

Réunion de la Société Française de Cosmétologie  
Paris, 27 février 1975

FR 7600 736

LA DECONTAMINATION MICROBIOLOGIQUE DES COSMETIQUES  
ET PRODUITS DE BEAUTE PAR IRRADIATION

---

J. LAIZIER - G. GALAUD

1. INTRODUCTION

L'utilisation de l'irradiation pour la destruction des microorganismes ou pour la modification des systèmes biologiques est maintenant une technique largement utilisée. La stérilisation des accessoires médicaux et chirurgicaux est en particulier effectuée par plus de 50 installations dans le monde entier ; d'autres traitements concernent différents aliments comme les pommes de terre, le blé, les oignons etc....

Un autre secteur industriel paraît maintenant en passe d'utiliser ce type de traitement : il s'agit de l'industrie des cosmétiques.

Les contaminations par les microorganismes entraînent, pour ces produits, deux types d'inconvénients :

- une dégradation du produit lui-même, le rendant inutilisable : modification de couleur, d'odeur etc....
- des risques pour les utilisateurs au plan de la santé, pouvant conduire ces derniers à renoncer à utiliser le produit (allergies dues aux conservateurs ou infections).

La radiostérilisation vise à obtenir une disparition aussi totale que possible des microorganismes présents. Dans le cas de la radiodécontamination, on vise simplement à en ramener le nombre au-dessous d'un niveau acceptable du point de vue de la qualité du produit, c'est-à-dire qui permettent d'éviter les inconvénients précédents.

.../...

## 2. LA DESTRUCTION DES MICROORGANISMES PAR IRRADIATION

Lorsqu'on soumet un milieu contaminé par un microorganisme donné à une irradiation, on constate une diminution progressive du nombre de survivants fonction de la dose de rayonnement délivrée (Fig. 1).

La courbe de décroissance est en général linéaire en coordonnées semi logarithmiques. On peut donc la caractériser par sa pente, qu'on exprime en général par la "dose de réduction décimale"  $D_{10}$  c'est la dose permettant de diviser par 10 le nombre de microorganismes présents dans le milieu. Cette valeur caractérise la sensibilité du microorganisme considéré à l'irradiation.

Les doses sont mesurées en "rad", unité qui correspond à une énergie délivrée de 100 erg/g. On utilise généralement les multiples du rad, le Krad ( $10^3$  rad) et le Mrad ( $10^6$  rad).

La Fig. 2 donne des valeurs de  $D_{10}$  pour différents microorganismes.

Elle appelle deux commentaires :

- ces doses sont faibles, pour la plupart des cas de quelques dizaines de milliers de rad seulement,

- elles diffèrent notablement d'un microorganisme à l'autre, les sporulés étant de beaucoup les plus résistants.

Ces valeurs des doses de réduction décimales permettent, en principe, le calcul de la dose totale à délivrer pour traiter un produit donné. Il suffit pour cela de connaître le nombre de germes présents, leur nature et donc leur  $D_{10}$ , ainsi que la valeur finale de contamination qu'on souhaite atteindre. Prenons, par exemple (Fig. 3), le cas d'une population de  $10^4$  germes/g qu'on souhaite ramener à  $10^{-1}$  germes/g. On sait, par ailleurs, que les microorganismes présents ont une  $D_{10}$  maximum de 100 krad. Il convient donc, pour obtenir la réduction désirée, de délivrer une dose de 500 krad.

L'action du rayonnement est, dans la réalité, un peu plus complexe : la sensibilité des microorganismes dépend en effet du milieu qu'on traite (Fig. 4), et la courbe de décroissance n'est

.../...

pas toujours linéaire (Fig. 5). On préfère donc, généralement, déterminer de façon expérimentale la dose à appliquer pour obtenir la décontamination voulue. On irradie pour cela le produit considéré à une gamme de doses pour vérifier ensuite le résultat obtenu.

### 3. MISE EN OEUVRE DU TRAITEMENT

Le cobalt 60 est actuellement la source de rayonnement la plus utilisée. Ce radioélément est en effet facile à produire dans les réacteurs nucléaires, sa durée de vie est suffisamment longue, et la pénétration du rayonnement qu'il émet permet de traiter sans difficulté et de façon homogène des emballages commerciaux standard.

Le rayonnement  $\gamma$  émis est électromagnétique, de même nature que la lumière : il ne se différencie des rayons X que par la longueur d'onde, et son énergie (1,3 MeV) le rend incapable d'activer la matière. Il n'y a donc aucun risque de voir les produits irradiés devenir radioactifs, même pour des doses d'irradiation très élevées.

Le traitement est réalisé dans des installations d'irradiation, qui comportent en général les éléments suivants :

- les sources proprement dites, sous forme de barreaux, constitués des plaquettes du radioélément, sous un double gainage d'acier inoxydable,

- le dispositif de stockage, qui renferme le porte-source lorsque l'irradiateur est à l'arrêt. C'est dans la plupart des cas une piscine : sous une épaisseur suffisante, l'eau est un absorbant efficace et commode du rayonnement  $\gamma$ ,

- la casemate d'irradiation dans laquelle le traitement est effectué. La protection contre le rayonnement est ici assurée par une épaisseur importante de béton,

- les dispositifs complémentaires : le convoyeur permettant de faire défiler les colis devant les sources et d'obtenir une bonne homogénéité de traitement (Fig. 6) ; les dispositifs de contrôle et sécurité etc.....

Les colis sont donc introduits dans la source où ils demeurent un temps suffisant pour recevoir la dose nécessaire. Ce temps

dépend bien entendu de la dose, de la quantité traitée et de la puissance de l'installation. Il est en général de plusieurs heures. La température des objets traités, compte tenu du temps sur lequel s'étale la délivrance de la dose, demeure pratiquement constante.

#### 4. PROBLEMES LIES AU TRAITEMENT DE RADIODECONTAMINATION

##### 4.1. Sûreté du traitement -

L'un des avantages principaux apportés par le traitement d'irradiation est la sûreté qu'il apporte quant au résultat obtenu. Du fait de la pénétration du rayonnement  $\gamma$ , on est certain que tous les points du colis sont irradiés ; pourvu que les différents paramètres du traitement (temps de passage en irradiateur, activité des sources, épaisseur et densité des colis etc...) aient été convenablement fixés, et une fois les mesures dosimétriques effectuées, la stabilité d'émission du radioisotope garantit un traitement particulièrement fiable. Les colis sont par ailleurs extérieurement munis d'un indicateur d'exposition ("go-no-go") ; il évite toute confusion entre ceux d'entre eux qui ont été déjà traités et ceux qui doivent l'être.

##### 4.2. Modifications des produits traités -

L'irradiation entraîne la mort des microorganismes parce qu'elle modifie certaines de leurs molécules, désorganisant ainsi leur métabolisme.

Mais elle n'est pas sans modifier également une partie des molécules des produits irradiés. Dans de nombreux cas, le nombre et l'étendue de ces modifications sont suffisamment faibles pour être négligeables. Les doses à délivrer pour la décontamination sont en effet limitées. Dans d'autres cas, cependant, les dégradations sont trop importantes pour permettre la réalisation du traitement. Il est donc important de donner quelques lignes directrices à ce sujet.

##### 4.2.a. Emballages

Dans la majorité des cas, les doses de décontamination n'entraînent pas de modifications sensibles des caractéristiques mécaniques utiles des plastiques irradiés, la seule exception

notable étant le Téflon qui se dégrade très rapidement (Fig. 7). Par contre la couleur de quelques polymères (par exemple PVC, v. urée formol) peut se trouver modifiée (tandis que les colorants eux-mêmes sont stables) ce qui conduit à utiliser des compositions spécialement stabilisées en vue de l'irradiation. Les verres usuels se trouvent colorés en brun ou en violet. Il semble toutefois possible de faire appel ici aussi à des compositions stabilisées pour éviter ce phénomène.

#### 4.2.b. Produits

Les cosmétiques et produits de beauté sont généralement des mélanges complexes de composés minéraux, de composés organiques et d'eau.

Les composés minéraux ne sont en rien modifiés par l'irradiation et ne posent donc aucun problèmes de ce point de vue.

L'eau par contre est un constituant important : la molécule d'eau donne, en effet, naissance sous l'action du rayonnement à des radicaux très réactifs, qui sont susceptibles de modifier les molécules organiques voisines, renforçant ainsi l'action directe du rayonnement.

Les molécules organiques, quant à elles, subissent principalement des réactions de rupture, de réarrangement et d'oxydation. Selon leur sensibilité propre à l'irradiation et à l'oxydation, selon les produits secondaires formés, les effets constatés revêtent un caractère négligeable, acceptable ou rédhibitoire. Certains colorants, quelques parfums se révèlent ainsi très sensibles, et peuvent amener à changer la formulation d'un produit donné. On constate également, dans quelques cas, à la suite de coupures de chaînes macromoléculaires, une variation de la viscosité de certains produits incorporant des épaississants, variation qu'il faut compenser en modifiant la concentration initiale du constituant en cause.

L'expérience actuelle montre qu'au total la majorité des produits ne se trouve pas sensiblement modifiée ; pour beaucoup d'autres, un léger ajustement de formulation permet de réaliser le traitement. Pour d'autres, enfin, il n'apparaît pas possible de traiter le produit final ; on doit alors rechercher le ou les constituants responsables de la contamination pour les traiter isolément avant mélange.

#### 4.3. Mise en oeuvre d'une installation d'irradiation -

Il peut paraître paradoxal d'affirmer que la mise en oeuvre d'une installation d'irradiation renfermant plusieurs milliers de curies d'un isotope émetteur  $\gamma$  est particulièrement sûre et simple. C'est pourtant tout à fait exact, pour les raisons suivantes :

- l'expérience acquise au cours des vingt dernières années sur les unités destinées à la radiostérilisation a permis la mise au point de dispositifs mécaniques et de chaînes de sécurité qui sont à la fois sûrs et efficaces. Cette mise au point parfaite était et demeure une nécessité absolue, du fait même des craintes qui s'attachaient à l'utilisation des radioéléments et des rayonnements.

- Les dispositifs constituant l'installation d'irradiation (transfert des sources, convoyeurs etc...) sont des dispositifs mécaniques simples et robustes, nécessitant un entretien limité.

- Une fois les conditions de traitement fixées (ce qui peut être réalisé avec l'aide, éventuellement, de spécialistes), le contrôle du fonctionnement lui-même est particulièrement facile et ne laisse pas de place aux incidents : le fonctionnement mécanique est de surveillance aisée, et, par ailleurs, le radioélément lui-même ne risque en aucun cas d'interrompre son émission  $\gamma$ .

#### 5. ECONOMIE DU TRAITEMENT

Il n'est pas possible, dans les limites de cet exposé, d'analyser de façon détaillée la décomposition du coût de traitement. Il est par contre souhaitable et possible de donner des ordres de grandeurs d'investissements et de coûts, en indiquant les principaux facteurs qui les modifient.

Le coût d'un irradiateur dépend en premier lieu de sa charge en cobalt, qui s'exprime en "curies".

Cette charge en cobalt conditionne évidemment la capacité de traitement, suivant une relation :

$$C : 1,87 \cdot 10^2 \cdot \frac{PD}{\eta}$$

ou C : activité de la source en curies

.../...

P : kg/hr de produit traité  
D : dose en Mrad  
 $\eta$  : rendement d'irradiation %.

Les capacités courantes sont de un ou plusieurs millions de curies. En prenant, à titre d'exemple, un rendement de 30 %, une dose de 1 Mrad, et une activité de  $10^6$  cie, la capacité de traitement est de 1600 kg/hr.

La seule charge de cobalt représente une part très appréciable de l'investissement, puisque le coût actuel de ce radioisotope se situe vers 2-2,50 F/cie. Le coût de l'installation elle-même, à ce niveau de capacité, se situe vers 1 à 2 millions de francs.

Ces données sont toutefois insuffisantes, à elles seules, pour déterminer l'économie du traitement (Fig. 8). Parmi les autres facteurs à prendre en considération, il faut citer :

- la dose de traitement, qui dépend du facteur de réduction choisi,
- la densité des produits, et, en relation, le degré de spécialisation de l'irradiateur, (aptitude à traiter ou non des densités variées),
- le rendement de l'installation, qui dépend de sa conception,
- le taux d'utilisation de l'installation. Les coûts de traitement comportent une part importante d'amortissement, une part faible de frais de fonctionnement. Une sous utilisation alourdit donc beaucoup les coûts. L'importance des investissements à consentir et la sensibilité du prix de revient au taux d'utilisation explique l'intérêt porté au traitement fait à façon dans des installations spécialisées. Le coût de ce type de traitement se situe dans une gamme 100 - 250 F/m<sup>3</sup> x Mrad (soit 0,50 à 1,25 F/kg Mrad pour une densité de 0,2), la variation du coût s'expliquant par les facteurs précédemment cités.

.../...

## 6. CONCLUSIONS

L'industrie des cosmétiques n'a pas attendu le développement des techniques d'irradiation pour fournir des produits qui satisfont le consommateur.

Cependant les exigences de qualité se font de plus en plus sévères et difficiles à atteindre. Il ne devient plus possible d'ignorer les possibilités offertes par la radiodécontamination. Sans être la panacée, cette technique peut apporter une contribution efficace à l'amélioration de la qualité des produits, en venant compléter l'arsenal des moyens disponibles, dont l'utilisation se trouve souvent limitée par des considérations techniques ou économiques.

Dans le but de produire plus propre, les fabricants seront vraisemblablement amenés à combiner les différentes techniques et à optimiser leur utilisation du double point de vue de la technique et de l'économie.

---



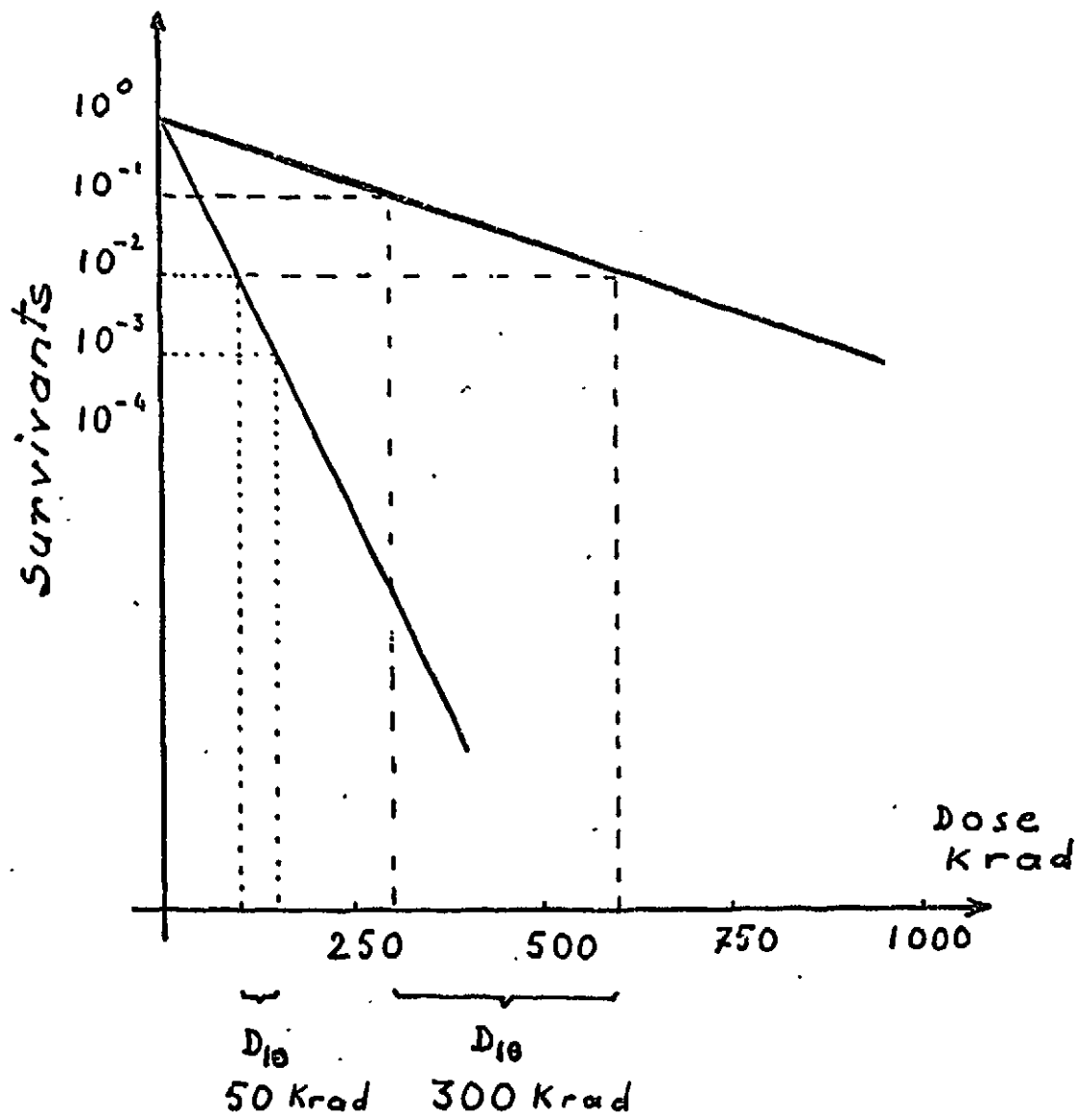


Fig 1

ECHELLE DE RADIORESISTANCE \*

Micro-organismes	Dose de réduction décimale (en krads)
Gram - { Pseudomonas..... E. Coli.....	6 10
Gram + { Lactobacillus..... Pediococcus..... Micrococcus..... Streptococcus faecium.....	15 60 70 50-100
Spores, clostridium, botulinum, valeur maximum.....	370
Levures.....	100
Moisissures { Penicillium, spores ou cellules végétales..... Aspergillus.....	10-30 10-30

\*Selon P. Dupuy, INRA (1962).

Fig. 2

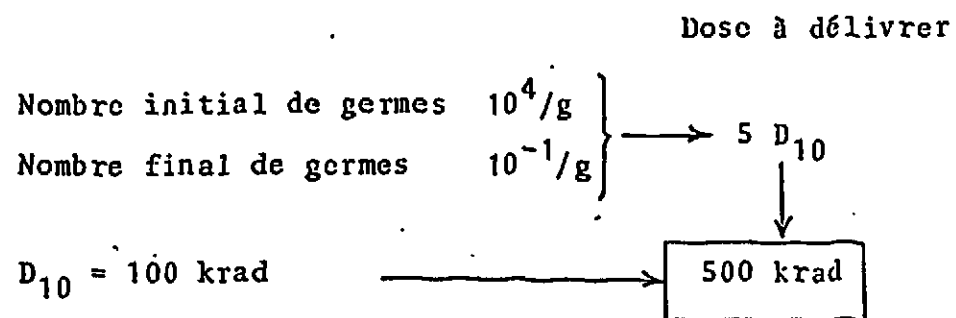


Fig. 3 - Détermination de la dose de décontamination.

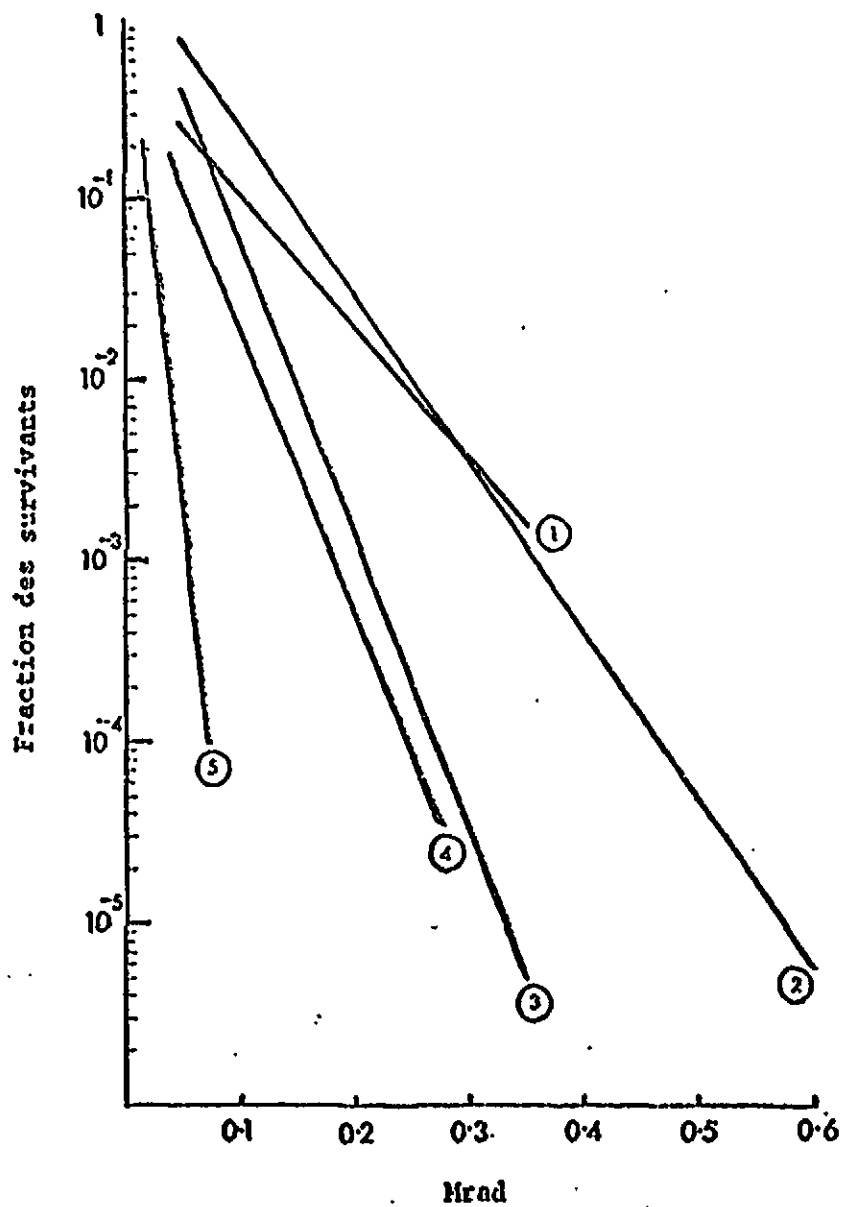


Fig. 4

- Courbes de survie en fonction de la dose de *Salmonella typhimurium* dans divers milieux.

- 1 - Farine de poisson
- 2 - Viande congelée
- 3 - Viande non congelée
- 4 - Suspension tampon sans oxygène
- 5 - Suspension tampon aérée

D'après LEY (F.J.), BLEBY (J.), COATES (N.E.), PATERSON (J.S.)  
*Lab. Animal*, 3, 1969, p.228 (12) (151).

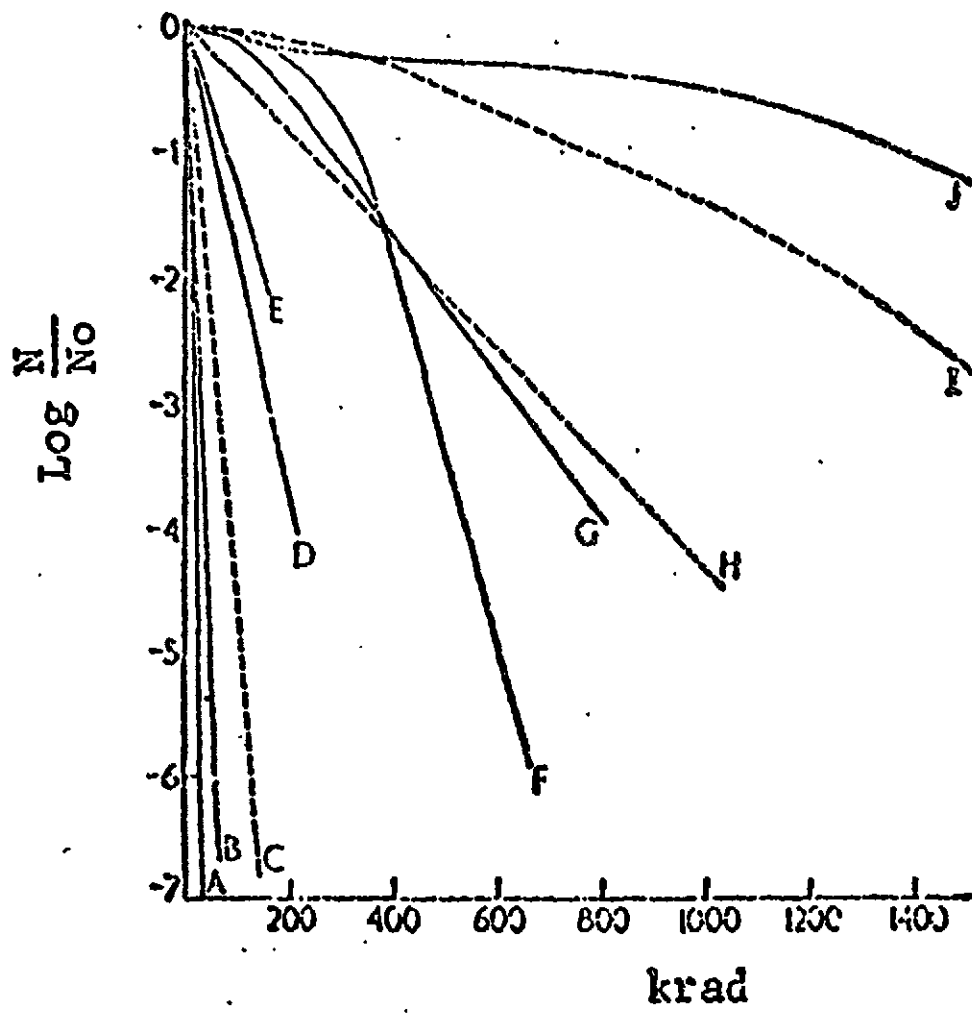


Fig. 5

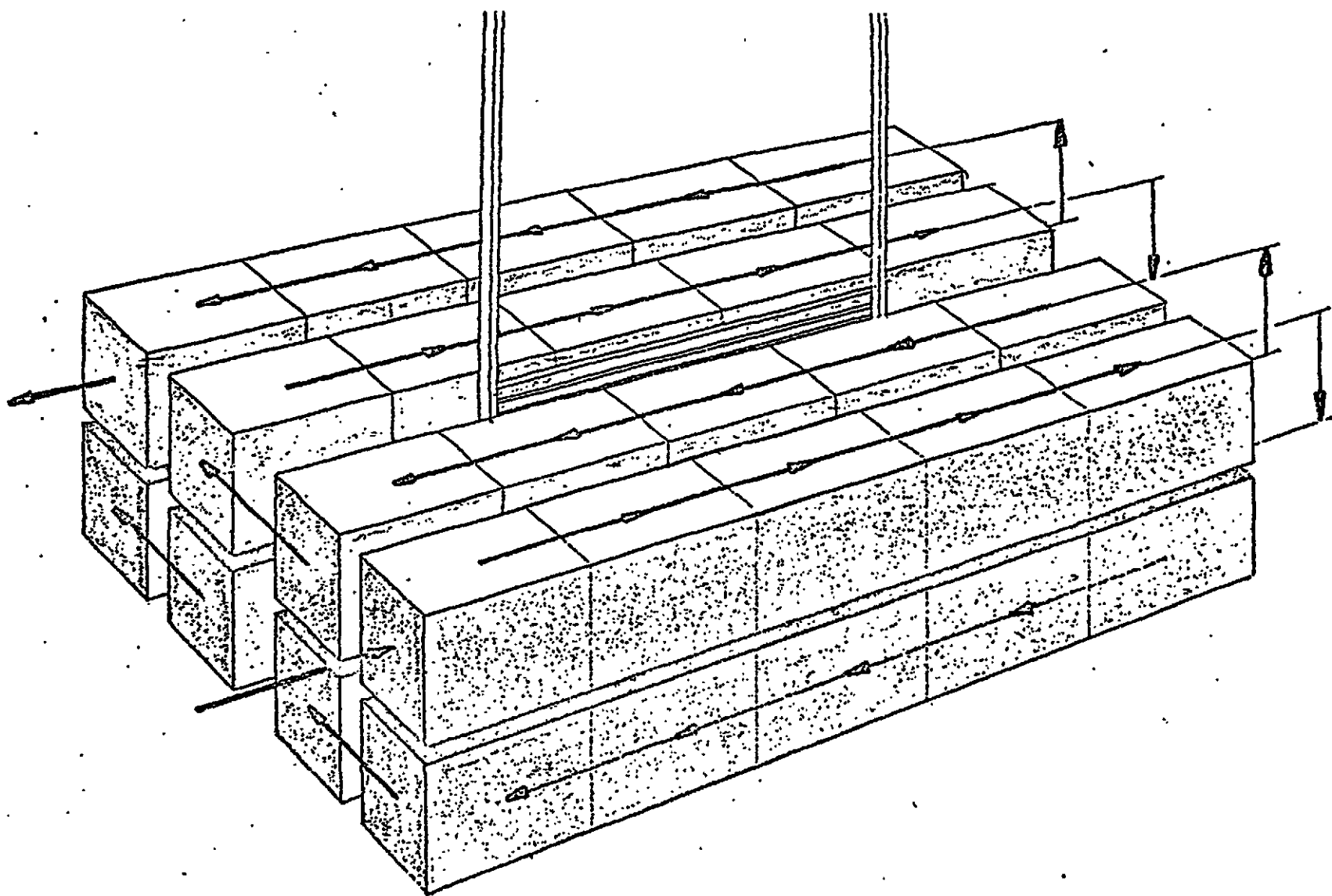


fig. 6 .Disposition des paquets dans un irradiateur gamma.

Plastiques	Propriétés mécaniques	Couleur
PE (HD et EVA BD)	+	+
PSt	+	+
PP	+ ( * )	+ ( * )
PVC	+	*
Nylon	+	+
PTFE	-	+
Urée formol	+	-

- + bonne tenue
- \* précautions à prendre
- mauvaises caractéristiques.

Fig. 7

Effet du rayonnement sur les plastiques  
aux doses de décontamination.

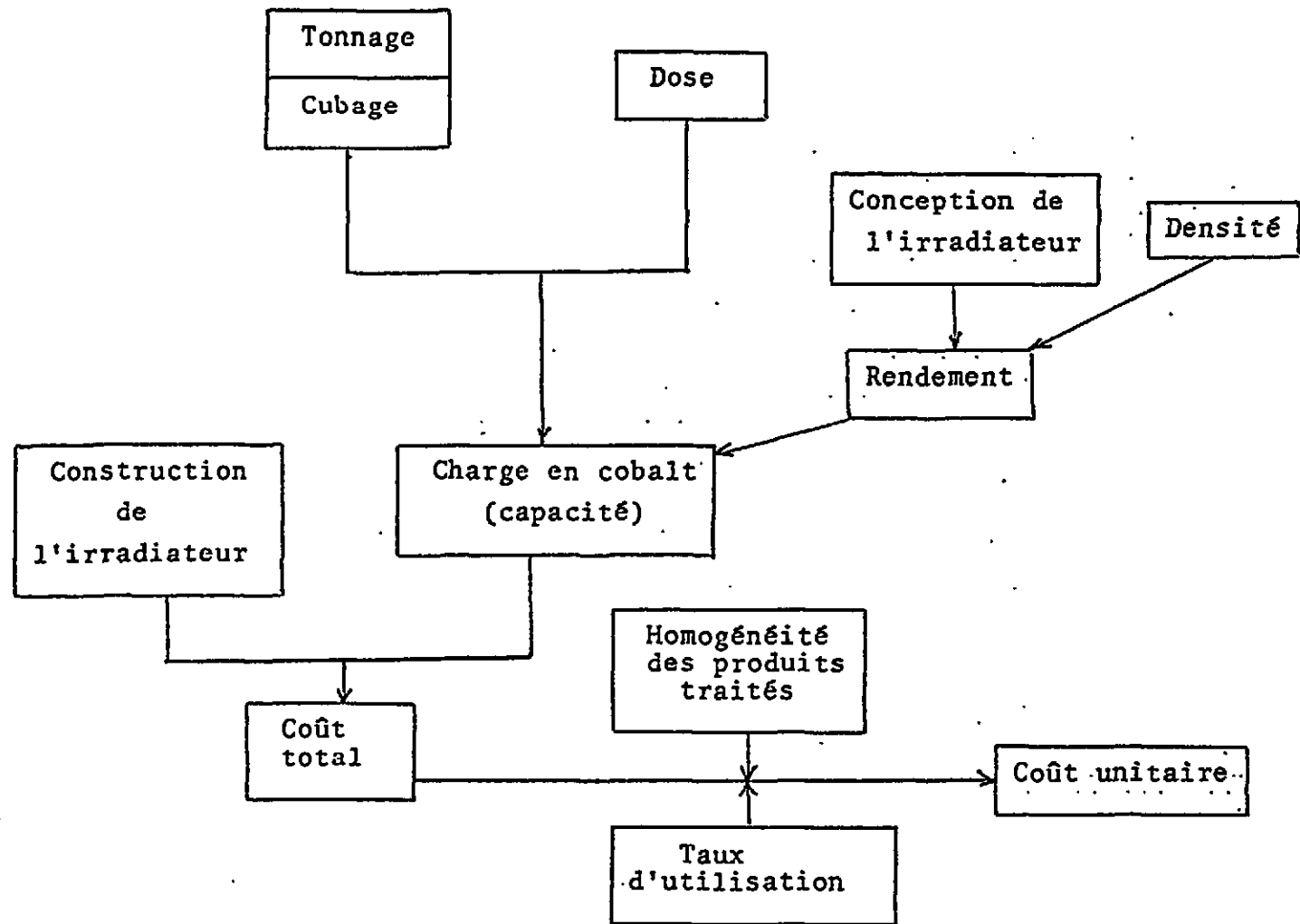


Fig. 8  
Economie du radiotraitement