

Libre propos

LE CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLEAIRE... REELLEMENT BIEN MAITRISE ?

par Jean-Christophe DUMIELLE,
(*Lycée de Montreuil*).

INTRODUCTION.

Un article sur le cycle du combustible nucléaire (B.U.P. N° 636) avec une conclusion optimiste et rassurante, voilà qui fera sourire certains, que nous espérons nombreux. Seulement sourire, car dans les faits, les attitudes sont souvent trop irresponsables pour qu'on accepte l'indulgence.

Conclusion optimiste, certes, mais avec quelles précautions de style. Pense-t-on vraiment nous rassurer avec un tel emploi du conditionnel, de la supposition et du futur incertain ? : « devraient permettre ; semble raisonnablement résolu ; de grands progrès sont attendus... » Est-ce là le sérieux de la Science dans le domaine nucléaire ?

Quelles sont ces garanties nécessaires qui, apparemment, n'existent pas à l'heure actuelle ? Comment peut-on se contenter, en ce domaine, d'une sûreté qui paraît tout à fait valable ?

En réalité, quoi de plus vague, quoi de moins rassurant que cette conclusion ?

Reprenons ce cycle du combustible (sans revenir sur les éléments théoriques et techniques fort bien présentés), et nous verrons que si le cycle semble bien maîtrisé sur le papier pour les théoriciens, la réalité est autre et bien différente.

Nos sources sont des articles rédigés par des chercheurs du domaine de l'énergie nucléaire, donc tout aussi compétents, qui refusent de fermer les yeux quant à l'application de ce qu'ils trouvent et ne se contentent pas, pour calmer leurs inquiétudes, des propos rassurants que les organismes officiels veulent bien fournir. Comme nous ne pouvons pas tout rapporter, par un manque de place bien évident, nous conseillons à ceux qui n'assimilent pas la critique au dénigrement systématique, de se reporter aux articles mêmes pour plus amples informations.

I. APPROVISIONNEMENT. PENURIE EN L'AN 2000 ?

I.1. L'état des réserves.

Toutes les publications ne peuvent que reprendre les chiffres avancés par l'A.E.I.A. et l'O.C.D.E., tant le secret est grand pour tout ce qui touche aux ressources en uranium. Cette loi du secret est très répandue dans le monde. Citons à propos de la situation en France :

« Dès 1956, le gouvernement français portait par décret le code minier, contenant le fameux article 135, toujours en vigueur actuellement : En ce qui concerne les substances utiles à l'énergie atomique, des décisions du ministre chargé des mines, prises après avis du Comité de l'Energie Atomique, peuvent apporter des restrictions aux dispositions des articles 132 et 134, de façon à assurer le secret des teneurs, tonnages et destinataires de ces substances » [1].

Les publications disparaissent alors jusqu'au « Que sais-je ? » sur l'uranium, qui ne sera jamais réédité.

Quant aux chiffres publiés, leur interprétation peut être bien différente :

« Les programmes nucléaires en cours amèneraient alors à l'épuisement des réserves dès l'an 2000, argument principal pour justifier le développement de la filière surgénérateur (...). En fait, les gisements exploitables d'uranium permettent sans doute d'alimenter un développement de l'énergie nucléaire pendant au moins un siècle, sans surgénération, ainsi qu'on peut le déduire de la fréquence des horizons géologiques favorables » [2].

« Si pénurie d'uranium il y a, ce sera en fait une pénurie en France (...). Si le prix de l'uranium continuait à baisser, la France en l'an 2000 se trouvera :

- soit dans une dépendance pour l'uranium,
- soit en situation de crise financière pour avoir voulu développer la filière surgénératrice,
- soit, probablement, dans les deux situations à la fois...

Par contre, une relance à l'échelle mondiale des programmes nucléaires provoquerait une nouvelle tension sur le marché de l'uranium. Un approvisionnement du programme français à 50 % à partir des ressources métropolitaines pourrait être envisagé et les sociétés minières françaises seraient en position dominante sur le marché mondial, en même temps que la course internationale au contrôle des ressources en uranium des pays du tiers-monde tendrait à l'accroissement des tensions internationales, en particulier en Afrique. » [3]

Ce n'est donc pas si simple et le secret sert encore ici à la manipulation.

1.2. La filière surgénératrice [4].

Les réserves estimées et la relative pénurie sont donc interprétées dans le sens favorable à la surgénération. Pourquoi cette tendance puisque les difficultés techniques de Superphénix (des problèmes concernant l'évacuation de la puissance résiduelle, suffisamment graves pour que toute la filière « neutrons rapides - sodium » soit à repenser ; les problèmes d'approvisionnement massif en plutonium liés au retraitement ; un temps de doublement réellement inconnu...) font considérer en privé que le surgénérateur ne surgénérera sans doute pas... ?

Le prestige, sans doute et l'espoir d'une certaine maîtrise pour d'éventuels profits commerciaux ultérieurs, sont la motivation de bien des chercheurs et techniciens.

Une raison plus importante et moins évidente pour les chercheurs est l'intérêt extrême des militaires pour un surgénérateur ne surgénérant pas. En clair, la possibilité de constituer un arsenal tactique de bombes au plutonium miniatures et en très grande quantité.

« Dans cette perspective, le surgénérateur permettrait des économies considérables d'uranium naturel (indépendamment de toute considération de prix). Le plutonium recherché, formé dans la couverture (ou manteau) du surgénérateur, est d'extraction plus facile.

En effet, contrairement au combustible de son cœur, très irradié et actuellement impossible à retraiter industriellement, la couverture d'un surgénérateur de type Superphénix n'est guère plus active (c'est-à-dire chargée en produit de fission) que le combustible d'un réacteur plutonigène militaire. Mieux, le plutonium y est relativement concentré, ce qui diminue d'autant les volumes à retraiter, moyennant quelques précautions à cause du risque de criticité.

La surgénération implique que l'on retire à la fois le cœur (qui fournira environ 90 % du plutonium récupéré) et la couverture (qui en fournira 10 %). Si on abandonne la surgénération, c'est-à-dire si l'on renonce à retraiter le cœur, le réacteur à neutrons rapides (ex-surgénérateur) est effectivement très intéressant pour les militaires. » [5]

Ceci est très mal perçu par les scientifiques. La preuve en est une lettre parue dans « Le Monde » du 2-10-1981, dans laquelle M. Alfred KASTLER, dont les prises de position pour le désarmement sont bien connues, écrit :

« Espérons que, un jour béni, les princes qui nous gouvernent se décident à désarmer et à détruire un stock de bombes équivalent à plus d'un million de bombes d'Hiroshima. Comment nous débarrasser de leur plutonium ? Il n'y a pas trente-six moyens

de le faire. La seule méthode sûre pour nous en défaire est de le brûler dans les réacteurs genre Superphénix. Et voilà un motif valable pour apprendre à maîtriser la technique de ce type de réacteur. »

L'enchaînement devient terrible, les pacifistes avançant des arguments qui profitent aux intérêts des militaires !

Citons le général d'armée aérienne (cadre de réserve) Jean THIRY : « La France sait faire des armes atomiques de tous modèles et de toutes puissances. Elle pourra, pour des coûts relativement faibles, en fabriquer de grandes quantités, dès que les surgénérateurs lui fourniront en abondance le plutonium nécessaire. » [6]

Ces quelques éléments suffiront sans doute à faire comprendre que cette menace de pénurie n'est pas à considérer comme une évidence.

II. EXTRACTION ET TRAITEMENT DU MINERAL.

Il est évidemment très simpliste de régler la question des pollutions radioactives par l'épandage des effluents solides neutralisés à la chaux.

Ce qui va suivre est intégralement tiré de ce même numéro sur l'uranium de « La Gazette nucléaire ».

« Outre les nuisances classiquement attachées aux mines et carrières, tirs d'explosifs, transports lourds, bouleversement hydrologique et saccage du paysage, émission de poussières, accidents du travail, l'extraction et le traitement du minerai d'uranium sont la source d'une pollution radioactive et chimique importante, aérienne par le radon et ses dérivés en suspension dans l'atmosphère, aquatique par le radium, le thorium et l'uranium, et des sols par les retombées de poussières radioactives. »

Deux agents extrêmement polluants sont étudiés.

II.1. Le radon.

« Dès que le minerai est exploité, puis remonté à la surface, le gaz est libéré, et il va se mêler à l'air ambiant. Il est la cause du décès par cancer du poumon d'un grand nombre de mineurs opérant dans des minerais radioactifs (...). En 1959, la Commission Internationale de Protection Radiologique (C.I.P.R.) fixe une norme tendant à limiter la teneur en radon dans l'atmosphère des mines et de leur environnement. L'A.E.I.A., Euratom et la France dénoncent la norme C.I.P.R. et adoptent un nouveau seuil maximum, 10 fois moins contraignant que celui fixé au niveau international.

Dans les mines françaises, on ira encore plus loin, puisque, par une subtile interprétation de la loi, on adoptera en fait une norme 20 fois moins contraignante que celle de la C.I.P.R. [7].

La raison en sera donnée dans un document datant de 1973 élaboré par les services de radioprotection du C.E.A. : l'adoption des normes C.I.P.R. limiterait le volume exploitable à 20 % des réserves mondiales connues. Ce, pour des raisons économiques (augmentation notable du coût de la radioprotection, donc de l'uranium), mais surtout face à des obstacles technologiques : impossibilité de confiner le radon, qui est un gaz rare, donc non combinable chimiquement ; la meilleure solution pour limiter la teneur en radon dans l'atmosphère est de disposer d'une forte ventilation, mais celle-ci serait déjà poussée à son maximum dans les mines actuellement exploitées [8].

Deux enquêtes épidémiologiques, menées auprès de mineurs américains [9], et tchécoslovaques [10] établissent la relation entre la concentration en radon de l'atmosphère des mines et le décès par cancer du poumon de plusieurs centaines de mineurs (...) L'extrême nocivité des niveaux de contamination maximum adoptés antérieurement est démontrée.

Les U.S.A. et quelques autres pays (pas la France, ni Euratom) trouvent un compromis entre la norme C.I.P.R. et celle qu'ils avaient auparavant rehaussée, en utilisant un nouveau système de mesure (...). Mais il est prouvé que, d'une part, ce seuil nouvellement défini est encore très nuisible et que, d'autre part, les prélèvements et les méthodes de calcul des niveaux de contamination ne sont pas fiables et permettent encore toutes manipulations de la part de l'organisme chargé du contrôle.

Ainsi, un document du C.E.A. [11] montre que les doses reçues par les mineurs ont jusqu'ici toutes les chances d'avoir été systématiquement sous-évaluées (d'un facteur 2,5 en moyenne pour 16 mesures comparatives).

L'interprétation de données que nous avons pu obtenir du C.E.A., relatives à la contamination des mineurs est particulièrement inquiétante.

Dans les statistiques médicales portant sur la ville de Razes, siège de la division minière uranifère de la Crouzille, en Limousin, on constate un quasi-doublement des cas de cancers par rapport à la moyenne nationale [12].

En ce qui concerne les populations vivant à proximité des sièges miniers et des usines de traitement, les niveaux de radioactivité auxquelles elles pourraient être exposées causent aussi de fortes inquiétudes [13]. (Dans des cours de ferme, ou au milieu de villages, le C.E.A. a installé des cheminées d'aération pour les galeries souterraines, qui rejettent continuellement de l'air contaminé souvent très au-delà des normes appliquées. Les normes C.I.P.R. pour les populations sont parfois dépassées à plusieurs kilomètres des zones d'extraction.)

Jusqu'à présent, les exploitants miniers (Cogema et sociétés privées), ainsi que les organismes de contrôle tels que le C.E.A. ou le Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants (S.C.P.R.I.) nient le problème et couvrent du secret les résultats de leurs prélèvements. Le niveau d'inconscience de la Cogema est tel qu'on pourrait le qualifier de criminel quand cette société se permet, par deux fois, de couper la ventilation au fond de la mine de Lodève (Hérault) dans le but de briser la grève que menaient les mineurs sur leurs lieux de travail. [14] (...)

Les informations rapportées ici peuvent paraître incomplètes et, à bien des égards, trop qualitatives. Il faut savoir que, si quelques portes se sont ouvertes au départ pour la réalisation de ce dossier, les responsables du C.E.A. les ont vite refermées, interdisant tout contact avec le Service Technique d'Etude et de Prévention des Pollutions Atmosphériques (S.T.E.P.P.A.) du C.E.A. de Fontenay-aux-Roses. »

11.2. Le radium et l'eau. Le cas de Limoges.

« Nous avons pu disposer d'un certain nombre de bulletins mensuels du S.C.P.R.I. avant que leur diffusion ait été acquise suite aux pressions exercées par les représentants des associations écologiques au sein du Conseil d'Information Nucléaire. (...) »

Nous avons analysé les résultats des mesures de radioactivité à proximité des centres nucléaires, soit en Limousin, les eaux du Vincou, de la Gartempe, les étangs de la Crouzille et du Gouillet, les eaux potables de Limoges, et dernièrement, celles de Bellac, toutes polluées par les effluents radioactifs des mines d'uranium et de l'usine de traitement du minerai de Bessines.

On constate malheureusement que le secret qui pèse sur ces publications est à l'échelle des graves problèmes qu'elles révèlent, et à l'échelle aussi de l'inadaptation des contrôles effectués par le S.C.P.R.I. :

- absence d'examen d'un certain nombre de contaminants radioactifs dangereux (seuls, 3 radioéléments sont pris en compte sur 13 rejetés par la mine),
- arrêt de certaines mesures lorsque les résultats deviennent trop inquiétants. Ainsi, depuis 1976, on ne mesure plus la radioactivité alpha totale dans les eaux potables de Limoges. Il est vrai que, lors de la dernière mesure, en décembre 1975, on avait atteint un maximum affolant,
- effaçage des résultats les plus compromettants. Pour l'étang de la Crouzille, principal réservoir d'eau potable de la ville de Limoges, la teneur en radium n'est jamais indiquée dans le rapport détaillé faisant état des résultats bruts des mesures,
- pas d'études sur la contamination de la chaîne alimentaire,

- pas de contrôle de l'air,
- méthode de mesures inadaptées, d'où sous-estimation des résultats,
- relevés effectués à des périodes fixes mensuellement, donc connues de la Cogema. Celle-ci peut ainsi diminuer la charge polluante lors de périodes de contrôle, et évacuer, ce qui n'est pas avouable entre 2 contrôles,
- moyennes mensuelles de l'état de contamination effectuées à partir d'une ou deux uniques mesures en général, et quatre seulement pour Limoges,
- tendance à baisser certaines moyennes (par rapport aux rares résultats bruts),
- nombre de points de prélèvement extrêmement faibles, etc.

Que constate-t-on cependant à la lecture des résultats du S.C.P.R.I. ?

1. Les eaux du Vincou sont très gravement polluées.
2. Celles de la Gartempe sont très atteintes (eau potable du district de Bellac).
3. Sur les 3 réservoirs d'eau potable de Limoges, le plus important, celui de la Crouzille est très sévèrement pollué par la mine du Fanay et les anciennes mines de Sagnes et d'Henriette. L'étang du Gouillet est maintenant pollué par une autre mine d'uranium, celui de la Mazelle va être contaminé par la future mine de Bonnac-la-Côte.
4. La pollution ne cesse de croître depuis la date des premiers relevés. La contamination des eaux potables de Limoges par le radium a progressé de près de 30 % (de 1972 à 1978), celle par l'uranium de plus de 250 % (de 1972 à fin 1975), celle par la radioactivité alpha totale a progressé de plus de 200 %. Depuis, ce type de mesure ne se fait plus ! »

Quel mensonge, à lire ces quelques lignes, que d'affirmer que le cycle du combustible est bien maîtrisé ! Délibéré ou non, l'esprit scientifique a quelque mal à s'en accommoder.

III. LE RETRAITEMENT ET LE STOCKAGE DES DECHETS [15].

La fin du cycle n'est pas mieux maîtrisée que le début et les propos rassurants ont de plus en plus de mal à dissimuler que le retraitement est en état de panne sur le plan industriel.

Quant au problème des déchets, il ne semble pas mieux résolu, dans la mesure où, contrairement à ce qui est partout clamé, la vitrification est loin d'être réglée. Le verre commençant à apparaître comme une structure médiocre par rapport à la rétention des radioéléments contenus.

Dans ce domaine, encore une fois, l'alternative ici ne semble guère possible. Il faut retraiter, point de salut sans le retraitement. Aucune étude sérieuse n'a été faite sur la possibilité de stockage sans retraitement. L'article auquel nous répondons, comme les théories officielles, n'émet pourtant aucun doute. La nécessité du retraitement est impérative. Quels sont les arguments qui militent contre le retraitement ? En dehors des états d'âme de l'ancienne administration Carter, la littérature en est particulièrement avare, encore une fois par absence d'études sérieuses.

Le problème est épineux puisque la situation à La Hague est telle que nous nous orientons lentement vers une solution de non retraitement... sans aucune étude, ou évaluation d'aucune sorte.

Ceci est tellement vrai que des pays comme la Suède, le Japon ou la R.F.A., qui ont signé des contrats avec la Cogema pour le retraitement de leurs déchets, inquiets de la situation de panne de La Hague, étudient depuis un ou deux ans des solutions évitant le recours au retraitement.

III.1. Retraiter ou non ?

Le non retraitement consiste à stocker les combustibles irradiés en piscine ou à sec (stockage intérimaire) pendant plusieurs décades, puis à effectuer un stockage définitif en formation géologique. Par conséquent, cette opération de non retraitement présente un caractère réversible particulièrement important qui n'existe pas dans l'option retraitement (cisaillement des éléments combustibles par exemple).

Le non retraitement évite la dispersion du plutonium et les pertes en plutonium avec des taux qui peuvent aller jusqu'à 4 % alors que les organismes officiels avancent des chiffres en pour mille.

Contrairement à ce qui est dit, le volume de tous les déchets provenant du retraitement est supérieur à celui de l'option du stockage sans retraitement.

Toutes les études actuelles montrent que l'oxyde d'uranium des barreaux de combustible a des propriétés de rétention remarquable, c'est-à-dire qu'il est un bien meilleur matériau que le verre vis-à-vis du relâchement du plutonium.

Il apparaîtrait donc que l'option retraitement est fortement discutable, n'apportant pas de solution satisfaisante au problème des déchets tout en compliquant sérieusement à court terme. [16]

En fait, le retraitement ne se justifie que dans l'optique sur-génératrice, fer de lance des décideurs, qui préfèrent cacher, voire mentir pour gagner du temps.

III.2. Le retraitement en France.

La grande ambiguïté sur laquelle on joue lorsque l'on présente le retraitement, c'est de ne pas (ou peu) parler du combustible retraité. Chacun sait qu'en France, le nucléaire civil a commencé par la filière Graphite-Gaz, qu'à présent est utilisée la filière américaine P.W.R. et qu'il est envisagé une filière surgénératrice. Or, l'activité des différents combustibles irradiés est loin d'être comparable.

Le procédé utilisé en France est le procédé Purex, procédé de retraitement des combustibles issus des réacteurs militaires. Ce procédé a été adapté au retraitement civil alors qu'il était conçu pour le retraitement de combustibles très peu irradiés, dont on tirait le plutonium pour fabriquer des bombes atomiques.

Les problèmes commencent avec les combustibles de la filière Graphite et deviennent très importants avec les combustibles oxydes (filiales P.W.R. et B.W.R.). Si fait que l'expérience avancée concerne surtout les combustibles peu irradiés de la filière Graphite.

Pour les combustibles oxydes, dont l'activité est bien plus importante, le retraitement est en état de panne industrielle et l'usine de La Hague s'engorge au rythme du déchargement des réacteurs et de l'arrivée des combustibles étrangers pour lesquels on construit de nouvelles piscines en attendant.

L'atelier HAO + UP2 ouvert à La Hague en 1976 et qui devait retraiter 400 tonnes par an de combustibles oxydes, n'a guère réussi à dépasser les 66 tonnes en deux ans... et dans quelles conditions de sécurité ! Et les 250 tonnes retraitées à ce jour sont plutôt symboliques alors que le seul total des engagements pour les combustibles de réacteurs étrangers européens s'élevait pour la période de 1975-1980 à environ 1 800 tonnes. Nous savons qu'il en arrive également du Japon, sans compter évidemment nos propres combustibles.

Le procédé Purex est encore plus mal adapté au combustible des surgénérateurs avec, en plus, le problème de recyclage rapide du plutonium pour recharger un surgénérateur. On ne peut donc laisser refroidir le combustible irradié en piscine. Et chaque décharge annuelle contient de l'ordre de 2,5 tonnes de plutonium. Or, on nous dit qu'à ce jour, 2 tonnes venant de Phénix ont pu être retraitées (du cœur même ?)

Nous n'avons malheureusement pas la place de préciser encore plus cet état de panne sur le plan industriel, car évidemment en laboratoire, tout se passe beaucoup mieux. Et rien n'a été dit sur les rejets démentiels dans l'environnement et la sûreté des installations (un simple compteur Geiger de lycée suffit à recueillir en dehors de l'usine des taux élevés de radioactivité.

Expérience faite plusieurs fois devant huissier par des écologistes de la région.)

III.3. Le stockage.

Comme le dit si bien l'article sur le cycle du combustible, le stockage à très long terme est l'objet d'un intense effort de recherches, de réflexions et d'échanges...

Ici également, tout dépend de ce que l'on stocke.

Les déchets de faible et moyenne activités sont stockés en surface en France et aux U.S.A. Alors que les Américains utilisent les zones inhabitées et désertiques, Infracome préfère utiliser un site près de La Hague. En raison du cycle gel-dégel, des fissures sont apparues dans le béton de certains fûts, de sorte que les eaux de ruissellement entraînent des radioéléments qui contaminent les eaux potables et la végétation (concentration en tritium supérieure à la C.M.A. dans le ruisseau de Sainte-Hélène, d'après un rapport de la S.C.P.R.I., fin 1976.)

Le stockage des déchets de faible et moyenne activité issus du retraitement et de la fabrication des combustibles au plutonium est également prévu en surface (projet de Saint-Priest-la-Prugne). Ayant un tonnage de 130 tonnes de plutonium retraités d'ici l'an 2000 (ce qui est prévu !) et compte tenu d'une perte de l'ordre de 3 %, on peut imaginer le tonnage de plutonium au sol présent dans ces déchets. Et si on admet une période de lixiviation de 55 ans pour un fût bétonné de 200 litres (la période au bout de laquelle la moitié du béton aura été entraîné par l'eau et ce, sans fissures), on imagine le plaisir des futurs gestionnaires de ces sites.

La vitrification n'a été appliquée en France qu'aux solutions issues de la filière Graphite (après retraitement) et à des solutions peu actives (retraitement de combustibles militaires.)

Le verre enfin se présente comme une structure médiocre dont la durée de vie se chiffrerait au mieux en centaines d'années. En France, on compte stocker ces verres sous surveillance dans des structures artificielles ventilées (Marcoule) [17]

Le retraitement et la fabrication de combustibles au plutonium est donc assez peu cohérent avec le stockage en surface et pose de gros problèmes avec la gestion des verres, alors que la gestion basée sur le non retraitement repose d'abord sur les propriétés remarquables du combustible irradié lui-même.

CONCLUSION.

Il est certain que pour donner toutes les informations critiques, fondées et réelles, sur le cycle du combustible nucléaire, un numéro du B.U.P. ne suffirait pas. Encore, n'avons-nous pas

parlé des conditions de sécurité, des rejets, des normes, des interrogations économiques...

Le cycle du combustible nucléaire est bien maîtrisé... à la condition de fermer les yeux sur de graves problèmes. Et il en est ainsi de toute l'industrie nucléaire.

Certains chercheurs, dont nous ne mettons pas la compétence scientifique en doute, se refusent à aller voir sur le terrain ce que le pouvoir économique fait de leurs travaux, et se contentent des assurances qui leur sont données. C'est regrettable, car il est quand même difficile de croire qu'en dehors de quelques pollutions minimales et vite contrées (réchauffement des eaux utilisées pour la culture...), l'industrie nucléaire est blanche comme neige. Chacun connaît la différence entre la théorie et son application industrielle, quand bien même cette théorie serait superbe.

Ne tombons pas dans le même piège et demandons que nous soit enfin fournie l'information la plus complète. Les professeurs de Sciences physiques ont la charge d'enseigner et de transmettre la science, leur rôle n'est pas d'en dissimuler les inconvénients.

Nos élèves ne sont pas dupes. Ils sont souvent mal informés (dans un sens comme dans l'autre) et nous sommes là pour leur expliquer. Si nous relayons la propagande pro-nucléaire dont les lycées ont été abreuvés, sans nous poser de questions, nous creusons un peu plus le fossé entre cette science pure et belle que nous enseignons et celle à laquelle sont confrontés les élèves dans la vie courante.

Certaines choses fonctionnent mal, voire ne fonctionnent pas du tout. Pourquoi le cacher ! C'est l'esprit même de la Science que nous défendons. Et n'oublions pas que nous enseignons aux générations qui devront prendre en charge ce lourd héritage. Alors, pourquoi les leurrer !

Les Sciences sans support philosophique ne peuvent aller bien loin. Reprenons exemple sur les atomistes du début du siècle, que nous admirons tous. Ces hommes ne concevaient pas leurs travaux sans un sens critique et un humanisme qui les réunissaient pour lire et commenter Lucrèce... en latin.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] La Gazette nucléaire nos 41-42 : « *L'uranium* », publiée par le Groupement des Scientifiques pour l'Information sur l'Energie Nucléaire, G.S.I.E.N., 2, rue François-Villon, 91400 Orsay.
- [2] - [3] Même référence.
- [4] « *L'utopie surgénératrice* », La Gazette nucléaire n° 25.
- [5] Même référence qu'en [1].

- [6] « *L'autre défense* », citée par Le Monde du 19-1-1978.
- [7] *La radioprotection dans les mines d'uranium*, par J. PRADEL et L. KOCH, Annales des Mines, mars-avril 1976 - Circulaire DM/H, numéro 119 du 4 mars 1965, *Normes d'irradiation dans les mines d'uranium*.
- [8] *Incidences des normes de radioprotection sur le marché de l'uranium* (IAEA. PL. 565/2), par Y. FRANÇOIS, J. PRADEL, P. ZETTWOOG, in « *Radon in uranium mining* », Proceeding of a Panel, IAEA, 1975.
- [9] V.-E. ARCHER, J.-K. WAGONER, F.-E. LUNDIN : « *Lung cancer among uranium miners in the United States* », Health Phys., 25 (1973) - WAGONER, ARCHER, CAROLL, HOLADAY and LAWRENCE (U.S.A.), *Among U.S. uranium miners and millers, 1950 through 1962*, Preliminary report (S.M. 41-43), AIEA, 1963.
- [10] J. SEVC, E. KUNZ, V. PLACEK : « *Lung cancer in uranium miners and long terms exposure to radon daughter products* », Health. Phys., 30 (1/76).
- [11] « *Problèmes pratiques rencontrés dans la détermination des doses alpha inhalées par le personnel des mines d'uranium* », par J. PRADEL, Y. FRANÇOIS, P. ZETTWOOG, France. *Dans la dosimétrie individuelle et la surveillance de l'atmosphère en ce qui concerne le radon et ses produits de filiation*. Compte rendu d'une réunion de spécialistes de A.-E.-N. Elliot LAKE, Canada, 4-8 octobre 1976, O.C.D.E.
- [12] Thèse de M. SAUMANDE, Professeur à l'université de Limoges.
- [13] « *Influence de l'activité minière et du traitement du minerai d'uranium sur la radioactivité atmosphérique* », F. HENNEBEL (1976), CEA ; STEPPAM ; CPMU ; IUT - Biologie et hygiène de l'environnement.
- [14] *L'Humanité* du 23-12-1978.
- [15] Pour cette partie, on peut consulter les sources suivantes :
 - « *Le retraitement* », Gazette nucléaire N° 24,
 - « *La fin du cycle* », Gazette nucléaire N° 43,
 - « *La vitrification des déchets nucléaires* », par M. BARRÈRE, La Recherche N° 91,
 - « *Le retraitement des combustibles nucléaires* », par F. DAVID et J.-P. SCHAPIRA, La Recherche N° 111,
 - « *Le stockage des déchets nucléaires* », par G. ROCHLIN, La Recherche N° 122,
 et bien entendu les références de ces différents articles.
- [16] *Energie nucléaire : question et choix*. Extraits du résumé du rapport du groupe de travail, parrainé par la Fondation Ford et réalisé avec l'aide de la Mitre Corporation Annales des Mines, mai-juin 1978.
- [17] *Physics Today* 33, avril 1980, p. 21.
 NUREG/CR-0895, *Solidification of high level radioactive wastes, final report of National Academy of Engineering and National Academy of Sciences (U.S.A.)*, juillet 1979.