

MESURES CORRECTIVES AGRICOLES

Rapport de John I. Richards, chef du Laboratoire FAO/AIEA d'agronomie et de biotechnologie, représentant de la FAO à la conférence internationale sur Tchernobyl; Raymond J. Hance, chef de la Section des produits agrochimiques et des résidus de la Division mixte FAO/AIEA des techniques nucléaires dans l'alimentation et l'agriculture.

Une des leçons de Tchernobyl est que l'agriculture souffre des effets d'un accident nucléaire à des centaines, sinon des milliers de kilomètres de distance. Il faut intervenir pour réduire la contamination des produits agricoles, que le pays intéressé ait ou non un programme nucléaire. Le premier souci est de réduire au minimum la contamination radioactive des récoltes et des produits d'origine animale, et de rétablir la fertilité des sols autant et dès qu'on le peut. Les mesures prises compensent les coûts assumés par l'Etat et les perturbations de la vie quotidienne par des avantages pour la santé publique et le bien-être des communautés. Les directives spécifient les niveaux de radioactivité de la nourriture de l'être humain et du bétail exigeant une intervention et comportent des dispositions pour protéger l'agriculture dans les diverses situations qui résultent de l'accident.

Les critères servant à fixer ces niveaux d'intervention sont internationaux. La législation sur l'alimentation fixe les niveaux de contamination à ne pas dépasser et ne fait pas de distinction entre les contaminants (résidus de pesticides, métaux lourds, mycotoxines, micro-organismes pathogènes ou radionucléides). Aux faibles niveaux qui comportent peu de risque pour la santé ou sont difficiles à éliminer totalement, une limite précise pour une application aisée permet néanmoins de commercialiser et de consommer les denrées.

La Commission FAO/OMS du Codex Alimentarius a élaboré des normes internationales de contamination radioactive applicables aux denrées alimentaires du commerce international (voir le tableau). Nombre de pays les ont incorporées à leur législation nationale: le caractère international contribue à la crédibilité des autorités, à la confiance en ces dernières et à la prévention des problèmes qui, sans elles, surgiraient aux frontières entre pays voisins. Les normes du Codex seront d'ailleurs appliquées par l'Organisation mondiale du commerce.

Elles reposent sur plusieurs hypothèses prudentes qui excluent pratiquement tout effet d'une exposition à vie et, en l'absence de denrées alimentaires de remplacement, des valeurs supérieures sont tolérables dans l'immédiat. En revanche, il peut y avoir lieu d'abaisser ces limites, par exemple lorsque le rayonnement externe contribue dans une forte proportion à la dose totale.

En somme, les critères d'intervention doivent laisser passer un maximum de denrées. C'est là un des objectifs importants des mesures agricoles.

Mesures correctives agricoles

Le programme FAO/AIEA sur les techniques nucléaires dans l'alimentation et l'agriculture combinait trois approches: premièrement, recueillir le plus possible de renseignements et de données d'expérience sur l'accident de Tchernobyl, afin de préparer des directives pour l'action agricole; deuxièmement, aider les Etats Membres concernés à élaborer et à appliquer des mesures particulières; et troisièmement, faciliter la recherche de données servant à compléter les mesures existantes ou à en élaborer de nouvelles.

Guidelines for Agricultural Countermeasures Following an Accidental Release of Radionuclides (Collection Rapports techniques de l'AIEA n° 363, 1994). L'accident de Tchernobyl a beaucoup stimulé la recherche scientifique et ceux qui se sont occupés de ses conséquences ont acquis une grande expérience pratique. Ce rapport technique, préparé par une quarantaine de scientifiques de 19 pays, résume l'information recueillie. Il donne des indications pour l'élaboration de plans d'intervention et propose une stratégie de mise en œuvre de mesures agricoles, accompagnée d'un bref exposé des solutions utiles pour la prise de décisions et de conseils pour l'élaboration de directives nationales spécifiques. (Une traduction en russe est parue sous la cote IAEA-TECDOC-745.)

Pour être efficaces, les mesures de protection du secteur agricole (population, terres, récoltes et cheptel) contre les effets d'un accident nucléaire doivent être planifiées d'avance. Ce rapport technique expose les grandes lignes d'une stratégie pour l'élaboration des plans d'intervention, lesquels devraient spécifier les critères non seulement d'une action rapide à court terme, mais aussi de mesures à long terme très utiles pour entretenir la confiance du public dans la compétence et l'intégrité des autorités.

Il précise que l'élaboration des mesures doit se faire en deux temps. Dans un premier temps, une évaluation générale des mesures de protection éventuelles à partir d'une série de scénarios d'acci-



Dans le sud du Bélarus, dont certains secteurs ont été touchés par les retombées radioactives de l'accident, les petits fermiers prennent des mesures pour réduire les niveaux de contamination du lait, de la viande et autres denrées. Ils sont assistés par des projets financés par le Gouvernement norvégien et par le programme FAO/AIEA. Sur les photos: petite ferme typique de la région; appareils pour confectionner les boulettes alimentaires au «bleu de Prusse» servant à réduire la contamination des vaches par le radio-césium; et spécialistes mesurant la radioactivité gamma du bétail nourri avec ces boulettes. (Photos: Richards/AIEA)



**Niveaux indicatifs de contamination des aliments
par des radionucléides à la suite d'un accident nucléaire,
applicables au commerce international**

Facteur de dose par unité d'absorption	Principaux radionucléides	Concentration (Bq/kg)
Alimentation générale		
10 ⁻⁶	Américium 241, Plutonium 239	10
10 ⁻⁷	Strontium 90	100
10 ⁻⁸	Iode 131, Césium 134, Césium 137	1 000
Lait et aliments pour nourissons		
10 ⁻⁵	Américium 241, Plutonium 239	1
10 ⁻⁷	Iode 131, Strontium 90	100
10 ⁻⁸	Césium 134, Césium 137	1 000

Note: Ces valeurs ne sont applicables qu'aux radionucléides qui contaminent des aliments du commerce international après un accident, abstraction faite des radionucléides naturels, toujours présents dans l'alimentation. Les niveaux recommandés par le Codex Alimentarius demeurent applicables pendant un an après un accident nucléaire. On entend par accident un événement impliquant le rejet non contrôlé dans l'environnement de radionucléides qui contaminent les denrées alimentaires offertes sur le marché international.

dent crédibles permet d'élaborer les critères pour une action immédiate et de courte durée après l'accident. Une base de données renseigne sur les transferts des radio-isotopes du césium et du strontium entre les sols, les eaux, les plantes, les animaux et les poissons de la région (ces isotopes poseront très probablement des problèmes plus que transitoires à l'agriculture), sur les sols, la météorologie, les préférences alimentaires locales, et sur certaines mesures praticables et leur coût probable. Il faut savoir aussi à quels laboratoires s'adresser pour l'analyse des radionucléides. Le second temps vient après l'accident. La banque de données doit fournir des informations précises sur sa nature et ses conséquences probables. Le choix de mesures spécifiques dépendra souvent de facteurs sociaux et de l'infrastructure de la région.

Le rapport présente ensuite quelques mesures, avec appréciation de leur efficacité, relatives aux effets sanitaires à long terme sur la population. L'impact plus immédiat de la radioexposition sur la faune et la flore n'est pas abordé directement.

Certaines mesures sont applicables avant et pendant le dépôt des retombées: mettre les animaux à l'abri et protéger les magasins de vivres et, si l'on

est prévenu à temps avant les retombées, rentrer le foin, les céréales ou les récoltes de rapport.

Pendant les premières semaines après le dépôt, les mesures visent à réduire l'exposition aux radionucléides de courte période, tel l'iode 131: récolter et engranger, ou retarder l'opération, pour laisser décroître la radioactivité avant la consommation, et convertir le lait contaminé en produits durables (poudre de lait et fromage).

Les végétaux absorbent les minéraux en fonction de l'abondance relative totale de leurs ions respectifs. Lorsque la contamination s'est diffusée dans la biosphère, des mesures plus développées tiennent compte du transfert des radionucléides du sol à la chaîne alimentaire: épandre des engrais potassiques en grandes quantités pour réduire l'absorption du radiocésium, et chauler pour augmenter la teneur en calcium et réduire l'absorption du radiostromium; recourir à des cultures ou des variétés de remplacement qui accumulent moins de radionucléides et substituer notamment les céréales aux légumes à feuilles et aux pâturages; cultiver la betterave à sucre et le colza dont le produit comestible résulte d'un traitement qui réduit la contamination; pour maintenir l'activité agricole là où c'est possible, envisager des cultures non vivrières, comme le lin ou le coton pour leur fibre, le colza pour les lubrifiants et les biocombustibles, et les plantes d'ornement; et, dans les grandes exploitations, procéder à des labours profonds pour enfouir la terre contaminée, à condition de disposer de charrues appropriées.

Pour que la contamination des produits d'origine animale diminue considérablement, il faut donner au bétail des aliments stockés non contaminés ou réduire l'absorption des radionucléides à l'aide du bleu de Prusse (*voir plus loin*), et donner aux animaux de boucherie des aliments non contaminés peu de temps avant l'abattage, puisque la période biologique du radiocésium, par exemple, est de deux à quatre semaines, selon l'espèce. Pour bien faire, il conviendrait de contrôler les animaux sur pied à l'abattoir ou à la ferme pour savoir s'il est nécessaire de les nourrir plus longtemps avec des aliments non contaminés. Quant au gibier, il serait utile de changer la période de chasse là où les animaux ont des régimes alimentaires saisonniers: les champignons et les lichens, susceptibles d'une forte contamination, abondent spécialement en automne, de sorte qu'il ne faudrait pas chasser pendant cette période.

Ce ne sont là que quelques mesures possibles parmi tant d'autres. Or, pour décider d'appliquer ou non telle ou telle d'entre elles, il est indispensable de connaître la nature et l'étendue de la contamination radioactive. Comme l'efficacité requiert une importante infrastructure, le rapport traite de l'organisation dans un long chapitre. Pour terminer, il décrit brièvement les mesures prises par plusieurs pays à la suite de l'accident de Tchernobyl.

Niveau de contamination des herbages (Bq/kg)	Ingestion/jour* (kBq)	Viande		Lait	
		Niveau de césium 137 à l'équilibre (Bq/kg)	Niveau de césium 137 après boulettes (Bq/kg)	Niveau de césium 137 à l'équilibre (Bq/kg)	Niveau de césium 137 après boulettes (Bq/kg)
250	17,5	280	90	112	34
500	36	700	234	280	94
1 000	70	1 400	450	550	186
1 500	105	2 100	700	840	280
2 000	140	2 800	920	1 120	374
3 000	210	4 200	1 400	1 680	560
5 000	350	7 000	3 000	2 800	920
10 000	700	14 000	4 600	5 600	1 860

Comparaison entre les niveaux de contamination des herbages, les niveaux de césium 137 à l'équilibre dans la viande et le lait, et les niveaux de césium 137 dans la viande et le lait après ingestion de boulettes.

* En supposant une consommation quotidienne de 70 kg de fourrages frais par animal.

Assistance à l'intervention dans les régions contaminées

Les mesures nombreuses et variées appliquées au Bélarus, en Russie de l'Ouest et en Ukraine ont permis de réduire très sensiblement les teneurs en radiocésium du lait et de la viande des exploitations de l'Etat et des fermes collectives. Cela dit, nombre de mesures étaient difficilement applicables par les petits fermiers pour des raisons économiques. En 1990, le lait de 50 000 vaches était contaminé au-delà des limites temporaires permises, soit 111 Bq/l au Bélarus et 370 Bq/l en Russie et en Ukraine. Il fallait donc trouver une autre formule, simple, efficace et peu onéreuse.

Une équipe patronnée par le Gouvernement norvégien a mis au point un moyen d'abaisser les niveaux de radiocésium chez les ruminants domestiques et sauvages, fondé sur des préparations au «bleu de Prusse». Le projet est exécuté par l'intermédiaire des Nations Unies, avec la participation de l'Université d'agronomie et de l'Institut de radioprotection de Norvège, de l'Institut de recherche en radiologie agricole de Kiev (Ukraine), de la filiale bélarusse de l'Institut fédéral de radiologie agricole d'Obninsk et de la Queen's University de Belfast (Irlande). Les Laboratoires de l'AIEA de Seibersdorf, la Division mixte FAO/AIEA et la Division de la sûreté nucléaire de l'AIEA ont assuré la coordination et fourni des services d'experts, du matériel et des produits aux principaux établissements homologues des trois pays pour faire des essais dans les villages les plus gravement touchés.

Des expériences concluantes ont été réalisées en 1990-1992 sur plus de 3 000 vaches de 21 communes du Bélarus, 10 000 vaches de 54 communes d'Ukraine et un nombre non précisé de bestiaux dans des villages de Russie. Par la suite, les ministres de l'agriculture concernés ont autorisé l'emploi généralisé du bleu de Prusse pour réduire les teneurs du lait et de la viande en césium 137.

Le terme «bleu de Prusse» désigne collectivement les hexacyanoferrates ferriques; le cyanoferrate ferrique d'ammonium est peut-être le composé le plus communément utilisé pour fixer le césium. Mélangé aux boulettes ou aux pains de sel ou simplement aspergé sur la nourriture, il passe dans le rumen, puis dans l'intestin où il réagit avec le radiocésium pour former un complexe qui s'élimine dans les excréments au lieu de passer dans le sang. Le radiocésium ainsi fixé se retrouve dans les bouses et ne migre que très lentement vers les racines. Selon la dose et le type du composé administré, il est possible de diminuer entre deux et huit fois la teneur en radiocésium du lait et de la viande provenant d'animaux pâturant sur des herbages contaminés, et de réduire considérablement la dose interne au consommateur humain, ce qui permet dans bien des cas d'autoriser les villageois à demeurer dans les zones contaminées, et d'éviter les transferts traumatisants de communautés entières et les frais énormes qui en résultent. Il n'est donc pas surprenant que tant les fermiers que les gouvernements se sont volontiers ralliés à cette solution avantageuse.

En dépit de mesures efficaces prises au niveau des fermes d'Etat et des exploitations collectives, et

Effets des mesures sur les teneurs du lait et de la viande en césium 137

Avantages	Observations
Réduction des doses individuelles	Réduction générale d'environ 60 % (probablement plus de 80 % dans les secteurs où le coefficient de transfert du sol à l'herbe est particulièrement élevé).
Dose collective	Peut-être quelques centaines d'hommes-verts; relativement faible à cause des niveaux temporaires extrêmement bas appliqués dans la CEI. Néanmoins rentable.
Production laitière augmentée	Un complément de 50 millions de litres de lait par an respecterait les niveaux temporaires sans devoir distribuer des fourrages et du lait non contaminés.
Alimentation animale «propre» pour la production de lait	La durée de l'alimentation «propre» serait réduite de 40 à 50 jours, d'où une réduction au cinquième de la superficie des pâturages propres nécessaires.
Sociaux/psychologiques	Quelque 50 000 fermiers reviendraient à leurs pratiques culturelles traditionnelles, retrouvant ainsi le bien-être et la qualité de la vie. Mains d'entre eux que guettait la réinstallation pourront rester chez eux.
Compensation	Le nombre d'individus recevant une compensation pour dépassement du critère annuel diminuerait d'environ 50 %.

Résumé des avantages du bleu de Prusse

de la récolte sur des terres auparavant contaminées de denrées alimentaires ayant des teneurs en radionucléides suffisamment faibles pour être acceptables, le public continue de boudier les produits «propres» de cette provenance. Les autorités du Bélarus et d'Ukraine sont donc pressées d'utiliser ces terres à d'autres fins.

Grâce à son programme commun avec la FAO, le Département de la coopération technique de l'AIEA finance un projet au Bélarus pour étudier la possibilité d'y cultiver des oléagineux, principalement le colza: les premières recherches montrent que l'huile obtenue de certaines variétés cultivées sur des terres contaminées par le radiocésium à raison de 15 à 40 Ci/km² est exempte de ce radionucléide (et de radiostrontium); la contamination se limite aux pailles et aux farines résiduelles. En 1995, les autorités du Bélarus ont fait ensemencer environ 20 000 hectares de terres contaminées avec du colza et se proposent de raffiner l'huile pour obtenir des lubrifiants qu'il faut actuellement importer. Si l'expérience réussit, la superficie ensemencée doublera et même triplera.

L'AIEA aide aussi l'Ukraine à améliorer ses compétences et ses moyens pour mesurer, contrôler et finalement réduire les teneurs des denrées alimentaires en radionucléides. Le programme est centré sur la conserverie laitière d'Ovruch qui traite entre 200 et 500 tonnes de lait par jour, provenant pour la plupart de la région contaminée de Tchernobyl. Les Etats-Unis fournissent un complément de ressources pour mettre à l'épreuve un séparateur magnétique industriel capable de décontaminer le lait liquide.

Acquisition de données. Le programme de coopération technique de l'AIEA aide le Bélarus à se procurer un complément d'information sur la présence et la migration de radionucléides dans les sols, les forêts et les masses d'eau, afin d'évaluer les chances de succès et les délais d'un rétablissement des activités économiques normales dans les régions contaminées.

Exploiter l'expérience acquise

Les calculs du transfert des radionucléides entre les différents compartiments de la biosphère et l'expérience de la lutte contre les effets d'un accident nucléaire concernent essentiellement les régions tempérées, et en premier lieu l'Europe. Toutefois, dans certaines parties du monde, des centrales nucléaires pourraient fort bien contaminer des pays tropicaux en cas d'accident. Un programme de recherche coordonné (PRC) de l'AIEA exécuté par la Division de la sûreté radiologique et de la sûreté des déchets et la Division FAO/AIEA vise à mesurer les facteurs de transfert du radiocésium et du radiostrontium des sols aux principales cultures tropicales et des eaux aux poissons de ces régions. Les résultats aideront à planifier les mesures correctives et à fixer les niveaux admissibles de radionucléides dans les effluents industriels sous les tropiques. Un autre PRC est prévu pour déterminer l'efficacité en milieu tropical des mesures qui ont donné de bons résultats en Europe.

L'étude et la mise en œuvre de mesures agricoles devraient tenir davantage compte de la gestion de l'ensemble de l'environnement contaminé, en particulier des forêts et des masses d'eau, vu les interactions entre ces dernières et les terres agricoles. Des données complémentaires sur les facteurs de transfert, ou au moins un réexamen des connaissances actuelles, sont impératives pour disposer de valeurs secondaires de référence, dites «niveaux opérationnels d'intervention», pour la nourriture animale et les pâturages.

Toute une série de mesures permettent de réduire la contamination de la chaîne alimentaire par le radiocésium. En revanche, il faut encore beaucoup



étudier la contamination par le radiostrontium, tant au laboratoire que sur le terrain, pour améliorer la situation. Par exemple, plusieurs substances ont été proposées pour l'absorption/adsorption sélective du strontium dans les denrées alimentaires, mais les données sont encore insuffisantes pour en recommander une à coup sûr. D'autres solutions, telles que filtres et séparateurs magnétiques pour les liquides, existent sur le marché, mais elles n'ont pas été éprouvées de façon systématique dans les conditions qui règnent dans les zones contaminées.

L'accident de Tchernobyl a révélé la nécessité, pour chaque pays, d'élaborer des mesures agricoles immédiatement applicables en cas d'accident nucléaire, et l'on a beaucoup appris sur l'utilité des nombreuses mesures mises en œuvre et sur l'infrastructure qu'elles exigent. Encore faut-il s'assurer que ces enseignements portent leurs fruits. Cela est particulièrement important pour les régions tropicales, vu que nous avons acquis l'essentiel de notre expérience dans des climats tempérés.

Au Bélarus, un projet de coopération technique de l'Agence étudie l'emploi du colza (à l'arrière-plan) comme culture de remplacement dans certains secteurs contaminés.

(Photo: Richards/AIEA)