

FR 8900521

CEA-BIB-244

CEA-BIB-244

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

C20

L'ENIGME DE KYSHTYM
NATURE POSSIBLE DE L'ACCIDENT

par

Pierre BALLEREAU

Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel

Bibliographie CEA-BIB-244

1988

SERVICE DE DOCUMENTATION

C.E.N. - SACLAY 91191 GIF-sur-YVETTE Cedex FRANCE

CLASSIFICATION DES RAPPORTS, NOTES ET BIBLIOGRAPHIES CEA

(Classification du système international de documentation nucléaire INIS
de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique)

A 11	Physique théorique générale et physique mathématique	C 50	Santé, radioprotection et environnement
A 12	Physique atomique et physique moléculaire	C 60	Radiologie et médecine nucléaire
A 13	Physique de l'état solide et physique des fluides		
A 14	Physique des plasmas et réactions thermonucléaires	D 10	Isotopes et sources de rayonnements
A 15	Astrophysique et cosmologie, rayonnement cosmique	D 20	Applications des isotopes et des rayonnements
A 16	Conversion directe d'énergie		
A 17	Physique des basses températures et cryogénie	E 11	Thermodynamique et écoulement des fluides
A 20	Physique des hautes énergies	E 13	Structures mécaniques et équipements
A 30	Physique neutronique et physique nucléaire	E 14	Explosions nucléaires
		E 15	Manutention des matériaux radioactifs
B 11	Analyse chimique et isotopique	E 16	Accélérateurs
B 12	Chimie minérale, chimie organique et chimie-physique	E 17	Essais des matériaux
B 13	Radiochimie et chimie nucléaire	E 20	Réacteurs à fission (généralités)
B 14	Chimie des rayonnements	E 30	Types spécifiques de réacteurs à fission et centrales associées
B 16	Combustibles nucléaires	E 40	Instrumentation
B 22	Métaux et alliages	E 50	Gestion des déchets
B 23	Céramiques et cermets		
B 24	Autres matériaux	F 10	Sociologie et sciences économiques
B 30	Sciences de la terre	F 20	Droit
C 10	Tous les effets et aspects variés de l'irradiation externe en biologie	F 30	Documentation nucléaire
C 20	Effets et cinétique des radioisotopes	F 40	Garanties nucléaires et contrôle de vérification
C 40	Sciences de la vie appliquées	F 50	Méthodes mathématiques et codes pour ordinateur
		F 60	Divers

Bibliographie CEA-BIB-244

Cote-matière de cette bibliographie : C20

MOTS CLEFS (extraits du thesaurus INIS)

en français

ACCIDENTS DUS AUX RAYONNEMENTS
OURAL
URSS
STOCKAGE DES DECHETS RADIOACTIFS
CUVES
DECHETS FORTEMENT RADIOACTIFS
EXPLOSIONS CHIMIQUES
NITRATES D'AMMONIUM
STRONTIUM 90
CESIUM 137
AEROSOLS RADIOACTIFS
DEPOTS PAR RETOMBEEES
ECOSYSTEMES AQUATIQUES
ECOSYSTEMES TERRESTRES
MIGRATION DES RADIONUCLEIDES
CONCENTRATION RADIOECOLOGIQUE

en anglais

RADIATION ACCIDENTS
URALS
USSR
RADIOACTIVE WASTE STORAGE
TANKS
HIGH LEVEL RADIOACTIVE WASTES
CHEMICAL EXPLOSIONS
AMMONIUM NITRATES
STRONTIUM 90
CESIUM 137
RADIOACTIVE AEROSOLS
FALLOUT DEPOSITS
AQUATIC ECOSYSTEMS
TERRESTRIAL ECOSYSTEMS
RADIONUCLIDE MIGRATION
RADIOECOLOGICAL CONCENTRATION

- Bibliographie CEA-BIB-244 -

Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel
Service de Protection contre les Rayonnements

L'ENIGME DE KYSHTYM
NATURE POSSIBLE DE L'ACCIDENT

par

Pierre BALLEREAU

- Octobre 1988 -

1 - LE COMPLEXE DE KYSHTYM -

KYSHTYM est située dans la zone industrielle des monts Ourals par 54°42'N et 60°34'E (figure 1). A 15 km de la ville un complexe nucléaire militaire "Chelyabinsk 40¹¹" a été implanté sur la rive sud du lac Kyzyltash (voir la figure). C'est sur ce site qu'ont été construits les 3 premiers réacteurs soviétiques produisant du plutonium. Du type uranium métal-graphite, ils étaient comme ceux de Hanford, USA, refroidis par de l'eau en cycle ouvert ; celle-ci était pompée dans le lac Kyzyltash puis déversée dans un lac artificiel après circulation dans le coeur des réacteurs. Le complexe a dû démarrer en 1948-1949 et fonctionner en plein en 1952. Le trop plein du lac se déversait dans la rivière Técha (bassin de l'Ob) d'où une première source de contamination : la basse vallée de ce cours d'eau. Le plutonium était extrait par dissolution des cartouches de U irradié dans l'acide nitrique. Les gaz dégagés, NO₂, I₂, Xe, étaient évacués par une cheminée de 150 m de haut, ce qui sous le climat très humide de la région (63 à 82% d'humidité relative selon la saison) constituait une source de pollution chimique (pluies acides). Les déchets radioactifs liquides étaient fort probablement déversés directement au fond d'un lac asséché à 5 km au S.E du complexe après vraisemblablement extraction du césium 137 [1, 2].

2 - SOURCES D'INFORMATION -

Jusqu'à maintenant les autorités soviétiques ont gardé un mutisme total. Cependant dès 1958 des rumeurs ont fait état d'une catastrophe nucléaire en URSS : retombées importantes à la suite de l'essai d'un engin (New York Times 14 Avril 1958), accident sérieux dans une installation atomique (Journal autrichien en 1959), possibilité de l'accident de dimensionnement sur un réacteur (Review of nuclear accidents) [1].

En 1976, dans "New Scientist", un dissident soviétique, le généticien Z. MEDVEDEV, en se basant sur les publications radioécologiques russes non classées, (recherches sur le terrain) concluait à l'existence d'une vaste zone contaminée de plusieurs milliers de km² à l'est de Kyshtym. La contamination aurait été due à une explosion dans des déchets

enfouis qui aurait fait plusieurs milliers de victimes [2]. En 1979 des chercheurs de Oak Ridge National Laboratory, après avoir examiné 147 articles radioécologistes soviétiques, en déduisaient l'existence d'une vaste zone contaminée dans les Monts Ourals du sud [3,4]. Un émigré soviétique en Israël, L. TUMERMAN, dans des lettres au "Jerusalem Post" et au "Times", précisait qu'en 1960 il avait traversé par autoroute, près de Svendborsk, une zone morte, sans activités humaines, aux villages rasés d'où la population avait été évacuée. D'après les informations recueillies auprès des habitants de la ville, ceci provenait des retombées consécutives à une explosion nucléaire survenue dans une installation militaire près de Kyshtym [1]. Un ancien résident de Chelyabynsk Oblast a fait état d'une "explosion terrifiante" ayant eu lieu en avril 1960 sur le complexe et ayant nécessité le traitement de nombreuses victimes dans les hôpitaux de la région. Ces informations ont été confirmées par les rapports de la C.I.A. souvent secrets d'où des bruits divers : 3 accidents entre 1958 et 1976, essai atmosphérique d'un engin sur un village factice mais avec retombées imprévues [5].

On peut enfin signaler que selon des rumeurs que mentionne la référence [1], dès 1953 ou 1954, le mal des rayonnements est apparu dans la population et le bétail vivant dans la vallée de la Técha (contamination eau de la rivière).

Trois autres informations ont confirmé la présence d'une zone fortement contaminée autour de Kyshtym [1, 3] :

- il existe dans la région un terrain d'environ 40 km² pour la formation de spécialistes, en guerre radiologique, chimique, biologique dont le centre est d'accès interdit (panneaux Radioactivité Danger de mort) ;
- la comparaison des cartes au 1 / 250.000 d'avant 1954 et d'après 1974 révèle la disparition de 30 noms de localités de population < 2000 habitants et de 5 noms de villes de ≥ 2000 habitants dans une zone en L (figures 1 et 2) ;

- le système de drainage de la Técha a été modifié : canaux à partir des lacs Irtyash et Kyzytasch et creusement de 3 bassins de rétention (figure 3).

L'analyse des sources d'information permet, compte tenu du caractère fantaisiste de certaines d'entre elles, de fixer la date de l'événement à fin 1957 - début 1958.

3 - NATURE DE L'ACCIDENT -

3.1 - Radioisotopes contaminants -

D'après la référence [6] au moment de la contamination, les teneurs en ^{144}Ce étaient d'un ordre de grandeur supérieures à celles du ^{90}Sr et du ^{106}Ru , elles mêmes approximativement égales. Au cours des études radioécologiques subséquentes seul le ^{90}Sr de vie suffisamment longue est resté en quantités significatives : 7,4 à 125,8 $\text{MBq}\cdot\text{m}^{-2}$ de sol et qui étaient donc beaucoup plus élevées que le bruit de fond dû aux retombées globales ($37 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$) [3].

D'après la figure 4, la répartition est erratique [3]. Plus de 25 km^2 auraient été contaminés à plus de $37 \text{ MBq}\cdot\text{m}^{-2}$ et 2 lacs l'auraient été en moyenne à $29 \text{ MBq}\cdot\text{m}^{-2}$ (7). Par contre, les teneurs en ^{137}Cs étaient très faibles 0.15 à $0.26 \text{ MBq}\cdot\text{m}^{-2}$ soit un rapport $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{CS} = 100$ [8]. Cette valeur est très supérieure à celles observées pour les déchets non traités (1), pour les retombées globales (0,67) [9] et pour les 55 cm superficiels des sols de l'atoll de Enewetak (1 à 14,6, moyenne 3,85) en 1972, soit 14 ans après la fin des essais nucléaires de surface [54] ^{137}Cs a donc dû être séparé. D'après le tableau 1 5 mécanismes sont possibles mais 2 seulement peuvent être retenus, le 2ème étant le plus probable :

- au cours de l'extraction de ^{137}Cs en vue de son emploi ultérieur comme source radioactive, on aurait eu fuite de la phase liquide contenant ce radioisotope puis autoéchauffement et volatilisation du précipité retenant le ^{90}Sr ,
- accident sur les déchets provenant de ce traitement.

Un point intéressant est que les concentrations résiduelles en ^{90}Sr dans les sols et sédiments de Bikini (59 Essais nucléaires aériens) et Enewetak (47 essais) sont inférieures à ≥ 2 ordres de grandeur à celles de la zone ci-dessus [15 - 18].

3.2 - Origine de la contamination -

D'après D.M. SORAN et D.B. STILMAN (1) et C. NORMAN (19), la contamination de la zone de Kyshtym aurait eu 3 origines :

- la rivière Técha qui servait de déversoir au lac où l'eau de refroidissement des piles génératrices du Pu était rejetée ;
- des pluies acides dues à la cheminée de rejet des effluents gazeux de l'installation d'extraction du Pu ;
- la dispersion accidentelle de grandes quantités de substances radioactives sur des milliers d'hectares.

D'après F.L. PARKER [20] les pluies acides ont été de plusieurs ordres de grandeur trop faibles pour entraîner les dommages écologiques observés ; le complexe fonctionnait vraisemblablement en discontinu et la quantité d'acide nitrique rejetée dans l'atmosphère était trop faible. Par contre, la pollution des eaux de la Técha aurait été suffisante pour nécessiter l'évacuation de 10.000 personnes environ après apparition du mal des rayonnements [1,21].

L'hypothèse la plus vraisemblable est la pollution de l'écosystème terrestre et aquatique par les retombées consécutives à la dispersion de grandes quantités de substances radioactives dans l'atmosphère mais la combinaison de cet événement avec d'autres causes : fuites de liquide radioactif dans le bassin de la Técha, rejets incontrôlés dans celui-ci etc... n'est pas à exclure. L'importance du terme source a donné lieu à des estimations variables : P. BACHER (34) estime que 10800 Ci ou 400 TBq* de produits de fission ont été relâchés alors que J. TRABALKA et al [4] émettent l'hypothèse d'un rejet dans l'atmosphère qui pour le ^{90}Sr seul serait de 1 MCi ou 37 PBq* en cas de dispersion atmosphérique et de 0,1 MCi ou 3,7 PBq* pour un accident mixte (dispersion atmosphérique et fuite de liquide dans le système hydrographique).

* 1 TBq = 10^{12} Bq 1 PBq = 10^{15} Bq

3.3 - Nature de l'accident -

La contamination de l'environnement a dû provenir dans sa quasitotalité d'une dispersion accidentelle de radioisotopes, la contribution de rejets imprudents de routine, si elle a existé, étant peu significative. Le tableau 2 présente les diverses hypothèses qui peuvent expliquer l'événement ; pour chacune d'entre elles il donne les arguments pour et les objections contre. Il permet d'aboutir aux conclusions suivantes sur la cause probable de l'accident.

Des retombées locales à la suite d'un essai nucléaire méga-tonique en Nouvelle Zemble, la dispersion par le vent de poussières après assèchement d'un lac de rejet, la détonation accidentelle d'un petit engin nucléaire et une explosion de solvants dans une installation de retraitement sont à exclure

4 autres causes potentielles de l'accident ne peuvent être sérieusement prises en considération. La dispersion de produits de fission à la suite d'une excursion critique soit dans l'installation, soit dans du sol contenant des déchets est très peu probable, compte tenu notamment du phénomène d'Oklo dans le 2ème cas. L'expérience acquise tant à Windscale (fusion partielle du combustible) qu'à Tchernobyl (explosion du réacteur à la suite d'un excès de réactivité) rend très peu plausible un accident de dimensionnement sur un réacteur nucléaire. Une explosion dans une installation d'extraction du ^{137}Cs est très peu vraisemblable. Enfin l'accumulation de vapeur d'eau ou une explosion d'hydrogène ne devraient pas entraîner une surpression suffisante pour amener la désintégration d'un réservoir pour stockage de déchets radioactifs.

L'hypothèse la plus vraisemblable est une explosion dans un réservoir de déchets séchés de haute activité d'où le ^{137}Cs avait été extrait. Le phénomène aurait été dû à la présence de quantités significatives de nitrate d'ammonium dans ces déchets et à une panne survenue dans le système de refroidissement de l'installation. Cependant deux

$$* 1 \text{ PBq} = 10^{15} \text{ Bq}$$

autres mécanismes peuvent aussi être retenus :

- réaction violente entre nitrates et solvants organiques à la suite d'une fuite de liquide dans un réservoir de stockage de déchets ;
- explosion dans une formation géologique poreuse où des déchets radioactifs avaient été injectés avec ouverture d'une fissure du type de celle observée lors des échappées du tir souterrain Banneberry [53].

Enfin, comme le pense J.R. TRABALKA (4), une situation correspondant à des accidents multiples, à une combinaison accidents-rejets de routine et à un événement complexe ne peut être prise sérieusement en considération et certaines hypothèses farfelues basées sur des "révélations" du CIA ne sont pas à retenir. Il en est de même des chiffres fantaisistes de MEDVEDEV [2] sur le nombre des victimes sans doute voisin de celui de Tchernobyl.

4 - CONCLUSIONS -

Bien qu'il ne soit connu que par des sources d'informations indirectes (Dissidents soviétiques, CIA) l'accident de Kyshtym peut être considéré comme un événement réel. Ceci est confirmé par les faits suivants :

- vaste campagne soviétique d'études sur la radioécologie du ^{90}Sr ;
- travaux de génie et d'hydraulique dans la vallée de la Técha ;
- disparition sur les cartes les plus récentes de certaines localités de la zone présumée sinistrée ;
- observations faites un an après l'accident de Tchernobyl : terres non cultivées, ouvrages hydrauliques, zones interdites [55], villages qui ne seront jamais repeuplés [56] ;
- réussite totale de l'évacuation des populations proches de Tchernobyl, ce qui laisse supposer que les soviétiques disposaient d'une solide expérience en la matière.

La contamination de l'environnement (0,1 à 1 MCi ou 3,7 à 37 PBq) est due dans sa quasi totalité à une dispersion accidentelle de radioéléments, celle des rejets de routine d'effluents gazeux et liquides n'ayant eu (si elle a existé) qu'une faible contribution. La cause la plus vraisemblable de l'accident est une explosion dans un réservoir de stockage contenant un mélange sec de nitrate d'ammonium et de déchets fortement actifs d'où le ^{137}Cs avait été extrait. Cependant deux autres origines ne sauraient être exclues :

- réaction violente entre nitrates et solvants organiques à la suite d'une fuite de liquide dans un réservoir de stockage ;
- fissure après surchauffe ou explosion dans une formation géologique poreuse contenant des déchets de haute activité .

Il est à regretter que les soviétiques n'aient pas eu une politique aussi franche que lors de l'accident de Tchernobyl car les enseignements tirés du désastre de Kyshtym auraient constitué une source précieuse d'informations notamment sur les points suivants : radioprotection des populations, possibilité de remise en état et restauration des sites contaminés.

REFERENCES -

- [1] SORAN D.M., STILLMAN D.B.
An Analysis of the alleged Kyshtym disaster, LA 9217 MS, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, New Mexico, January 1982, 28 pages.
- [2] MEDVEDEV Z.A.
Facts behind the Soviet Nuclear accident, New Scientist 1977, 74, 30 june 1977, p. 761-764.
- [3] TRABALKA J.R., EYMAN L.D., AUERBACH S.I.
Analysis of the 1957 - 1958 Soviet nuclear accident, Science, 1980, 209, p. 345-353 (119 références).
- [4] TRABALBA J.R., EYMAN L.D., AUERBACH S.I.
Analysis of the 1957 - 1958 Soviet nuclear accident, ORNL 5613, Environmental Sciences Division, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN, July 12 1979, 70 p (147 références).
- [5] Risques nucléaires : la relation mensonge-danger
1) Cosmos 954 2) Tihange : une fuite dans un réacteur
3) Kyshtym. Une formidable bévue soviétique, 10 000 irradiés, des centaines de morts, 13 ans de retard à l'information, Science et Vie, 1978, 726, p. 40-46.
- [6] ROVINSKII F. Ya,
Method for calculating the Radioactive impurity concentration in the water and bottom layer of stagnant reservoirs, Sov. Atomic Energy, 1965, 18, 4, p. 480-485.
- [7] TRABALKA J.R. et Al.
Another Perspective of the 1958 Soviet nuclear accident, Nuclear Safety, 1979, 20, 2, p. 206-210.

- [8] TRABALKA J.R. AUERBACH S.I, EYMAN L.D.
Technical note. The 1957 - 1958 Soviet nuclear accident in the
Urals, Nuclear Safety, 1980, 21, 1, p. 95-99
- [9] Rayonnements Ionisants. Sources et effets biologiques. Comité
des Nations Unies pour l'Etude des Effets des Rayonnements
Ionisants. Rapport à l'Assemblée Générale avec Annexes 1982,
Nations Unies, New York, 767 p, voir p. 217
- [10] GAL I.J., RUVARAK A.
The separation of plutonium from uranium and fission products
on zirconium phosphate columns.
J. Chromatography, 1964, 13, p. 549-555
- [11] MOORE R.L., BURNS R.E.
Fission Products recovery from radioactive effluents
in "Proceedings of the 2 nd United Nations international
Conference on Peaceful uses of atomic energy," Volume 18,
United Nations, Geneva, 1958, p. 231-236.
- [12] Operato Citato Voir Réf. (4) p. 35.
- [13] TOPCHIEV A.V., ALADIEV I.T., SAVITSKY P.S.
Applications of radioisotopes in "Proceedings of the Second
United Nations international conference on Peaceful uses of
atomic energy," Volume 19, United Nations, Geneva 1958
p. 61-75.
- [14] Operato Citato, Ref. (4), p. 35-36
- [15] WEISS H.V.
in "The Shorter term biological hazards of a Fallout field",
US Atomic Energy Commission and US Department of Defense,
Government Printing Office, Washington D.C. 1956, p. 205-210
- [16] Radioactive contaminations of certain areas in the Pacific
Ocean from nuclear tests, US Atomic Energy Commission,
Washington DC, 1957.

- [17] WELANDER A.D.
Distribution of radionuclides in the environment of Enewetak and Bikini atolls in "Proceedings of the second national symposium on Radioecology", D.J. Nelson and F.C. Evans Editors, CONF 670 503, US Atomic Energy Commission, Washington DC, 1969, p. 346-354.
- [18] Enewetak Radiological Survey , NVO 140, Nevada Operation Office, Las Vegas, Nevada, 1973, voir volume 1.
- [19] NORMAN C.
Soviet. Radwaste spill confirmed, Science, 1982, 216, p. 274.
- [20] PARKER L.F.
Letter to the editor. Russian Kyshtym Incident, Nuclear Safety, 1982, 23, 6, p. 700-702.
- [21] NORMAN C.
The Kyshtym mystery (contd) Science, 1983, 221, p. 138.
- [22] STRATON W., STILLMAN D., BARR S., AGNEW A.
Are portions of the Urals really contaminated ?
Science, 1979, 206, p. 423-425.
- [23] POSTOL T.A.
Radioactivity in the Urals, Science, 1980, 208, p. 652.
- [24] DYSON F.J.
Radioactivity in the Urals, Science, 1980, 208, p. 652.
- [25] Mc. CLAIN E.P.
Radioactivity in the Urals, Science, 1980, 208, p. 652 et 654.
- [26] STRATON W.R.
Radioactivity in the Urals, Science, 1980, 208, p. 654-655.

- [27] GUERARD J.
Catalogue des explosions nucléaires (annoncées et présumées)
Chine, France, G.B., Inde, URSS, USA, Document interne au
Centre d'Etudes de Bruyères le Châtel, 1-1-85, Tome I.
- [28] GLASSTONE S. et al.
The Effects of nuclear weapons, US Department of Defense and
US Atomic Energy Commission, Washington DC, April 1962,
voir p. 414 - 438, existe en traduction française "Les effets
des Armes Nucléaires" Traduction de A. PAYEN, Ministère de la
Défense Nationale, 1979, 736 p. p. 9-75 - 9-114.
- [29] CLAYTON E.D.
Anomalies of nuclear criticality, PNL SA 4868, Rev. 5, Pacific
Northwest Laboratories, Richland, Washington, June 1979,
158 p.
- [30] RUFFENACH J.C.
Les Réacteurs Nucléaires naturel d'Oklo. Paramètres neutroni-
ques, Date et durée de fonctionnement, Migration de l'uranium
et des produits de fission, CEA R 5008, Centre d'Etudes Nu-
cléaires de Saclay, September 1979, 381 p.
- [31] MEDVEDEV Z. A.
Two decades of dissidence, New Scientist, 72, 4 November 1976,
p. 264 - 267
- [32] MEDVEDEV Z. A.
Nuclear disaster in Urals, traduction en anglais par G. SAUNDERS,
Norton. New York, 1979, 214 p.
- [33] MEDVEDEV Z.A.
Nuclear Disaster in the Urals, Traduction anglaise de G. SAUNDERS,
Norton , New York 1979, 214 p. ← Référence [32] analysée
par T.A. POSTOL, Science, 1979, 206, p. 326 - 327.

[34]

BACHER P.

Risques d'accidents graves dans les centrales nucléaires EDF, Communication présentée au cours de "Conséquences médicales de l'Accident nucléaire de Tchernobyl", Créteil 14-15 Mai 1987, Société Française de Radioprotection, Fontenay-aux-Roses, 1987, p. 165-92.

[35]

DUNSTER H.F., HOWELLS H., TEMPLETON W.L.

District Surveys following the Windscale incident, october 1957 in "Proceedings of the Second United Nations international conference on the Peaceful uses of atomic energy", Volume 18, United Nations Geneva, 1958, p. 296-308.

[36]

L'accident de la centrale électronucléaire de Tchernobyl et ses conséquences. Recueil d'informations à l'attention des experts de l'AIEA (25 au 29 Août 1986 à Vienne) 1ère partie Document général - Comité d'Etat de l'URSS pour l'Utilisation de l'Energie Atomique, Août 1986, Traduit par le CEN/Saclay, 547 p., voir annexes 4, 5 et 6.

[37]

L'Accident de Tchernobyl. Rapport IPSN 2-86 Révision 3, Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire, Fontenay-aux-Roses, Octobre 1986, 161 pages.

[38]

PARETZKE

Communication présentée au cours de "Conséquences médicales de l'Accident nucléaire de Tchernobyl", Créteil 14-15 Mai 1987, Société Française de Radioprotection, Fontenay-aux-Roses,

[39]

PETROSYANTS A.M.

From Scientific Search to Atomic Industry. Traduction anglaise d'un document soviétique, The Interstate printers and publishers inc, Danville, Illinois, 1975.

- [40] RODGER W.A.
Treatment and processing of radioactive wastes
in "Disposal of Radioactive Wastes", Proceedings of a
Symposium held at Monaco, 16-21 November 1959, STI Pub 18
Vol. 1, Agence Internationale de l'Energie Atomique, Vienne,
Autriche, 1959, 607 p. p - 449-479.
- [41] Operato Citato, Ref. (4), p. 42-45.
- [42] LAMB E., SEAGREN H.E., BEAUCHAMP E.E.
Fission product pilot plant and other developments in the
radioisotope program at the Oak Ridge National Laboratory in
"Proceedings of the Second United Nations international confe-
rence on Peaceful uses of atomic energy", Volume 20, United
Nations, Geneva, 1958, p. 38-44.
- [43] HYDE E.K.,
Radiochemical methods for actinide separation
in "Proceedings of the International conference on Peaceful
uses of atomic energy", Volume 7, United Nations, New York
1956, p. 281-302, p. 325-351 en édition française.
- [44] BREZHNEVA N.E. et Al.
Isolation of radioactive fission elements
in "Proceedings of the Second United Nations international
conference on Peaceful uses of atomic energy", volume 18,
United Nations, Geneva, 1958, p. 219-230.
- [45] FAIRLIE J.N., HITCHMAN A.J.W.
A Report on the effects of the Chemical explosion of December
13 1950 at Chalk River Nuclear Research Laboratories, AECL
1687, Atomic Energy of Canada Ud , Chalk River Ontario,
January 1963, 7 p.
- [46] COOK M.A.
The Science of High explosives, Reinhold Publishing Corporation,
New York, N.Y., 1958.

- [47] GLUECKAUF E. (Editor)
Atomic Energy waste, Interscience Publishers Inc.,
New York, N.Y., 1961.
- [48] BRUCE F.R.
The Origin and nature of radioactive wastes in the United
States Atomic Energy program in "Disposal of Radioactive wastes"
Proceedings of a symposium held at Monaco, 16-21 novembre
1959, STI Pub. 18, Vol. 1, Agence Internationale de
l'Energie Atomique, Vienne, Autriche 1959, p. 3-50.
- [49] MALTSEV E.D., YUDIN F.P., SHAMIN V.S., DOLGIKH P.F.
The thermal factor in the problem of inserting radioactive wastes
into mineral deposits liquid radioactive wastes in deep geological
formations,
Soviet. j . Atomic Energy, 1962, 12, p. 32-36.
- [50] BURNAZYAN A.I. et al, Radiation safety in the USSR
Soviet. j . Atomic Energy, 1971, 31, p. 1158-1163
- [51] MEVDELEV Z.
Winged messengers of disaster , New Scientist, 1977, 76,
p. 352-353.
- [52] HIGGINS G.H.
Artificial and natural radioactivity in nuclear excavation,
UCRL 14191 Rev. 1, Lawrence Livermore National Laboratory,
Livermore CA, July 2 1965, 18 p.
- [53] Activités de radioprotection et surveillance de l'environnement
sur le Polygone d'Essais du Névéda à la suite des échappées
du tir Banneberry, Traduction interne au Service Mixte
de Sûreté Radiologique, Montlhéry.
- [54] Enewetak Radiological Support project, Final report, NVO 213,
B. FRIESEN Editor, Nevada Operation Office Las Vegas, NA,
669 p. voir p. 204-205.

[55_] Le Monde 14-15 Juin 1987, p. 7.

[56_] The TIMES 18/06/87 et AFP 17/06/87.

Manuscrit reçu le 20 septembre 1988



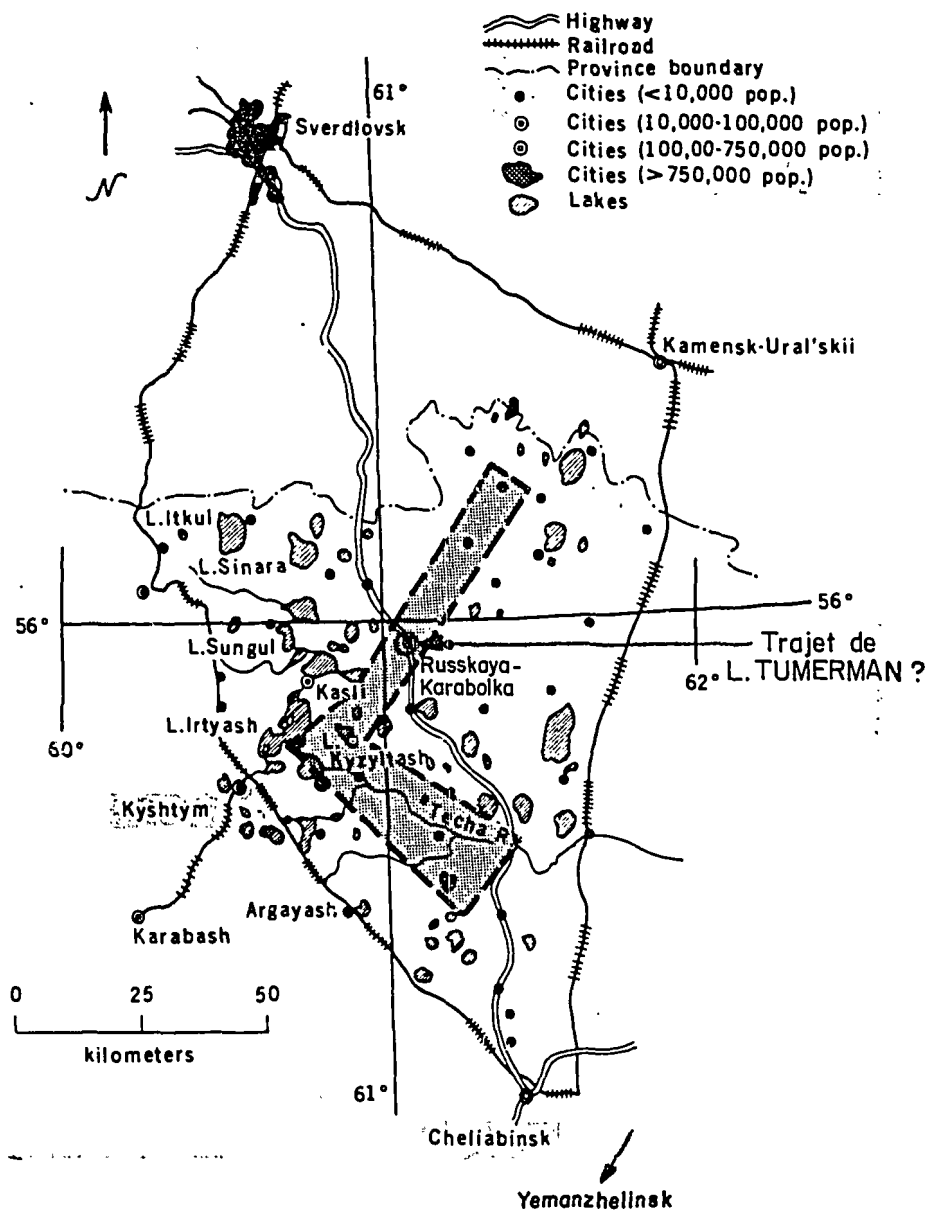
● Implantation présumée de "Chelyabinsk 40 [1]

■ Emplacement de Kyshtym Chelyabinsk et Yemanzhelinsk.

■ Russkaya - Le nom de cette ville n'apparaît plus dans les cartes les plus récentes.

La Techa se jette dans un affluent de l'Ob.

Figure 1 - Carte de la région industrielle de l'Oural où est situé le complexe de Kyshtym. (d'après The Time Atlas).



● Implantation présumée de Chelyabinsk 40

▨ Chelyabinsk n'est pas concerné par les retombées.

Figure 2 - Zone présumée d'exclusion des populations à la suite de l'accident du complexe de Kyshtym (3).

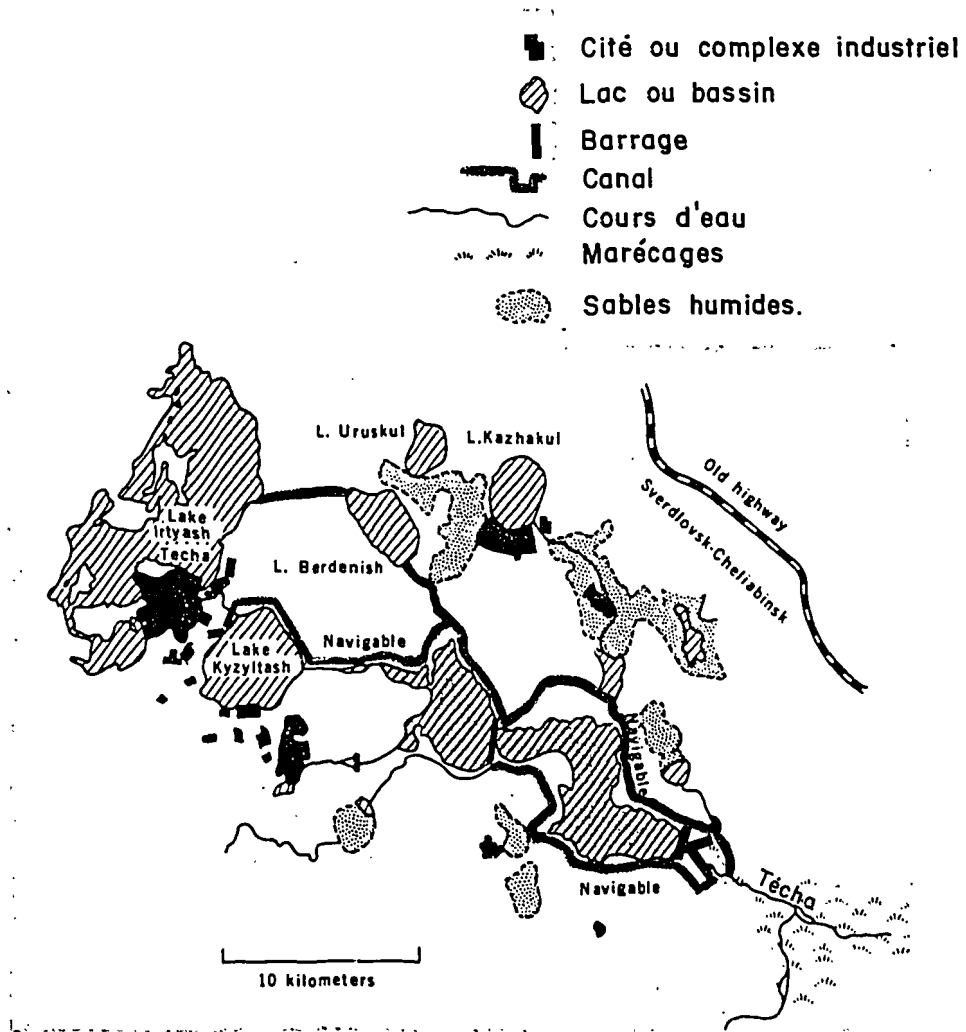
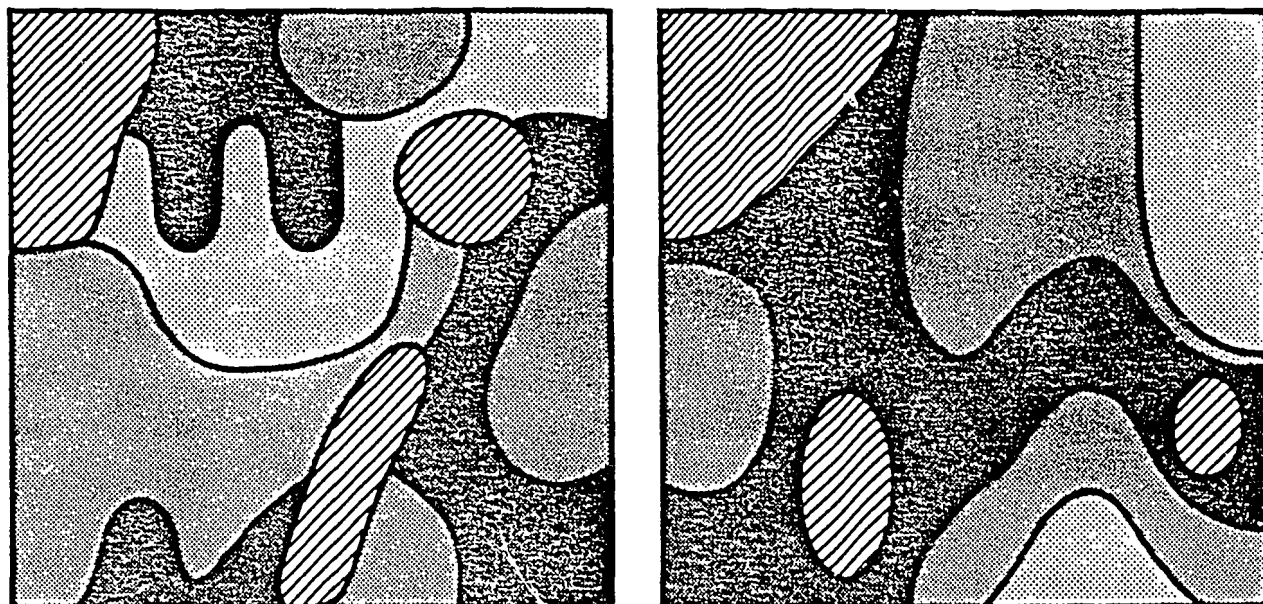


Figure 3 - Drainage des lacs Irtyash et Kyzyltash.

Remarquer les canaux isolant la zone du lac Kyzyltash et les 2 nouveaux réservoirs isolés par un système de barrages.

Voir également le lieu de déversement des canaux en aval de la zone isolée (3).



a) Plantes

b) Sols

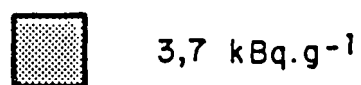
3,7 kBq.g⁻¹5,5 kBq.g⁻¹7,4 kBq.g⁻¹9,25 kBq.g⁻¹67 MBq.m⁻²78 MBq.m⁻²100 MBq.m⁻²126 MBq.m⁻²

Figure 4 - Contours des teneurs en ⁹⁰Sr (plantes et sols) dans le site d'études radioécologiques soviétiques (2).

Hypothèse	Observations
<p>Elimination de ^{137}Cs lors du retraitement du combustible irradié</p>	<p>Possibilité de séparation du Pu par échange d'ions sur des colonnes de phosphate de zirconium permettant d'éliminer ^{137}Cs et ^{95}Zr mais méthode restée à l'échelle du laboratoire [10]</p>
<p>Extraction de ^{137}Cs et ^{90}Sr de déchets d'activité élevée</p>	<p>La méthode basée sur la précipitation, la décantation et le lavage du précipité doit permettre de séparer ^{90}Sr (précipité) de ^{137}Cs (liquide) mais elle n'était en 1957-1958 qu'au stade exploratoire [11]</p>
<p>Accident (fuite de liquide) dans une opération d'extraction de ^{137}Cs et ^{90}Sr</p>	<p>Séparation $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$. Par suite de fuites de liquides dans le conteneur contenant les déchets, on aurait eu autoéchauffement et volatilisation du précipité contenant ^{90}Sr. Réaction possible même à l'état exploratoire. ^{137}Cs aurait été entraîné dans le système de drainage et la rivière Técha [12]</p>
<p>Elimination de ^{137}Cs des déchets pour utilisation comme source γ notamment en agriculture</p>	<p>En 1958, l'opération a été utilisée à grande échelle en URSS [13]. Cette hypothèse peut être considérée comme la plus valable</p>

TABLEAU 1 - Causes possibles du rapport anormal $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ observé à Kyshtym (folio 1/2)

Hypothèse	Observations
Volatilisation du ^{137}Cs puis explosion ayant dispersé les autres radioisotopes	On aurait eu par surchauffe volatilisation de ^{137}Cs avant explosion ayant dispersé sous forme d'aérosols les autres radioisotopes. Hypothèse peu vraisemblable car ^{106}Ru qui se volatilise à 400°C en milieu acide, à 900° en milieu neutre contre 400 à 500° pour ^{137}Cs , était présent en quantités significatives et les radioisotopes étaient sous forme de nitrates décomposés dès 400°C [14]

TABLEAU 1 - Causes possibles du rapport anormal $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ observé à Kyshtym (folio 2/2).

Hypothèse	Circonstances de l'accident	Arguments à l'appui	Objections	Références
Retombées locales à la suite d'essais nucléaires mégatonniques en Nouvelle Zemble	Les radioisotopes injectés par un essai atmosphérique mégatonnique auraient été transportés du 70° N, Nouvelle Zemble, au 50° N, Kyshtym. Un tel phénomène est possible dans le cas d'un système de circulation atmosphérique en altitude (500 hPa - 5 km) fermé centré par 60-65°N. Les précipitations de type orographique (Monts Ourals) peuvent avoir entraîné la formation de tâches chaudes et ce 36 heures après le tir qui aurait eu lieu fin 1957 - début 1958	a) Nombreux essais d'engins mégatonniques particulièrement sales en 1957-1958 (10^5 Ci de ^{90}Sr (3,2 PBq) par mégatonne ou 4,185 PJ) b) Possibilité de tâches très chaudes notamment en cas de précipitations orageuses c) Contamination importante des îles Marshall par les retombées du tir de 15 MT "Bravo" d) Impossibilité de masquer un désastre de l'ampleur de celui décrit par Mendeleev qui a dû exagérer la contamination	a) Situation météorologique possible seulement les 31 Janvier et 10 Février 1958. Pas d'explosion en Nouvelle Zemble avant le 23 Février 1958. b) Aux latitudes polaires, une très faible proportion des PF d'une explosion mégatonnique reste dans la troposphère d'où retombées lentes c) Pour Bravo retombées sur 1 jour et jusqu'à 170 km sous le vent (2000 km pour Kyshtym) d) Contamination en $^{90}\text{Sr} \geq 2$ ordres de grandeur à celle Bikini (59 essais) e) Rapport $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs} \geq 100$ contre 0,57 pour les retombées lointaines f) Explosion "in situ" d'après plusieurs témoins	22 8, 9 23 à 28
Dispersion par le vent de poussières après assèchement du lac de rejet	Le lac de rejet des eaux de refroidissement aurait été asséché, les sels de Sr et Cs auraient alors	a) Rafales fortes de vent (jusqu'à 100 km.h^{-1}) de 2 heures de durée fin février...	Le schéma des retombées ne correspond pas à celui qui aurait dû être observé avec..	1

TABLEAU 2 : HYPOTHESES PROPOSEES POUR LES CAUSES ET LA NATURE DE L'ACCIDENT
DE KYSHTYM (folio 1/6)

Hypothèse	Circonstances de l'accident	Arguments à l'appui	Objections	Références
Dispersion par le vent de poussières après assèchement du Lac de rejet	précipité et adhéré aux particules argileuses du fond. Des bourrasques auraient dispersé les poussières formées	début Mars b) Témoignage d'un ancien résident de Chelyabinsk-Oblast de poussière rouge sur le sol et les végétaux près de Yemanzhelinsk	des vents vraisemblablement du nord car on eut dû évacuer Chelyabinsk (voir sur la figure 1 les positions relatives du complexe, de Chelyabinsk et de Yemanzhelinsk). De plus de tels contours de retombées ne correspondent pas à ceux observés (voir figure 2) b) Les témoins parlent d'une explosion	1 21
Excursion critique ayant entraîné la dispersion de produits de fission	1) Le rejet dans le sol de solutions contenant le plutonium résiduaire aurait entraîné une accumulation du radioisotope par absorption sélective (boues). Par suite de la forte résonance de fission à 0,3 eV le système serait devenu super-critique même pour une teneur en Pu inférieure à $7,2 \text{ g.l}^{-1}$ portant la température à 2000°C d'où une "éruption" avec dispersion de radioisotopes 2) Explosion classique à la suite d'une excursion critique dans une installation radio-chimique ou de stockage des déchets	1) a) L'anomalie de criticité décrite ci-contre est possible comme l'ont montré les travaux de E.D. CLAYTON (29) b) Possibilité d'excursion critique classique, à Hanford 100 kg de Pu avaient été retenus dans une bande étroite de sous-sol c) Mécanisme des échappées non réfléchi dans la contamination résultante de l'environnement d'où absence possible de Pu et PF à vie courte 2) a) Voir en 1b ci-dessus b) Rapport de $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ de 100 (stockage de déchets traités)	1) a) L'obtention d'un état super-critique semble très peu probable car dans des boues Pu-sol, la criticité devrait entraîner l'ébullition de l'eau et une diminution du ralentissement des neutrons b) D'après l'expérience acquise avec le réacteur fossile d'Oklo, les produits de fission auraient dû rester fixés sur place c) Absence de transuraniens 2) Voir en 1c ci-dessus	8 24,26 29,32

TABLEAU 2 : HYPOTHESES PROPOSEES POUR LES CAUSES ET LA NATURE DE L'ACCIDENT DE KYSHTYM (folio 2/6)

Hypothèse	Circonstances de l'accident	Arguments en faveur	Objections	Références
Détonation accidentelle d'un engin de faible puissance	Il y aurait eu explosion accidentelle d'une arme nucléaire de quelques kilotonnes (quelques Tj à 10 Tj) d'énergie près d'une installation radiochimique d'un stockage de déchets	La contamination résultante, vu le caractère du complexe : extraction du Pu, stockage des déchets, production d'armes, aurait pu être masquée par la dispersion des produits de fission contenus dans les déchets ou dans l'installation radiochimique	a) D'après l'expérience acquise aux USA, l'armement d'une arme nucléaire ne se fait pas près d'une installation du type ci-contre ; qui plus est, les composants d'armes sont séparés b) Absence de transuraniens	2 7
Accident de dimensionnement sur un réacteur nucléaire	L'accident, fusion de combustible ou explosion due à un excès de réactivité entraînant une fragmentation de combustible et des réactions métal-eau, aurait causé la dispersion de produits de fission non volatils ^{90}Sr , ^{95}Zr , ^{144}Ce	a) Les produits de fission non-volatils ont pu être éjectés après volatilisation de ^{137}Cs b) Hypothèse considérée comme vraisemblable par les spécialistes EDF (34)	a) Hypothèse exclue par Z. MEDVEDEV b) Le mécanisme présumé en colonne 2 paragraphe a n'est pas très crédible c) L'expérience acquise au cours des 2 accidents de dimensionnement connus infirme cette hypothèse : - A Windscale en Octobre 1957 (fusion partielle de combustible) les principaux produits de fission libérés étaient ^{131}I 20 KCi ou 0,74 PBq et ^{137}Cs , 600 Ci ou 22,2 TBq, le rapport $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ étant de 0,015 - A Tchernobyl 26 Avril 1986 (excès de réactivité, entraînant la destruction de UO_2 combustible, une réaction métal eau et la projection de fragments du réacteur par suite de l'absence d'enceinte de confinement) les retombées dans la zone proche ont été ^{131}I , 1,3 M Ci	2-4 7 33-38

TABLEAU 2 : HYPOTHESES PROPOSEES POUR LES CAUSES ET LA NATURE DE L'ACCIDENT
DE KYSHTYM (folio 3/6)

Hypothèse	Circonstances de l'Accident	Arguments à l'appui	Objections	Références
Destruction d'un réservoir de stockage de déchets d'activité élevée par surpression due à l'accumulation de vapeurs ou à l'inflammation d'hydrogène - Pas d'explosion due aux nitrates	Il y aurait en soit accumulation de H ₂ hydrolytique qui se serait enflammé et aurait explosé soit une ébullition violente et irrégulière (Bumping). Il aurait pu en résulter une défectuosité des systèmes de sécurité et une rupture du réservoir	Le 1er événement aurait pu être dû à une panne du système d'épuration de l'air, le 2nd à une panne du dispositif de circulation d'air	L'énergie due à l'un ou l'autre de ces mécanismes équivaut à 41,85 MJ et est insuffisante pour détruire le réservoir et entraîner la dispersion sous forme d'aérosols du contenu. Qui plus est une fuite de liquide du réservoir entraînant un phénomène type "Bumping" risque de contaminer fortement le milieu aquatique mais ne permet pas au résidu de produire par surchauffe une contamination atmosphérique aussi importante qu'à Kysthym	2,4,7 39-41
Même événement initiateur que dans le cas ci-dessus, la surchauffe consécutive entraînant une explosion due 1) à une réaction nitrates-solvants organiques 2) explosion de nitrate d'ammonium	1) Le 1er mécanisme serait dû à une déflagration par suite d'une réaction entre des nitrates et des résidus de décomposition de solvants organiques, il aurait pu, en plus de la destruction du réservoir rompre les parois d'un 2ème réservoir et aérosoliser son contenu 2) Le nitrate d'ammonium provenant du procédé de séparation ammonium-alum. dont le résidu n'était pas traité a pu exploser et entraîner les mêmes conséquences que ci-dessus. D'autres procédés auraient pu faire appel au nitrate d'ammonium (précipitation, neutralisation, extraction par solvant)	1) a) L'énergie dégagée peut atteindre 4,185TJ calories ou 0,1kT et est suffisante pour entraîner la dispersion sous forme d'aérosols du résidu du ou (des) réservoir(s) concerné(s) b) 3ème mécanisme possible pour expliquer le rapport anormal ⁹⁰ Sr/ ¹³⁷ Cs (voir tableau 1) 2) a) Mêmes arguments que la et 1b ci-dessus b) 5 accidents très graves ont déjà eu lieu par explosion spontanée de nitrate d'ammonium destiné à servir d'engrais. En outre une explosion a eu lieu en 1950 à Chalk River dans un évaporateur pilote servant à concentrer des produits de fission à partir d'une solution acide nitrique/nitrate d'ammonium	1) a) En cas de fuite du liquide les nitrates, compte tenu de la nature du résidu (précipitation de boues), auraient dû accompagner le liquide et partir avec lui, 2) Même objection qu'en la	2,4,7 41-48 2,4 7 41-48

TABLEAU 2 : HYPOTHESES PROPOSEES POUR LES CAUSES ET LA NATURE DE L'ACCIDENT DE KYSHTYM (folio 5/6)

Hypothèse	Circonstances de l'Accident	Arguments à l'Appui	Objections	Références
<p>Injection de déchets actifs dans une formation géologique poreuse, échauffement du sous-sol et "éruption"</p>	<p>Surchauffe des déchets avec formation de vapeur d'eau ou explosion chimique type nitrate d'ammonium d'où une éruption ressemblant à celle d'un volcan</p>	<p>a) Hypothèse retenue par Movdelev</p> <p>b) Témoignage d'un ancien habitant de la zone de Kyshtym selon lequel à la suite de l'accident les feuilles d'arbres étaient couvertes de poussière rouge défoliante</p> <p>c) Propriétés explosives potentielles du nitrate d'ammonium</p> <p>d) Pour des déchets enfouis à une profondeur suffisante ouverture possible d'une fissure du type de celle observée lors du tir souterrain Banneberry qui avait entraîné des échappées de 3 MCi ou 110 PBq</p>	<p>a) D'après les publications soviétiques seuls des déchets d'activité faible et intermédiaire ont subi ce type de traitement</p> <p>b) La composition des radioisotopes libérés $^{144}\text{Ce}/^{90}\text{Sr}=10$ $^{106}\text{Ru}/^{90}\text{Sr}$ compte tenu des études radioécologiques, correspond à des déchets âgés de 200 j à 2 ans et exclut l'hypothèse d'un stockage où des déchets anciens seraient présents</p> <p>c) Les tirs nucléaires avec excavation, Sedan notamment, ont montré que la radioactivité libérée n'augmente que de 10 à 15 fois la radioactivité naturelle</p>	<p>1,3,7</p> <p>20</p> <p>31,49-53</p>

TABLEAU 2 : HYPOTHESES PROPOSEES POUR LES CAUSES ET LA NATURE DE L'ACCIDENT DE KYSHTYM (folio 6/6)

Remarques pour le tableau 2 -

* Une campagne de mesures effectuées en 1972 sur les motus de l'atoll de Enewetak a conduit à des rapports $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ dans les 5 premiers cm du sol compris entre 1 et 14,6. La moyenne étant de 3,85 [54]. Bien que ces valeurs soient supérieures à celles des retombées globales elles sont très inférieures à celles de la zone de Kyshtym. Par ailleurs elles correspondent à des retombées vieilles où une redistribution des 2 isotopes dans le sol a eu lieu

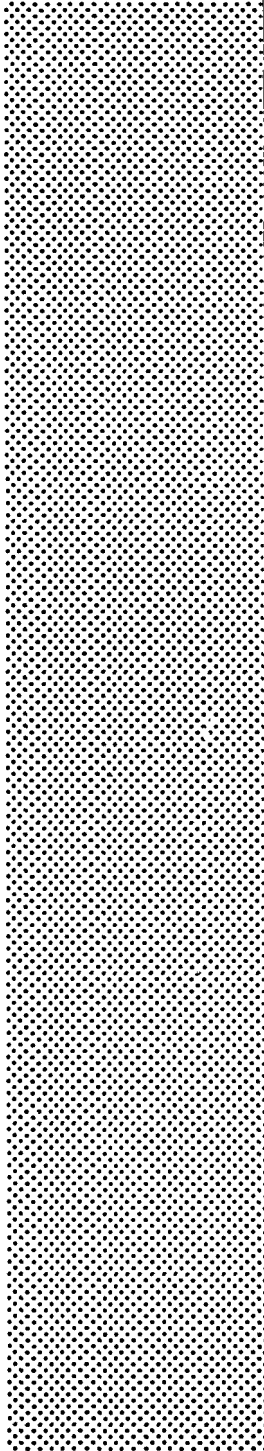
** 1 T = 10^{12} 1 P = 10^{15} .

* Les valeurs de l'activité sont exprimées en Bq, la nomenclature mixte Bq-Ci ayant été conservée pour plus de 10^{12} (1 T) Bq ou 270 Ci.

ISSN 0429 - 3460

La diffusion des rapports et bibliographies du Commissariat à l'Energie Atomique est assurée par le Service de Documentation, CEN-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cédex, (France)

Reports and bibliographies of the Commissariat à l'Energie Atomique are available from the Service de Documentation, CEN-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cédex, (France)



Edité par

le Service de Documentation

Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay

91191 GIF-sur-YVETTE Cédex (France)

