

L'IRRADIATION DES ALIMENTS
PERSPECTIVES D'APPLICATION EN ALGERIE

Par A. BOUSSAHA

Chargé de recherche

Centre d'Etudes Nucléaires et Solaire

Commissariat aux Energies Nouvelles

I N T R O D U C T I O N

Les problèmes de malnutrition dans le monde sont devenus considérables, particulièrement dans les pays du Tiers Monde. L'un des obstacles majeurs que rencontrent ces pays pour atteindre l'autosuffisance dans le domaine alimentaire, reste le manque de moyens adéquats de conservation de leur production agricole exposée à une détérioration rapide en raison des conditions climatiques peu favorables (température et humidité élevées). Ainsi, selon la F.A.O, environ un quart de la production mondiale est perdue chaque année.

Les déperditions dans certains pays africains atteignent 40 à 50% par l'action de microorganismes et d'insectes. Il devient évident que la conservation de denrées alimentaires n'est pas moins importante que la production de ces denrées. Pour remédier au déficit alimentaire dans les pays en développement, il est nécessaire pour ces pays non seulement d'accroître leur production, notamment par l'amélioration des techniques culturales, mais aussi d'examiner toutes les possibilités d'élaboration de méthodes de conservation compatibles avec leur situation socio-économique et adaptés à leurs conditions climatiques.

Il existe des méthodes de conservation traditionnelles (salaison, séchage) et modernes (mise en boîte, réfrigération, fumaison, application d'ingrédients chimiques). Certaines de ces méthodes-

salaison, fumaison, produits chimiques n'assurent pas toujours une bonne salubrité des aliments et peuvent être nocives pour le consommateur du fait qu'elles sont susceptibles de produire des substances cancérogènes dans les denrées traitées. La réfrigération, quant à elle, consomme beaucoup d'énergie et si elle est très utilisée dans les pays industrialisés, elle ne peut constituer une solution économique surtout dans les pays à climat particulièrement chaud.

Une nouvelle technique mise au point depuis plusieurs années dans les pays développés et qui prend actuellement des proportions importantes dans les pays du Tiers Monde est le traitement de denrées alimentaires par rayonnements ionisants (irradiation).

EFFET DE L'IRRADIATION SUR LES ALIMENTS

Avant de décrire le principe d'application de l'irradiation à des fins de conservation des aliments, il est nécessaire de comprendre les processus responsables de la détérioration des aliments. Il en existe trois:

- biologique: actions des bactéries, champignons, insectes, parasites...
- chimique : réactions des composants des aliments (sucres-protéïnes, acides gras - oxygène, réactions enzymatiques....).
- physique : blessures et coupures durant la récolte et le transport, effet de l'humidité...

Selon la dose* de rayonnement, l'irradiation a pour effet d'empêcher la germination des tubercules et la reproduction d'insectes,

* La dose est la quantité d'énergie de rayonnement absorbée par unité de masse de matière. L'unité est le Rad: 1 Rad = 0,01 J/Kg
1 Gray (Gy) = 100 Rads = 1 J/Kg

elle sert aussi à désactiver les bactéries, les spores et les moisissures (Tableau I) et à retarder la maturation des fruits.

E S P E C E S	Dose (k Gy)
<i>Pseudomonas</i> spp.	0.10 - 0.20
<i>Escherichia coli</i> (aérobie)	0.12 - 0.35
<i>Escherichia coli</i> (anaérobie)	0.20 - 0.45
<i>Salmonella</i> spp.	0.20 - 0.50
<i>Streptococcus faecalis</i>	0.50 - 1.00
Fungus spores (<i>Penicillium</i> , <i>Aspergillus</i> etc...)	0.50 - 0.70
<i>Bacillus pumilus</i>	ca. 1.70
<i>Clostridium sporogenes</i>	1.60 - 2.20
<i>Clostridium</i>	1.50 - 1.95
<i>Micrococcus sodonensis</i>	ca. 1.95
<i>Micrococcus radiodurans</i>	5.00

Tableau I: Valeurs de D_{10} (dose d'irradiation correspondant à une réduction décimale) pour quelques microorganismes (1).

L'effet de l'irradiation sur les microorganismes et insectes réside principalement dans le fait que les rayonnements ionisants inhibent la synthèse de l'ADN, responsable de la division cellulaire, et empêchent ainsi leur reproduction. Au niveau de l'aliment traité, les rayonnements provoquent seulement un choc d'une durée brève et affectent surtout les cellules en voie de division et les tissus qui se développent rapidement tels que méristèmes et tissus germinatifs des tubercules.

Le tableau II donne les doses requises pour les différentes applications de l'irradiation des aliments.

A P P L I C A T I O N	DOSE REQUISE (kGy)
Inhibition de la germination de pommes de terre et oignon	0.03 - 0.12
Désinfection de céréales, fruits secs..	0.2 - 0.8
Désinfection de parasites dans les viandes et autres aliments	0.1 - 3.0 -
Radurisation de fruits, légumes, viandes, poulet, poisson... (radiopasteurisation)	0.5 - 10
Radication de viande congelée, poulet, oeufs.. (destruction de bactéries pathogènes pour l'homme).	3.0 - 10
Réduction ou élimination de populations de microbes dans les épices, amidon...	3.0 - 20
Radappertisation de viande, poulet, poisson... (stérilisation complète).	25 - 60

Tableau II: Doses requises pour les différentes applications de l'irradiation à des fins de conservation des aliments.

CARACTERISTIQUES DE L'IRRADIATION DES ALIMENTS

En général, on utilise les rayonnements gamma d'énergie inférieure à 5 MeV (^{137}Cs surtout ^{60}Co). Ces rayonnements appartiennent au spectre électromagnétique, au même titre que les rayons X et les rayons Ultra-violet et ne diffèrent de ces radiations que par leur énergie.

Les propriétés de l'irradiation sont:

1. L'irradiation ne produit pas de radioactivité dans les aliments et matériaux d'emballage. Le seuil d'induction de radioactivité est de 10 à 12 MeV, alors que les photons émis par une source de ^{60}Co ont respectivement des énergies de 1,17 MeV et 1,33 MeV.
2. L'irradiation est un processus physique comparable au traitement par chaleur ou par froid.
3. L'irradiation ne cause pratiquement pas d'élévation de température dans le produit traité. A titre d'exemple, une dose de 50 KGy est équivalente à 12 calories seulement.
4. L'irradiation peut être appliquée à tout type d'emballage en raison du pouvoir de pénétration des rayonnements gamma.

SALUBRITE DES ALIMENTS IRRADIES

L'aptitude des aliments irradiés à la consommation humaine n'est plus contestée depuis plusieurs années. Les analyses des constituants biochimiques de nombreux types d'aliments (amylacées, fruits, viande, poisson, légumes), n'indiquent aucune modification significative des qualités nutritionnelles des aliments irradiés à des doses inférieures à 10 kGy. L'absence de produits spécifiques décelables résultant de l'irradiation rend, d'ailleurs, difficile

la reconnaissance d'aliments irradiés. Une étude intéressante faite par Diehl et Scherz en 1975 (2) avait montré que dans un aliment standard composé de 80 % d'eau, 6,6% de protéïnes, 6,6% de glucides et 6,6% de lipides, il se forme à 10 kGy moins de 20mg/kg de produits radiolytiques dont la plupart sont identiques à ceux produits par des traitements classiques. D'autre part des études toxicologiques menées sur des animaux dans le cadre du Projet International d'Irradiation des Aliments à Karlsruhe avaient démontré l'inocuité du traitement(3).

Sur le plan organoleptique, les qualités sensorielles des aliments irradiés ne sont pas en général affectées.

Les résultats des nombreuses études menées depuis plus de 30 ans dans le monde, avaient conduit en 1980, le Comité Mixte d'Experts (FAO/OMS/AIEA) à conclure que l'irradiation de tout aliment jusqu'à 10 kGy ne présente aucun risque pour le consommateur et n'affecte pas les qualités nutritionnelles des aliments (4). Le rapport indique qu'il n'est plus nécessaire d'entreprendre des études toxicologiques (souvent coûteuses) et nutritionnelles pour l'acceptation d'aliments irradiés à des doses allant jusqu'à 10 kGy. En Juillet 1983, par ailleurs, la commission du Codex Alimentarius, organisme intergouvernemental qui établit les normes mondiales pour les produits alimentaires, a adopté une norme générale internationale pour les aliments irradiés, accompagnée du code d'usage pour l'exploitation des installations d'irradiation. Ces décisions devraient permettre dans un proche avenir d'étendre la mise en application du procédé à de nombreux pays.

ASPECTS ECONOMIQUES ET ENERGETIQUES DE L'IRRADIATION DES ALIMENTS

De nombreuses études consacrées à la faisabilité économique de l'irradiation des aliments avaient démontré l'avantage de ce procédé comparé aux méthodes conventionnelles de conservation.

Les coûts de l'irradiation sont, en général, seulement de quelques pourcents de la valeur de l'aliment traité. Ces coûts peuvent aller de 1,50 dollar/tonne pour la désinsectisation du maïs à 0,06 dollar/kg pour l'élimination des salmonelles du poulet (5).

L'irradiation consomme, en général, moins d'énergie que les autres formes classiques de conservation (6, 7, 8). Ainsi, l'énergie utilisée pour l'inhibition de la germination de la pomme de terre et de l'oignon est d'environ 0,02 MJ/Kg tandis que le stockage de ces produits à 4°C pendant six mois consomme environ 2,7 MJ/kg (9).

Le tableau III donne les dépenses énergétiques comparées de quelques procédés de conservation.

Inhibition de la germination	12
Désinsectisation (0,25 kGy)	7
Radurisation(2,5 kGy)	21
Radappertisation (30 kGy)	157
Stérilisation par chaleur	918
Surgélation (de 4,4°C à 23,3°C)	7552
Conservation à -25°C	5149
Réfrigération à 0°C pendant 5,5 jours	318
Réfrigération à 0°C pendant 10,5 jours	396

Tableau III: Dépenses énergétiques comparées en kJ/Kg pour quelques procédés de conservation (9).

Tableau IV :

Autorisations inconditionnelles et provisoires accordées pour des produits alimentaires d'origine étrangère

Produits alimentaires	Pays															
	Afrique du Sud	Argentine	Bangladesh	Belgique	Canada	Chili	Colombie	Espagne	Etats-Unis	France	Hongrie	Israël	Italie	Malaisie	Maroc	Thaïlande
Pommes de terre	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x
Oignons	x		x	x	x	x		x		x	x	x	x		x	x
Ail	x			x						x			x			
Echalotte				x						x						
Blé, farine, farine de blé entière			x		x	x			x							
Épices			x	x		x			x	x	x			x	x	
Poulet	x		x			x						x				x
Poisson et produits à base de poisson (réfrigérés, congelés)			x			x										x
Crevettes congelées			x													x
Cuisses de grenouille			x													x
Riz et produits à base de riz usiné			x			x										x
Pain de seigle																x
Céris en poudre																x
Protéines de sang																x
Fèves de cacao							x									x
Dattes								x								
Légumes à gousse			x			x										
Papayes	x		x			x										
Mangues	x		x			x										
Fraises	x			x		x										x
Poivrons				x												
Achar de mangue	x															
Bananes (fraîches, séchées)	x															
Litchis	x															
Concentrés de produits alimentaires déshydratés																
Céréales																x
Fruits secs																x
Champignons																x
Endives																x
Asperges																x
Pâte à pâtisserie																x

L'IRRADIATION DES ALIMENTS DANS LE MONDE

Le recours à l'irradiation pour la conservation de denrées alimentaires est actuellement autorisé dans plus de 20 pays pour environ 80 produits (Tableau IV). Bien que la faisabilité technologique et économique de ce procédé a été démontrée dans de nombreuses études, son application industrielle à l'échelle internationale reste limitée (35 000 tonnes seulement de produits irradiés en 1983) en raison, notamment, du manque de législation dans ce domaine. Le développement d'installations d'irradiation à vocation spécifiquement agro-alimentaire a eu lieu seulement dans quelques pays: URSS, Pays-Bas, Japon, Canada, Afrique du Sud, Etats-Unis, Allemagne de l'Est, Australie, Belgique... La coopération agricole de Shihoro au Japon a créé la première installation en 1973 et y traite 30 000 tonnes de pomme de terre par an. Au pays-Bas, l'autorisation est accordée actuellement pour 25 produits et l'irradiateur Gammaster traite 30 à 35 tonnes de denrées alimentaires chaque semaine parmi lesquelles des ingrédients, des épices, des oignons...(11). Plusieurs installations d'irradiation destinées au traitement de denrées alimentaires ou polyvalentes sont actuellement en cours de réalisation dans plusieurs pays: Etats-Unis, Italie, Hongrie, URSS, Thaïlande, Bengladesh, France... (12).

POSSIBILITE D'APPLICATION DE L'IRRADIATION DES ALIMENTS EN ALGERIE

1. Inhibition de la germination de la pomme de terre par irradiation

L'Algérie produit actuellement près de 60 000 tonnes de pomme de terre dont près de 60% dans les régions de l'Ouest du pays (Tableau V).

La production s'étale sur plusieurs mois avec toutefois une période de soudure allant de Août à début Novembre. Le calendrier des récoltes (Tableau VI) indique une forte production au printemps et en été (70 à 80% de la production totale annuelle) alors que la demande

de consommation est la plus importante en hiver. A titre indicatif, la consommation en Juin et Juillet est de 1500 tonnes/mois seulement alors qu'en Octobre et Janvier les besoins sont estimés respectivement à 40 000 tonnes et 100 000 tonnes.

La région de Mascara produit plus de 130 000 tonnes de pomme de terre de saison (été). Les besoins de consommation de la Wilaya n'étant que d'environ 10 000 tonnes par an, la presque totalité de la production est destinée à l'alimentation du marché national et nécessite des moyens de stockage sous froid adéquats pour assurer une bonne conservation pendant plusieurs mois. Les capacités de stockage sous froid à l'échelle nationale sont évaluées actuellement à 77 500 tonnes et seulement une capacité globale de 50 000 tonnes a pu être réservée cette année à la pomme de terre de Mascara, ce qui conduit à un déficit important d'environ 80 000 tonnes. Le recours au stockage traditionnel en forêt, dont la durée n'excède pas 2 à 3 mois en raison des déperditions importantes causées par les températures élevées de l'été, ne peut permettre une meilleure régulation du marché national puisque la période de production et la période de grande consommation sont séparées de plusieurs mois. On estime les besoins de consommation pour les mois de Septembre à Novembre à quelques 120 000 tonnes de pomme de terre (près de 20% de la consommation annuelle) dont une partie non négligeable sera importée.

L'utilisation de rayonnements ionisants pour l'inhibition de la germination et donc la prolongation de la durée de conservation de plantes radiculaires est reconnue depuis longtemps comme une technique prometteuse. Elle peut constituer une alternative intéressante aux problèmes de stockage de la pomme de terre en Algérie.

Les études préliminaires menées au C.E.N. durant l'année 1984, à l'échelle de laboratoire, sur les variétés Mirka, ostara et Désirée ont démontré l'efficacité du traitement par irradiation et conduisent aux conclusions suivantes:

MASCARA	13 000 (t)	AIN DEFLA	16.000 (t)
TLEMCEN	60 000	BOUMERDES	38 000
MOSTAGANEM	50 000	BLIDA	41 000
ORAN	18 000	TIPAZA	40 000
RELIZANE	14 000	TIZI-OUZOU	17 000
CHELIF	13 000	BOUIRA	11 000

Tableau V: Principales zones de production de la pomme de terre en Algérie.

Récolte	Lieu de production	Période	Production en tonnes	% de la production annuelle
Hiver	Littoral basses plaines	Fév-Avril	50.000 - 60.000	10%
		Avril-Mai	80.000 - 100.000	15% - 20%
	Littoral Basses plaines Hautes plaines	Fin Mai Début Août	300.000 - 330.000	55% - 60%
	Littoral Hautes plaines	Fin Oct.- Déc.	80.000 - 100.000	15% - 20%

Tableau VI: Calendrier de production de la pomme de terre en Algérie (1984 - 1985).

Variété Mikra

- Pour les lots témoins (non irradiés), la germination a été totale au bout de 7 semaines de stockage à température ambiante.
- La dose de 8 Krad constitue la dose optimale. A cette dose, la durée de conservation est estimée à 20 semaines, à température ambiante.
- Pour un stockage à 10°C, les durées de conservation des tubercules non irradiée (lot témoin) et irradiée à 8 Krad, sont respectivement de 12 semaines (taux de germination supérieur à 50%) et 28 semaines.

Variété Ostara et Désirée

Les essais ont porté sur 1,5 tonne de tubercules récoltées vers la fin du mois de Septembre, irradiés à des doses de 5,8 et 12 Krad et stockés à 4°C, 10°C et à température ambiante.

- Les tubercules irradiés à 8 Krad et stockés à température ambiante présentent une meilleure qualité, la durée de stockage a atteint 18 semaines (expérience en cours).
- La germination est totale dans tous les témoins (non irradiés) et stockés aux différentes températures.
- La fréquence de germe est beaucoup plus faible pour la variété Désirée qui semble présenter une très bonne aptitude au stockage.

Pour l'ensemble des variétés étudiées, les analyses biochimiques ont démontré que l'irradiation ne modifie pas les propriétés nutritives et organoleptiques des tubercules. Toutefois, la teneur en vitamine C diminue légèrement pour les tubercules irradiés à 8 et 12 Krad. En outre, il a été constaté une faible accumulation de sucres solubles dans les tubercules irradiés.

Les expériences en cours et celles prévues pour 1986 devront permettre d'établir la faisabilité technico-économique de la conservation de la pomme de terre par irradiation, à l'échelle commerciale. Les objectifs de ces travaux sont:

- de déterminer les conditions optimales de radiotraitement en fonction de la variété et de la période de dormance.
- d'évaluer la durée de stockage dans les conditions naturelles et contrôlées des tubercules irradiés.
- d'évaluer l'influence du transport (avant et après irradiation) sur la durée de conservation et de déterminer les taux de détérioration des tubercules irradiés dans les conditions actuelles de manutention et de distribution.
- de déterminer l'acceptabilité par les consommateurs de la pomme de terre irradiée en conduisant des tests de commercialisation.
- d'établir des analyses coût-bénéfice basées sur les résultats des tests de distribution et de commercialisation.

2. Inhibition de la germination de l'oignon

L'oignon joue un rôle important dans l'alimentation des algériens. Du point de vue quantitatif, il constitue l'un des principaux légumes après la pomme de terre. Avec les données disponibles actuellement il est difficile d'estimer avec précision la production et la consommation en oignon. Les statistiques officielles donnent les chiffres suivants:

- 78 510 tonnes pour une superficie de 9 770 hectares en 1974
- 112 887 tonnes pour une superficie de 13 560 hectares en 1982.

Une enquête effectuée sur le terrain à des sources variées, indique pour l'année 1984 une production de 200 000 à 250 000 tonnes. L'écart entre ces deux chiffres vient de ce que le secteur privé, largement majoritaire, minimise son rendement réel.

La presque totalité de la production est récoltée en fin d'été, au cours des mois de Juillet - Août. Cette production nécessite des conditions de stockage appropriées pour la préserver des

fortes chaleurs et réguler sa distribution dans le temps. On estime qu'au moins 20% de la production doit être conservée pour une consommation hors-saison, soit 40 000 à 50 000 tonnes. Cependant, actuellement aucun moyen de stockage approprié n'est appliqué (pour l'oignon le stockage est 30% plus coûteux que dans le cas de la pomme de terre) et les inhibiteurs chimiques de la germination ne sont pas utilisés. Les déperditions atteignent 30% de la production nationale causant des fluctuations importantes des prix d'une saison à une autre.

La faisabilité de réduction des pertes post-récolte de l'oignon par inhibition de la germination à l'aide de doses de rayonnement (6 à 15 Krads) a été étudiée dans plusieurs pays. Des expériences sur les deux variétés les plus cultivées en Algérie "Jaune d'Espagne" et "Rouge d'Amposta" sont en cours dans notre laboratoire. Elles doivent établir les conditions optimales d'irradiation (dose, période de dormance) qui permettraient d'étendre la durée de stockage dans les conditions non contrôlées, (température ambiante) jusqu'à 4 à 6 mois.

Par ailleurs des essais de transport sur de grandes distances seront menés en vue de tester les possibilités de commercialisation de l'oignon dans des zones de consommation situés loin des zones de production.

3. Désinsectisation et conservation de dattes par irradiation

L'Algérie compte 7 millions de dattiers-palmiers, soit près de 8% du total mondial et produit annuellement environ 150 000 tonnes de dattes.

Une partie importante de la population vit de la culture du palmier-dattier dont le fruit constitue un élément appréciable de l'alimentation humaine et animale dans le Sud. Les dattes fraîches dont une bonne partie est exportée (25 000 à 30 000 tonnes) sont généralement préférées aux dattes sèches pour la consommation humaine.

La commercialisation de la datte se heurte toutefois actuellement à des problèmes de conservation dus à la perméabilité de la datte fraîche et l'infestation de la date sèche par des insectes (lépidoptères, coléoptères...).

Bien que la fumigation soit généralement considérée comme une méthode efficace de traitement des fruits pour l'éradication d'insectes, elle ne donne pas toujours les résultats escomptés du fait de son effect limité sur la viabilité de certains insectes à différents stades d'évolution, oeufs et larves surtout. En outre, souvent plusieurs fumigations sont nécessaires et à l'accumulation de résidus toxiques, tels que le chlorure de méthyle, peut excéder les seuils de tolérance.

Des expériences préliminaires menées en Irak sur les dattes et dans d'autres pays (Inde, Pakistan, Indonésie, ...) sur des fruits secs d'importance économique ont démontré l'application de l'irradiation gamma à la désinfectisation (à certaines doses de rayonnement, l'irradiation a un effet mortel sur les insectes) sa meilleure efficacité comparée à la fumigation. Il est donc intéressant d'entreprendre en Algérie des expériences préliminaires sur les effets de l'irradiation gamma sur les insectes de dattes et d'étudier la faisabilité technique de la désinsectisation par irradiation de dattes destinées à la commercialisation.

C O N C L U S I O N

L'irradiation constitue pour l'Algérie une alternative prometteuse pour l'accroissement des disponibilités alimentaires en raison de l'insuffisance de moyens appropriés de stockage et de transport.

Du point de vue technologique, les expériences préliminaires en cours dans notre laboratoire semblent indiquer une bonne

faisabilité de l'irradiation pour l'inhibition de la germination des variétés locales de pomme de terre.

L'analyse des perspectives montre qu'il est nécessaire de disposer à court terme d'une installation d'irradiation industrielle de la pomme de terre et de l'oignon. Pour des raisons économiques, cet irradiateur pourrait être construit dans la région de Mascara et traiter de 60 000 à 7000 tonnes de pomme de terre et 20 000 à 300 000 tonnes d'oignon durant les mois de Juin à Septembre. Dans ces conditions, le coût du transport du lieu de récolte à l'installation d'irradiation et aux zones de stockage sera minimisé.

Le reste de l'année, l'irradiateur pourrait être utilisé pour le traitement d'autres denrées telles que les dattes et pour la radiostérilisation de produits médicaux pour les hôpitaux. Cette application devrait accélérer même le développement d'unités industrielles de fabrication de fournitures médicales.

Compte tenu du fait que plusieurs pays ont déjà autorisé la consommation d'aliments irradiés, l'attitude du consommateur algérien ne devrait pas constituer à notre avis, un grand obstacle à l'introduction et à la promotion de cette nouvelle technologie. A cet égard, l'information joue un rôle déterminant.

R E F E R E N C E S

Becking J.H., "Radio-stérilization of Nutrient Media" - Miscellaneous Papers 9(1977) 55 - 87.

Landbouwhogeschool, Wageningen, Hollande.

Diehl J.F., Scherz H., Inst. J. Appl. Rad. Isotopes, 26 (1975) 499.

Wholesomeness of irradiated food - AIEA/OMS/FAO, Genève 1980.

Comité Mixte d'Experts AIEA/FAO/OMS, Rap. Tech. OMS Salubrité des aliments irradiés, n° 604 (1977) et n° 659 (1981).

Frazer F.M., "Gamma Radiation Processing Equipment and Associated Energy Requirements in Food Irradiation". Combination Processes in Food Irradiation". Combination Processes in Food Irradiation (Proc. of Symp. Colombo, Nov. 1980), IAEA, Vienne (1981) 413.

Balazs - Princs V., "Evaluation of the Economic Feasibility of Radiation Preservation of Selected Food Commodities". Atomic Energy Rev. 15-3, IAEA Vienne (1977) 407.

Brynjofsson A. "Energy and Food Irradiation". Food Preservation by Irradiation, vol II (Proc. of Symp. Wageningen, Nov. 1977) IAEA, Vienna (1978) 285.

Kalman B. "Analysis of the Economical Feasibility and Energy Demand of Food Irradiation" IFFIT Training Course, Wageningen (1981).

Brynjofsson A. "Food, Energy, Developing Countries, Food Irradiation". Combination Processes in Food Irradiation (Proc. of Symp. Colombo, Nov. 1980), IAEA, Vienne (1981) 421.

Van Kooij J. IAEA Bulletin, vol. 26, n° 2 (1984).

Oosterheet W.F., Stegeman Ir. H. "Traitement Ionisant des Aliments aux Pays-Bas". Session de formation CPCIA, Aix-Provence (1983).

Food Irradiation Processing - Publications AIEA, Fev. 1984.