

EVALUATION DE LA FAISABILITE DES MESURES DE PROTECTION ASSOCIEES A UN ACCIDENT DE TRANSPORT AERIEN DE PLUTONIUM

F. RANCILLAC*, P. PAGES*, J. LOMBARD** et Ph. HUBERT**.

*CEPN - BP n°48, 92263 Fontenay Aux Roses Cedex, France,

**CEA - BP n°6, 92265 Fontenay Aux Roses Cedex, France.

ASSESSMENT OF THE FEASIBILITY OF COUNTERMEASURES ASSOCIATED WITH THE RELEASE OF PLUTONIUM AFTER AN AIRCRAFT ACCIDENT.

SUMMARY

The air transport of radioactive materials has a very low accident risk (1000 times lower per kilometer than road) but potentially severe consequences. It is necessary to use reinforced packages. This communication examines the consequences of a severe accident to see what quantities released could be acceptably controlled. The example here is PuO₂ from reprocessed PWR fuel. Several criteria are taken into account (stochastic and non-stochastic effects, evacuation, decontamination). A value between 10 and 100 g of PuO₂ is the maximum limit for a "manageable" release. If a package has a capacity for greater quantities, more resistant packaging should be considered. The IAEA regulation is being modified ; the maximum considered quantity per package will be in the order of 20 g.

I INTRODUCTION

Le transport aérien des matières radioactives est l'objet d'un examen depuis cinq ans par l'Agence Internationale de l'Energie Atomique. La France a contribué à ce travail par la réalisation d'une étude [1] visant à savoir à partir de quelle quantité transportée un colis devrait répondre à des contraintes plus strictes que celles qui sont requises aujourd'hui. Le travail a consisté à passer en revue les divers types de conséquences d'un rejet et à juger à partir de quand la situation cessait d'être maîtrisable. Le produit étudié était le mélange d'oxyde de plutonium de retraitement.

II EVALUATION DES EFFETS SANITAIRES. L'IMPACT LIE A UN REJET ACCIDENTEL DE PuO₂

Partant d'un terme source lié à la défaillance mécanique ou thermique du colis, un modèle de diffusion atmosphérique a été utilisé pour évaluer l'impact sanitaire d'un rejet de PuO₂ suite à un accident d'avion. L'impact lié au passage de la bouffée initiale, et celui lié à la fraction déposée au sol ont été estimés séparément.

L'oxyde de plutonium considéré correspond au mélange isotopique issu du retraitement (combustible PWR irradié à 33 GWj/t, puis stocké 3 ans). Un pseudo "seuil de mortalité" doit être associé aux effets stochastiques dus à une incorporation de PuO₂ : 0,05 mg inhalé pour une poudre de 1 µm de diamètre ou 0,25 mg inhalé pour une poudre de 10 µm. L'équivalent de dose efficace engagé sur 50 ans est alors de 100 Sv; le dépassement de cette dose conduirait selon la CIPR [2] à une probabilité de décès par cancer radio-induit dépassant l'unité.

L'analyse des effets aigus lié à l'inhalation du plutonium a montré qu'ils ne se produisaient que pour des quantités inhalées supérieures au seuil précédemment indiqué, à savoir (pour une poudre de 1 µm de diamètre) :

1,8 mg inhalé : œdème pulmonaire en 1 mois

0,25 mg inhalé : fibrose entre 1 et 5 ans [3].

Ces quantités inhalées correspondent à des engagements de doses efficaces sur 50 ans de respectivement 3000 et 500 Sv.

Ces valeurs extrapolées de l'animal sont évidemment à considérer avec prudence. Pour fixer un ordre de grandeur, le seuil correspondant à l'apparition de fibroses a été retenu, ceci pour le passage de la bouffée atmosphérique. En supposant une densité de population autour de l'accident de 100 habitants par km² (valeur moyenne en France), on obtient alors les résultats indiqués sur le **tableau 1**. 1 kg de PuO₂ rejeté pourrait provoquer 5 fibroses pulmonaires.

Tableau 1 : Nombre de personnes susceptibles de présenter un effet aigu (fibrose pulmonaire) lors du passage de la bouffée initiale pour des conditions de diffusion normales et faibles (poudre de 1µm).

Quantité rejetée (g)	Diffusion faible (vent=1m/s)			Diffusion normale (vent=1m/s)		
	Distance (m)	Surface (m ²)	Nombre de personnes	Distance (m)	Surface (m ²)	Nombre de personnes
10	25	210	ε	13	70	ε
50	73	1610	0,2	34	400	ε
100	115	3790	0,4	50	860	0,1
500	300	24400	2,4	130	4950	0,5
1000	430	50400	5	190	10500	1

Le délai de passage de la bouffée initiale est très bref. Ainsi, pour une vitesse de vent faible (1 m.s⁻¹) et un rejet de 100 g, les personnes exposées entre 50 et 500 mSv seraient touchées une demi-heure à une heure après l'accident, délai trop bref pour qu'une quelconque mesure puisse être prise, même le confinement.

Le risque d'inhalation lié à la bouffée initiale est le risque prépondérant, mais celui lié à la remise en suspension n'est pas négligeable pour un résident de la zone contaminée. Le risque d'ingestion lié à la contamination de la chaîne alimentaire reste faible au regard des deux précédents. Les hypothèses de calcul pour la contamination des aliments sont : une contamination du sol (0,37 10⁶ Bq.m⁻²), d'où proviendrait l'ensemble des aliments ingérés par une personne en une année.

La contamination du sol liée au dépôt a été estimée par le programme Batex [4]. Pour une vitesse de dépôt sec de 1 cm.s⁻¹ et en l'absence de pluie, une quantité rejetée de 1 kg impliquerait une contamination du sol de 3,7 10⁶ Bq.m⁻² sur 8 km² ; de 0,37 10⁶ Bq.m⁻² sur 40 km² ; ... Le taux de remise en suspension retenu pour cette étude est celui estimé par le NRPB et repris par l'AIEA, soit 10⁻⁶ m⁻¹. Le **tableau 2** compare l'impact de chaque voie de transfert en prenant comme indicateur la surface à l'intérieur de laquelle les habitants auraient une dose d'au moins 50 mSv. Ainsi, pour une

densité de 100 hab.km⁻² et un rejet de 100 g, 700 personnes recevraient un engagement efficace de dose sur 50 ans supérieur à 50 mSv, dose uniquement liée au passage de la bouffée initiale. La remise en suspension seule n'impliquerait que 250 personnes à des doses supérieures à 50 mSv et la contamination par la chaîne alimentaire ne toucherait que 6 personnes à de telles doses.

Tableau 2 : Surfaces exposées à plus de 50 mSv pour chacune des voies de transfert, en fonction de la quantité rejetée.

Quantité rejetée (g)	Surface (km ²) exposée à une dose ≥ 50 mSv liée à :		
	bouffée initiale	chaîne alimentaire	remise en suspension
1	0,1	ε	ε
10	1	ε	0,3
100	7	0,06	2,5
1000	40	0,55	15

III LES MESURES DE PROTECTION

Le but des mesures de protection est de réduire les doses à la population. Certaines sont à court terme (évacuation, confinement, informations, ou conseils à la population). D'autres mesures à plus long terme visent la réhabilitation des sols (décapage, nettoyage, fixation des produits radioactifs, stockage,...). Pour la bouffée initiale, des mesures sont peu plausibles car il n'y a pas de délais d'alerte. Au vu des effets liés à la remise en suspension du PuO₂, des seuils de concentration ont été établis sur la base de la CIPR 40 [5] et du retour d'expérience d'accidents passés (comme celui de Palomarès). Les valeurs ci-dessous correspondent au centre de la fourchette recommandée par la CIPR (50 à 500 mSv pour l'évacuation). Le but de cette étude est en effet, non pas de définir une politique d'intervention, mais d'examiner l'ordre de grandeur des difficultés logistiques.

Pour la population :

- Evacuation au-delà de 7,4 10⁶ Bq.m⁻² (300mSv.an⁻¹)
- Confinement au-delà de 0,74 10⁶ Bq.m⁻² (30mSv.an⁻¹)
- Conseils à la population au-delà de 0,74 10⁴ Bq.m⁻²
- Rien en-deçà de 0,74 10⁴ Bq.m⁻² (0,3mSv.an⁻¹)

Pour l'environnement :

- Fixation et décapage au-delà de 0,74 10⁶ Bq.m⁻²
- Labour profond au-delà de 0,074 10⁶ Bq.m⁻²
- Rien en deçà de 0,074 10⁶ Bq.m⁻² (3mSv.an⁻¹)

L'application de ces mesures de protection entraîne des coûts, des doses aux intervenants, des quantités de déchets, ... Le **tableau 3** indique en fonction de la quantité rejetée, les surfaces atteintes et le volume des déchets associés. 1 kg de PuO₂ rejeté impliquerait 1,5 10⁶ m³ de déchets. Pour information, la capacité du site de stockage de Soulaines (France) est de 10⁶ m³.

Tableau 3 : Impacts liés à la restauration des sols.

Quantité relâchée dans l'atmosphère	Surface à décaper (5 cm d'épaisseur à retirer) km ²	Surface à traiter (lavage, épandage de produit piégeant le Pu) km ²	Volume de déchets (associés au décapage) m ³
1 g	0,06	0,5	3 10 ³
10 g	0,5	4,5	2,5 10 ⁴
100 g	4,5	25	2,5 10 ⁵
1000 g	25	90	1,5 10 ⁶

IV CONCLUSION

Afin d'augmenter l'efficacité de la mise en place des mesures de protection il serait utile d'effectuer un suivi particulier de l'avion en cours de vol pour augmenter la rapidité d'intervention en cas d'accident.

Le réalisme du recours à des mesures de protection dépend étroitement de la quantité rejetée. Les effets aigus pour un rejet 1000 g resteraient limités. Des dépassements de dose de 0,5 Sv pourraient s'observer à partir d'un rejet de 1 g; pour 100 g plusieurs dizaines de personnes pourraient être concernées. Des évacuations de population pourraient avoir lieu à partir d'un rejet de 100 g, elles concerneraient alors une surface de l'ordre du km² ce qui semble encore gérable. La réhabilitation des sols pourrait demander quelques jours à quelques semaines pour un rejet de 10 g. A partir de 100 g de rejet, malgré un impact sanitaire limité, le volume des déchets est difficilement acceptable.

Compte tenu de ces valeurs, les résultats de l'étude montrent qu'un rejet maximal de 10 à 100g de PuO₂ apparaît comme gérable en zone rurale et juste tolérable en zone urbaine dans la mesure où les capacités logistiques risqueraient d'être saturées. A ce jour, l'AIEA a établi un projet de réglementation [6], le seuil retenu pour les colis renforcés (colis "C") a été fixé en termes génériques à une valeur qui correspond à une vingtaine de grammes de ce mélange.

REFERENCES

- [1] J. LOMBARD, P. HUBERT, P. PAGES : Analyse des événements consécutifs à un accident de transport aérien d'oxyde de plutonium. Rapport CEPN n°135, Paris 1988.
- [2] CIPR 30 : Limits for intakes of radionuclides by workers. Annals of the ICRP, Vol.2, n°3/4, Pergamon Press, 1979.
- [3] H. METIVIER : Aspects actuels du devenir biologique et de la toxicité du plutonium. In Journées d'études plutonium et radioprotection, Saclay, SFRP, juin 1983, pp. 21-39.
- [4] J.P. DEGRANGE, P. HUBERT, P. PAGES : BATEX, Guide de l'utilisateur version 1.2. Rapport CEPN n°117, juin 1987.
- [5] CIPR 40 : Protection of the public in the event of major radiation accidents: principles for planning. Annals of the ICRP, Vol.14, n°2, Pergamon Press, 1984.
- [6] F.W. COLLIN : "Mode-Related Aspects of the regulations for the safe transport of radioactive material". TC-675, (Report of the chairman, Mtg. Vienna, May 1990), IAEA, Vienna 1990.