 12.85.70 Fax: (33) 12.93.87	P.U.F. 49, boulevard Saint-Michel 75005 Paris Tel. 01.43.25.83.40	Editrice e Libreria Herder Piazza Montecitorio 120 00186 Roma Tel. 679.46.28 Fax: 678.47.51
J. H. Schultz Information A/S, Herstedvang 12, DK – 2620 Albertslung Tel. 43 63 23 00 Fax: 43 63 19 69 Internet: s-info@inet.uni-c.dk	Librairie Decitre 29, place Bellecour 69002 Lyon Tel. 04.72.40.54.54	Libreria Hoepli Via Hoepli 5 20121 Milano Tel. (02) 86.54.46 Fax: (02) 805.28.86
EGYPT – ÉGYPTÉ The Middle East Observer 41 Sherif Street Cairo Tel. (2) 392.6919 Fax: (2) 360.6804	Librairie Sauramps Le Triangle 34967 Montpellier Cedex 2 Tel. 04.67.58.85.15 Fax: 04.67.58.27.36	GERMANY – ALLEMAGNE OECD Bonn Centre August-Bebel-Allee 6 D-53175 Bonn Tel. (0228) 959.120 Fax: (0228) 959.12.17