

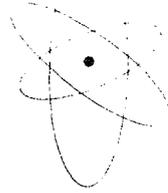
INIS-mf--13852

المملكة المغربية
ROYAUME DU MAROC

٩٥ م.

ASSOCIATION DES INGENIEURS
EN GENIE ATOMIQUE DU MAROC
A.I.G.A.M

جمعية المهندسين
في الهندسة النووية بالمغرب
ج.م.ه.ن.م



LA CONSERVATION DES DENREES ALIMENTAIRES PAR IONISATION



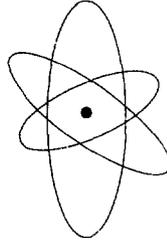
MA 94 00053

1/2



3/4

**ASSOCIATION DES INGENIEURS
EN GENIE ATOMIQUE DU MAROC
A.I.G.A.M**



Sous la présidence de
Moulay Driss Alaoui MDAGHRI
Ministre de l'Énergie et des Mines



**Journée d'information
sur**

**LA CONSERVATION DES DENREES
ALIMENTAIRES PAR IONISATION**

En collaboration avec le commissariat
à l'Énergie Atomique - France

Samedi 20 Avril
au centre Culturel Français
121, Bd Zerktouni Casablanca

SOMMAIRE

- Préface** **Moulay Driss M'DAGHRI**, Ministre de l'Energie et des Mines.
- Le mot du Président** **Monsieur MEKKI-BERRADA Abdelhamid**
Président de l'A.I.G.A.M.
- Présentation de l'Association**
- Compositon du comité**
- Productions et transformations des denrées Alimentaires d'origine animale au Maroc**
Pr. BELEMLIH
- L'assainissement et la conservation des aliments par ionisation.**
Monsieur Saint LEBE
- Développement de l'ionisation en France vu pour les industriels**
Monsieur Guy DARDENNE
- Application de l'ionisation en Agro-Alimentaire-Généralités**
P. Boisseau
- Avis de l'industrie alimentaire sur l'acceptation de l'ionisation**
Mme RKIEK
- Conditions d'introduction des techniques d'ionisation au Maroc**
Monsieur ALAMI
- Avis de l'industrie alimentaire sur l'acceptation de l'ionisation**
Monsieur Moog
- Document international sur l'irradiation des aliments**
AIEA/OMS/FAO
- Caractéristiques des rayonnements ionisants utilisés en Agro-Alimentaire**
Pr. Nourreddine

Preface de

Moulay Driss Alaoui M'DAGHRI
Ministre de l'Energie et des Mines



Il m'est particulièrement agréable de participer aujourd'hui à l'ouverture de cette importante manifestation scientifique que l'Association des Ingénieurs en Génie Atomique du Maroc a eu l'initiative d'organiser avec le concours du Commissariat à l'Énergie Atomique de France et certains organismes nationaux.

Le thème choisi pour cette journée d'information à savoir la conservation des denrées alimentaires par ionisation, nous interpelle doublement eu égard d'une part, à l'enjeu vital que revêt la question alimentaire à l'échelle mondiale et d'autre part à

l'impact médiatique que suscite le nucléaire dans l'opinion publique.

Sans m'étendre sur l'enjeu stratégique de la question alimentaire qui demeure une des préoccupations majeures des pays confrontés à une démographie galopante, je tiens à relever qu'en ce qui concerne les applications pacifiques de l'énergie nucléaire, leur apport au bien être de l'humanité est actuellement universellement admis.

En effet, depuis la découverte des rayons X à la fin du siècle dernier, de la radioactivité naturelle et artificielle au cours de ce siècle, le nucléaire a connu de prodigieuses applications dans les différents secteurs socio-économiques .

- En médecine pour le diagnostic, les traitements et la stérilisation.
- En agriculture pour l'amélioration des rendements et des variétés des cultures, la fertilisation des sols, la santé animale et la lutte contre les insectes ravageurs.
- En Hydrologie pour les études des nappes souterraines.
- Dans les mines pour la recherche des matières nucléaires et des métaux.
- En industrie pour les essais et contrôle de qualité.
- En énergie pour la production d'électricité grâce à la grande découverte de la fission nucléaire.

Dans ce cadre, la conservation des aliments constitue une des dernières applications des techniques nucléaires qui s'avère, d'après les spécialistes, fort rentable techniquement et économiquement et dont les questions de protection radiologique sont maîtrisées et ne présentent aucun risque pour l'homme et l'environnement.

Ainsi 24 pays dans le monde ont eu recours à ce procédé en Amérique, Europe et en Asie. Certains pays Africains s'y préparent sérieusement. Evidemment concevoir une technologie et convaincre l'opinion publique de son utilisation sont deux actions qui ne suivent pas nécessairement une démarche linéaire.

En effet, la sensibilité de l'opinion publique aux risques technologiques et particulièrement radioactifs nécessite une approche judicieuse en matière de communication pour démystifier les phénomènes de l'irradiation bien qu'ils soient maîtrisés scientifiquement et expliquer leurs avantages suivant le domai-

ne d'utilisation économique, social ou scientifique.

C'est à ce prix que la rumeur, les préjugés et les craintes du public pourraient être évitées.

Dans ce cadre, le rôle de l'information du public est capital et ne devrait pas être considéré relevant exclusivement du ressort des pouvoirs publiques ; le rôle des Associations culturelles concernées comme la votre est fondamental dans ce domaine.

En effet, le nucléaire est une affaire aussi bien du gouvernement, de la communauté scientifique que de l'opinion publique.

Par ailleurs, en tant qu'Association groupant des ingénieurs et des Universitaires, exerçant dans des secteurs d'activité divers, votre rôle d'information intéresse certainement des milieux professionnels potentiellement utilisateurs des techniques nucléaires, comme cela est le cas pour les représentants de l'Agro-industrie invités à ce séminaire.

Vis à vis des pouvoirs publics chargés de l'établissement de la politique nucléaire de notre pays vos suggestions sur les questions d'orientation seront les bienvenues et apporteront incontestablement des éclairages et des points de vue diversifiés.

Dans ce cadre, en vue de vous donner quelques éléments d'information sur le programme nucléaire entrepris par le Ministère de l'Energie et des Mines pour la préparation de notre pays à l'introduction de l'électronucléaire, ce département a engagé depuis 1984, par le biais de l'Office National de l'Electricité une étude de faisabilité technico-économique pour l'implantation d'une centrale nucléaire dans le réseau électrique national.

Cette étude dont l'achèvement est prévu courant 92 indique que sur le plan technico-économique, les unités nucléaires disponibles actuellement dans le marché mondial ne pourraient être introduites dans des conditions optimales qu'au delà de l'horizon 2010.

Cependant, la décision de réalisation ne sera prise que sur la base d'un programme électronucléaire intégré dans une stratégie énergétique nationale et régionale et prévoyant une participation maximale de l'industrie locale.

C'est dans cette optique que le Centre de l'Energie, des Sciences et techniques Nucléaires a été créé en vue, non seulement de promouvoir les applications des techniques nucléaires classiques, mais aussi de constituer le support scientifique et technique pour l'acquisition du savoir-faire et la maîtrise de la technologie électronucléaire.

L'ouverture à la coopération internationale étant une nécessité dans ce domaine, le Maroc a engagé plusieurs programmes de coopération avec principalement la France, berceau des principales découvertes nucléaires de ce siècle.

En nous félicitant de cette coopération, je vous informe que celle ci vient d'être renforcée par la signature d'un accord cadre avec le Commissariat à l'Energie Atomique, ouvert à tous les organismes nationaux concernés.

En souhaitant plein succès à vos travaux, je vous remercie pour votre attention.

LE MOT DU PRESIDENT



La population mondiale avoisinerait les six milliards d'habitants d'ici la fin de ce siècle.

Les pays en Voie de Développement constituent les 3/4 de cette population et ne produisent que 50 % des céréales et 25 % du bétail de la planète. Les pertes d'aliments par contamination, altération microbienne et mauvais entreposage dépasse les 30%. Ces statistiques communiquées par l'O.N.U. effraient tout homme responsable.

Depuis de nombreuses décennies, les Gouvernements usent de tous les moyens pour améliorer la production alimentaire de leur pays; aujourd'hui certains s'attellent à réduire les pertes des denrées alimentaires conformément aux recommandations de l'Assemblée Générale des Nations Unies en septembre 1975.

Devant l'importance de ce problème, un projet international de la conservation des denrées alimentaires par ionisation a vu le jour; un comité mixte (AIEA,FAO,OMS) pour le contrôle des aliments ionisés a été créé; une réglementation fixant les doses d'ionisation a été adoptée; l'union internationale des sociétés de microbiologie confirme que les aliments ionisés ne présentent aucun risque pour la santé (1982); et en 1988 la CEE a accepté la commercialisation des aliments ionisés au sein de ses Etats membres.

Pour que notre pays accède à cette nouvelle technologie, l'Association des Ingénieurs en Génie Atomique du Maroc en collaboration avec le Commissariat à l'Énergie Atomique de France a organisé cette journée d'information sur la conservation des Aliments par ionisation dans le seul but d'informer et de sensibiliser les producteurs et les utilisateurs nationaux des avantages incontestables de l'ionisation qui améliore l'hygiène et la durée de conservation des produits destinés à l'exportation.

De nombreux pays industrialisés tels que les USA, l'URSS, la CEE, le Japon utilisent déjà ces techniques; la Chine, l'Inde, le Pakistan et l'Argentine n'ont pas tardé à souscrire à ces méthodes de conservation.

Notre souhait est que notre pays en tire le meilleur profit.

LE PRESIDENT FONDATEUR

Abdelhamid MEKKI-BERRADA

PRESENTATION DE L'ASSOCIATION

L'Association des Ingénieurs en Génie Atomique du Maroc (AIGAM) est régie par le Dahir du 3 Joumada I 1378 (15 Novembre 1958). Fondée en Décembre 1985, l'AIGAM a pour objectif fondamental:

- de maintenir et développer entre ses membres des relations amicales permanentes à des fins tant intellectuelles que professionnelles.
- de rechercher ,au bénéfice de ses membres dans tous les domaines touchants l'énergie nucléaire ,les meilleurs moyens de perfectionnements
- de contribuer au développement et à la diffusion de l'enseignement du génie Atomique au Maroc
- de faciliter la circulation d'idées et l'échange d'informations sur les domaines nucléaires
- de susciter et de maintenir des contacts tant au Maroc qu'à l'étranger, avec les organismes dont l'activité touche au génie atomique.

Cette Association qui groupe des Ingénieurs en Génie Atomique, des Docteurs en Physique et en Chimie Nucléaire, est administrée par un Comité composé de vingt membres qui veille sur le caractère scientifique de l'Association et la concrétisation de ses objectifs ,elle est honorée d'avoir comme Membres d'Honneurs Monsieur le Premier Ministre ,Monsieur le Ministre de l'Energie et des Mines, Monsieur le Ministre de l'Education Nationale ,M. le Ministre de l'Agriculture et de la Reforme Agraire, M.le Ministre de la Santé, M. le Directeur Général de l'OCP et M. le Directeur Général de l'ONE.

Elle fait partie du Groupement des Ingénieurs du Maroc.

Elle est membre associé de la Société Nucléaire Européenne dont la siège est à Genève.

Elle a signé une convention de coopération avec la Société Nucléaire Espagnole ,et à l'occasion de cette journée du 20 Avril 1991, elle a paraphé avec le (C.E.A) Commissariat à l'Energie Atomique de France une Convention de coopération.

A.I.G.A.M
COMPOSITION DU COMITE

MEMBRES D'HONNEUR

Docteur Azzeddine LARAKI, Premier Ministre
My Driss Alaoui M'DAGHRI, Ministre de l'Energie et des Mines
M. Othmane DEMNATI, Ministre de l'Agriculture et de la Réforme Agraire
M. Tayeb BENCHEIKH, Ministre de la Santé Publique
M. Tayeb Chkili, Ministre de l'Education Nationale
M. Mohamed FETAH, Directeur Général de l'OCP
M. Ahmed TAZI, Directeur Général de l'ONE

MEMBRES DU BUREAU:

Président Actif

MEKKI-BERRADA Abdelhamid,
Directeur Général Adjoint à l'ONE

Premier Vice-Président

HOUARI Aziz, Directeur Général du CNESTEN

Deuxième Vice-Président

BERRADA Mohamed, Professeur à la Faculté
des Sciences de Rabat

Secrétaire Général

TAHIRI My Abdelaziz, Ingénieur à l'ONE

Secrétaire Général Adjoint

MANAR LHOUCINE,
chef de service au MEM

Trésorier

ACHOUR Mustapha, Ingénieur à l'ONE

Trésorier Adjoint

IRAQI Mohamed, Ingénieur à l'OCP

Asseseurs

ÇAOUI Abdelmajid, Secrétaire Général au CNESTEN
LAHLOU Fouad, Professeur à la Faculté des Sciences de Fès

MEMBRES DU COMITÉ

Mmes SOUFI Itimad, BOUHLAL Oum Keltoum, MM. MEKKI-BERRADA Abdelhamid, HOUARI Aziz, BERRADA Mohamed, TAHIRI My Abdelaziz, ACHOUR Mustapha, IRAQI Mohamed, MANAR Lhoucine, SAYOUTY El Hassan, FAHLI Ahmed, BOUHLASSA Saidati, ADYEL Mohamed Taoufik, IDELOUALI Hassan, CAOUI Abdelmajid, IBN SADDIK Ahmed, NOUR-REDDINE Abdelmajid, BENNANI Karim Tajdine, ERRADI Lhoucine, AIT HADDOU Assou, LAHLOU Fouad.

original contains
color illustrations



"JOURNÉE D'INFORMATION SUR LA CONSERVATION DES DENRÉES ALIMENTAIRES PAR IONISATION"

Pour vivre, une des obligations de l'homme est de se nourrir. Ses aliments, il a commencé d'abord à les cueillir, les chasser ou pêcher ; il les a ensuite cultivés et élevés. Il a peu à peu appris à les conserver et à les cuisiner. L'industrie s'est alors attachée à la transformation culinaire et l'appétence. La part de l'alimentation transformée et conservée atteint déjà 70% en France, elle devrait atteindre 90% d'ici la fin du siècle.

Nourrir les hommes, les alimenter au mieux tout en évitant les pertes est peut être le principal défi posé aux nations.

Face aux diverses sources d'altérations des aliments, l'homme a opposé un ensemble de techniques de conservation dont certaines sont connues depuis la haute antiquité : salage, séchage, fumage... Les siècles précédents ont vu naître d'autres procédés, largement utilisés depuis, améliorés, transformés ou même conjugués : réfrigération, congélation, surgélation ou lyophilisation. L'utilisation des radiations ionisantes représente une approche nouvelle des principes de conservation des denrées alimentaires. L'intérêt de cette méthode de conservation a été relancé il y a une dizaine d'années, quand le comité mixte d'experts de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (A.I.E.A.), l'Organisation pour l'Alimentation et l'Agriculture (O.A.A.) et l'Organisation Mondiale pour la Santé (O.M.S.) a publié que l'irradiation de toutes denrées alimentaires jusqu'à une dose globale de 100000 Gy (Gy symbole du gray : unité de dose des rayonnements ionisants) ne représente aucun risque d'ordre toxicologique pour le consommateur.

Du point de vue principe technique, suivant l'effet recherché, les aliments sont soumis pendant une période déterminée à l'action d'un rayonnement ionisant (rayonnement gamma, électrons accélérés ou rayons X).

A la fois souple, performante et ne consommant aucune énergie, l'ionisation a de multiples applications dans le domaine agro-alimentaire : stérilisation, pasteurisation à froid, inhibition de germination, création variétale... Actuellement, plus de 40 pays ont autorisé l'irradiation d'une trentaine de denrées alimentaires et beaucoup de pays envisagent d'approuver le traitement d'autres denrées.

Dans le but de sensibiliser à l'échelle nationale les responsables de l'agriculture, de l'agro-industrie, des sociétés de conserve et de congélation à ce nouveau procédé de traitement des aliments, l'Association des Ingénieurs en Génie Atomique du Maroc (A.I.G.A.M.), en collaboration avec le Commissariat de l'Energie Atomique de France (C.E.A.), a organisé une Journée d'Information sur la Conservation des aliments par Ionisation le 20 Avril 1991 au Centre Culturel Français à Casablanca.

PRODUCTIONS ET TRANSFORMATIONS DES DENREES ALIMENTAIRES D'ORIGINE ANIMALE AU MAROC

Pr. BELEMLIH A, I.A.V.HASSAN II

Introduction

Au Maroc, les denrées alimentaires d'origine animale, principalement constituées par la viande le lait les œufs, les produits de la pêche et leurs dérivés sont traditionnellement utilisées surtout à l'état "frais" pour la préparation familiale de différents plats, Seuls certains produits comme le khlia le fromage ou les conserves sont assez répandus.

Les transformations socio-économiques des dernières décennies ont entraîné une modification des habitudes alimentaires marocaines caractérisée par la recherche de produits:

- d'utilisation facile, ne nécessitant pas de préparation préalable ou consommés après une préparation Succinte.

- Conformes aux habitudes culinaires locales ou, au contraire? répondant à une certaine "mode".

- pouvant être conservés le plus longtemps possible,

- adaptés aux différents circuits de commercialisation.

- correspondant au pouvoir d'achat des diverses catégories sociales.

La Modification des habitudes ali-

mentaires induit un développement des industries de transformation et de conservation des denrées alimentaires, auquel concourent des considérations de salubrité et de normalisation ainsi que des impératifs économiques, notamment l'utilisation des excédents de production, pour éviter les pertes par altération, pour régulariser les cours, la recherche de débouchés à l'exportation, et la conformité aux exigences du commerce international.

VIANDES ROUGES

la production des viandes rouges est de 262 mille tonnes, y compris les abats. Elle est répartie comme suit:

Bovins	103 milles tonnes
Ovins	75 milles tonnes
Caprins	20 milles tonnes
Camelins	2 milles tonnes
Porcins	0,6 milles tonnes
Equins	2,4 milles tonnes
Abats	37 milles tonnes

Seule la moitié de cette production (115 milles tonnes) est contrôlée, le reste est entrepris par des abattages fami-

liaux, clandestins ou pratiqués dans des tueries non contrôlées. Le problème principal est par conséquent celui d'assurer l'hygiène et la salubrité de ces viandes.

La consommation locale est pratiquement assurée par la production nationale qui est cependant sujette à des variations annuelles, liées à la pluviométrie. Seule une faible quantité (5000 tonnes de viande congelée) est importée.

La consommation, dépendant du pouvoir d'achat est faible

Le plus grave c'est qu'elle diminue. En effet de 14,5 Kg/habitant/an en 1970 elle est passée à 9,55 kg/habitant/an en 1987, ce qui doit, cependant, être relativisé par l'augmentation de la consommation des viandes blanches qui était, respectivement de 1,96 et 5,56 kg/habitant/an pour les mêmes années. En plus, il y a une mauvaise répartition de cette consommation: la moitié de la population consomme 5 Kg/habitant/an alors que 16% consomme 36 Kg/habitant/an.

Le secteur transformation des viandes rouges est au stade de démarrage. d'après une enquête de 1990 (Direction de l'Elevage, Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire), il existe 14 ateliers d'une capacité variant entre 20 et 120 tonnes/an, dont 72% se trouvent à Casablanca. Ces ateliers fabriquent surtout des produits cuits, en particulier du saucisson.

PRODUCTIONS AVICOLES

Cette production a connu un développement extraordinaire avec une augmentation de 6%/an pour les viandes blanches et 6,7%/an pour les œufs.

Cependant, ces trois dernières années on note une stabilisation voir une régression. La production actuelle est de:

Viande blanche

Production totale	125 (m.t)
Secteur industriel	95
Secteur artisanal	30
Production totale	1110 (m.u)
Secteur industriel	580
Secteur artisanal	450

L'augmentation de la production a accompagné celle de la consommation qui était en 1970 de 1,96Kg/habitant/an de viande blanche et 16 œufs/habitant/an et qui est devenue 5,56Kg de viande blanche et 46 œufs en 1988. Il est à noter que la consommation d'œufs n'a été que de 42/habitant/an en 1989.

S'il a été relativement facile d'industrialiser la production pour répondre à la demande croissante de la consommation, il n'en a pas été de même pour la transformation. En effet, il n'y a pratiquement pas d'industrie de transformation ou alors simplement une transformation artisanale. Même les abattages continuent à se faire dans des conditions d'hygiène et de salubrité défectueuses ce qui est aggravé par le non utilisation de moyens de conservation ou de stabilisation.

Les 5 abattoirs industriels privés qui ont été construits ont rencontré tellement de difficultés organisationnelles, socio-économiques et réglementaires qu'ils sont pratiquement formés.

LAIT ET DERIVES

Le secteur laitier a bénéficié d'une attention particulière des pouvoirs publics. De ce fait, la production nationale a permis de satisfaire d'une part la totalité des besoins en lait depuis 1982, d'autre part 62% de la consommation totale en produits laitiers, estimée à 631 équivalent lait/habitant/an en 1989. L'importation concerne surtout le lait pour la fabrication du fromage, le lait concentré, le lait en poudre, le beurre et le fromage.

L'augmentation de la production qui continue encore a permis un bon développement de l'industrie de stabilisation et de transformation du lait. C'est ainsi qu'on dénombre actuellement 440 centres de collecte, 5 laiteries privées, 5 grandes coopératives et 8 petites coopératives laitières. L'ensemble traite 1,6 millions de litres/jour. Ainsi, sur les 963 millions de litres produits en 1989, 343 millions de litres ont été usinés pour produire:

Lait pasteurisé	298 millions de litres
Lait stérilisé	0,8 millions de litres
Lait VHT	3 millions de litres
Lben	11 million de litres
Yaourt	218 million de pots
Raïbi	71 millions de pots
Fromage	7121 tonnes
Beurre	761 tonnes
Crème fraîche	1,2 millions de litres
Lait en poudre	952 tonnes

PRODUITS DE LA PECHE

la pêche a enregistré le développement le plus important, aussi bien pour la pêche elle-même que pour la commercialisation, la conservation et la transformation des produits pêchés.

En 1989 la production totale qui était de 518 milles tonnes se repartissait comme suit:

pêche hauturière	108 (m.t)
peche côtière	410 (m.t)
• poisson industriel	363 (m.t)
• poisson de marée	40 (m.t)
• crustacés mollusques	7 (m.t)

S'il est difficile de connaître les différentes destinations de la pêche hauturière, la répartition de la pêche côtière était en 1989 comme suit:

consommation (en frais)	115,5
milles tonnes 38%	
consERVE	89,6
milles tonnes 22%	
sous produits	159,2
milles tonnes 38%	
congélation	5,6
milles tonnes 1%	
salaison	0,5
milles tonnes 0,2%	

La consommation intérieure reste faible: 6,26Kg/habitant/an (1985), constituée essentiellement de poisson frais: 97,3% et principalement de sardine: 61,8% en milieu urbain et 72,7% en milieu rural. La part des autres formes de consommation est très limitée (0,13% pour les conserves et 0,04% pour les crustacés) même si de nouveaux produits apparaissent sur le marché comme le poisson congelé ou fumé. Le facteur limitant

l'augmentation de la consommation interne reste le peu de développement du circuit de distribution et de commercialisation et le coût relativement élevé par rapport au pouvoir d'achat. Les produits de la pêche occupent une part importante dans les exportations marocaines. C'est ainsi que la totalité de la pêche hauturière n'est pas débarquée au Maroc (à signaler les efforts déployés pour le repli de cette pêche sur les ports marocains) et une grande partie de la pêche cotière est exportée sous forme de produits frais? congelés, en conserve, produits de salaison ou sous-produits. La qualité hygiénique constitue dans certains cas un sérieux handicap au développe-

ment du marché intérieur comme à l'exportation des produits de la pêche.

CONCLUSION

S'il faut résumer la situation des productions animales au Maroc en vue d'étudier la possibilité de leur appliquer toute méthode de conservation, on peut dire: que les produits d'origine animale sont consommés surtout à l'état frais, que le niveau de cette consommation est faible, liée essentiellement au pouvoir d'achat et que les problèmes qui se posent à la transformation et à la distribution sont assez élémentaires: il s'agit surtout de problèmes d'hygiène, de salubrité et d'organisation.

L'ASSAINISSEMENT ET LA CONSERVATION DES ALIMENTS PAR IONISATION

Par Louis SAINT-LEBE
Service de Radioagronomie
Département de Biologie
IRF-CEN Cadarache-CEA

Le traitement ionisant est un traitement physique (comme le chauffage, la congélation...) qui consiste à soumettre les aliments à l'action de rayonnements gamma issus de Cobalt 60 ou de Césium 137, de rayons X ou de faisceaux d'électrons accélérés).

Ce procédé utilisé depuis plus de 20 ans pour stériliser des articles médicaux-chirurgicaux (seringues, cathéters, gants...) ou pour améliorer les propriétés mécaniques de certaines matières plastiques (plastiques thermorétractables: gyrolène, isolation des câbles téléphoniques de 5 à 10.000 lignes...) commence à être employé à l'échelle industrielle dans l'agro-alimentaire pour assainir, notamment en germes pathogènes, et augmenter la durée de conservation des aliments.

1 - GÉNÉRALITÉS SUR L'IONISATION

1.1. - Principe

L'ionisation, terme générale

Les photons X ou gamma éjectent, par effet Compton, des électrons "primaires" de la couche périphérique des atomes

constitutifs de l'aliment; ces électrons primaires, tout comme ceux des faisceaux d'électrons accélérés, conduisent tous à une ionisation en cascade du milieu traversé, à la formation de molécules excitées et, enfin, à celle de radicaux libres puis aux "produits de radiolyse".

Des aliments qui ne peuvent devenir radioactifs

Les rayons ionisants sont caractérisés par leur nature, leur origine mais aussi par l'énergie qu'ils transportent, mesurée en millions d'électrons-volts (MeV).

Les rayonnements gamma, X ou les électrons accélérés pourraient, comme tout autre rayonnement, induire de la radioactivité si leur énergie était très supérieure à un seuil qui se situe, pour les "atomes les plus sensibles", vers 10 à 13 MeV. Afin d'éliminer ce risque, l'OMS a édicté des règles précises (2): l'énergie des électrons accélérés est limitée par construction à 10 MeV, celle des photons X à 5 MeV et les isotopes choisis (cobalt 60 et césium 137) émettent des photons gamma dont l'énergie est nettement inférieure à ce seuil, 1,33 et 0,66 MeV respectivement.

Des aliments qui ne peuvent être l'objet d'une contamination radioactive

Outre le danger de radioactivation, il fallait écarter le danger de contamination radioactive, inhérent au seul cas des sources gamma; on rend impossible, par construction, tout contact entre les aliments et la source radioactive; celle-ci est placée à l'intérieur d'une double enveloppe d'acier inoxydable soudée sous atmosphère d'argon.

Des effets identiques pour les trois types de rayonnement

Les effets constatés ne sont liés qu'à la quantité d'énergie effectivement absorbée par l'aliment: couramment appelée dose (d'irradiation).

Il est à noter, par contre, que la pénétration de ces rayonnements est relativement importante dans le cas des gamma et des X (quelques dizaines de centimètres, voire plus d'un mètre, selon la densité du milieu traité), mais faible dans le cas des électrons (7 à 8 cm moyennant un traitement en deux fois avec retournement des paquets).

$$e_{Cm} = k \frac{E}{d} \text{ (MeV)}$$

e = épaisseur, d = densité,
k = constante

1.2 - Unités

Les rayonnement ionisants sont caractérisés par leur nature, leur origine mais aussi par l'énergie qu'ils transportent; celle-ci se

mesure en millions d'électrons-volts (MeV):

$$1 \text{ MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J} = 1,6 \cdot 10^{-6} \text{ erg}$$

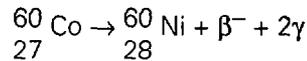
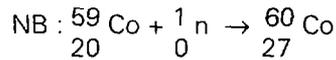
Nous avons vu que cette énergie est limitée à 5 MeV pour les ondes électromagnétiques (X ou gamma) et à 10 MeV pour les électrons.

La puissance de la source est mesurée en watts pour les installations à rayons X ou à faisceaux d'électrons, puisqu'il s'agit là de machines électriques. Dans le cas d'irradiateurs gamma on parle plutôt d'activité, mesurée en becquerel (Bq) ou en curie (Ci):

$$1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ désintégrations par seconde}$$

Quelle que soit la source de rayonnement, l'unité la plus importante à connaître concerne la quantité d'énergie effectivement absorbée par l'aliment, couramment appelée dose (d'irradiation), elle se mesure en gray (Gy):

$$1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad} = 1 \text{ J/kg} = 0,239 \text{ cal/kg}$$



1,172 MeV

1,333 MeV

1.3 - Technologie: installations gamma et accélérateurs d'électrons

Il n'est évidemment pas question que les opérateurs puissent

s'approcher de la source au cours du traitement: celle-ci est donc enfermée dans une enceinte de béton assurant la protection biologique avec des dispositifs excluant toute entrée de personnel pendant l'ionisation; les accélérateurs d'électrons et les générateurs de rayon X étant des appareils électriques, il suffira de couper le courant pour être en mesure de pénétrer sans danger dans la chambre d'ionisation; dans le cas d'une source gamma, il faudra au contraire pouvoir la stocker ailleurs, soit dans un château de plomb, soit dans une piscine. Il faut noter que des installations pratiquant la radiostérilisation médicale depuis plus de vingt ans, le fonctionnement et la maintenance des ionisateurs est bien connue.

1.4. - Effets positifs majeurs sur les organismes vivants contaminant les aliments, effets négatifs mineurs sur les constituants des aliments : insectes, microorganismes

Chez les organismes vivants, l'ionisation a une action destructrice extrêmement efficace car elle atteint les centres vitaux de la cellule et désorganise ses fonctions métaboliques et reproductrices. La cible privilégiée est l'ADN, molécule porteuse du patrimoine génétique qui contient les informations indispensables au bon fonctionnement de la cellule. L'ionisation induit des perturbations ou des lésions au niveau des chaînes et la formation de pontages anormaux entre les bases de l'ADN.

Ces modifications sont plus ou moins fidèlement réparées par les systèmes enzymatiques de réparation: la synthèse des protéines et des enzymes risque donc d'être bloquée et la duplication de l'ADN sera par conséquent soit bloquée ou erronée. Ce désordre induit dans la cellule et cet arrêt de la division cellulaire entraînent la stérilité et la mort des organismes.

La membrane plasmique constitue elle aussi une cible radiosensible; elle est formée de phospholipides contenant des acides gras insaturés facilement dégradés par les rayonnements: elle abrite également des protéines et des enzymes dont l'activité est liée à l'intégrité de la structure membranaire.

La radiosensibilité de la cellule dépend surtout de son activité et du degré de différenciation morphologique et fonctionnelle. La radiosensibilité des organismes augmente donc avec leur degré d'organisation.

Insectes

Les pertes en céréales occasionnées par les insectes sont beaucoup plus importantes que celles imputables aux microorganismes : la FAO estime que la quantité de grains détruite chaque année par les insectes pourrait nourrir 100 millions d'hommes ! D'autres denrées, parasitées par les insectes, nécessitent des traitements permettant d'améliorer leur qualité (fruits, denrées sèches) ou d'éviter leur mise en quarantaine (fruits).

L'effet de l'ionisation est beaucoup plus meurtrier aux stades de développement (oeufs, larves et nymphes) qu'à celui de l'adulte [Fig. 1]. Cette plus grande sensibilité est à relier aux nombreuses divisions cellulaires intervenant au cours de l'embryogénèse et aux proliférations cellulaires pendant les mues.

Chez l'adulte, l'activité mitotique est localisée dans les îlots de régénération de l'épithélium intestinal et dans les gonades. A l'inverse des traitements chimiques, l'ionisation ne provoque pas un effet mortel immédiat sur les adultes; on observe un temps de latence pendant lequel les insectes vivent toutefois avec une activité très réduite. Par contre des doses relativement faibles (0,2 à 1 kGy) provoquent une stérilité complète empêchant la prolifération de nouvelles générations. Les doses stérilisantes requises contre les lépidoptères (alucite, teigne, plodia, pyrale), de 0,45 à 1 kGy, sont nettement plus élevées que celles destinées à la lutte contre les coléoptères (charançon, capucin, dermeste des grains, silvain, tribolium, bruche), de 0,1 à 0,3 kGy.

Microorganismes

L'effet de l'ionisation sur une population de microorganismes est généralement décrit, en fonction de la dose, par une courbe de survie logarithmique; on en déduit la valeur de la dose de réduction décimale (DRD) qui exprime la radiosensibilité de l'espèce ou de la souche (Fig. 2).

Cette radiosensibilité est très variable.

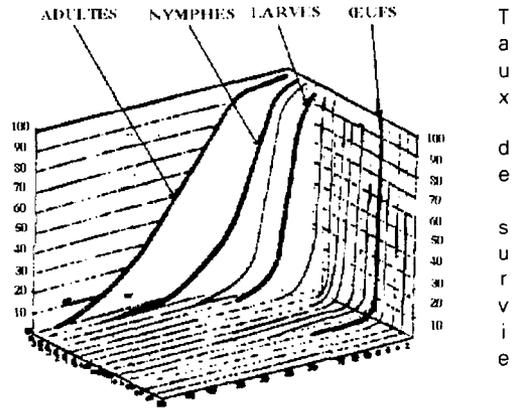


Figure 1

Taux de survie après ionisation de divers stades de développement de *Musca Domestica*

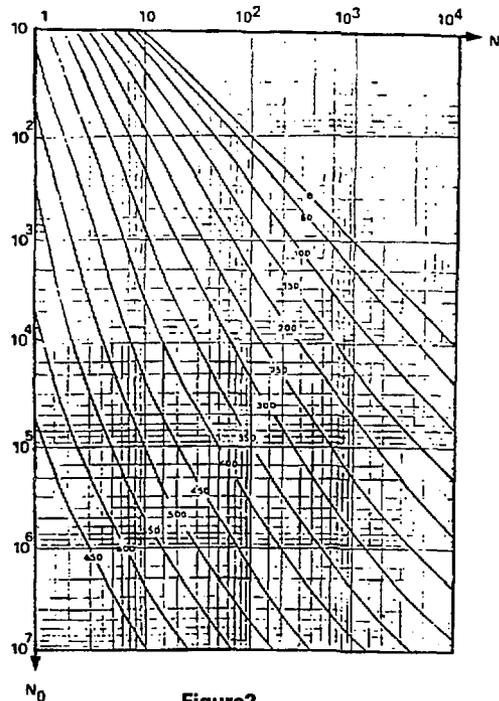


Figure 2

Barème de decontamination de l'amidon. ses doses sont indiquées en krad
 N_0 et N expriment respectivement le nombre de germes avant et après ionisation.

Cellules végétales

Les cellules végétales des organes de croissance (bourgeons et méristèmes) sont sensibles à des faibles doses (50-150 kGy), ce qui peut être utilisé pour la conservation des bulbes, rhizomes et tubercules; mais cette sensibilité peut être au contraire gênante dans le cas de traitements des fleurs, des semences ou des plants.

Il faut des doses de l'ordre de 1 à 3 kGy pour voir un effet sur les cellules des fruits et des légumes: on peut observer alors une accélération de la maturation (pêches), un ramollissement (raisin, citron, pomme) ou des modifications gênantes de flaveur et de couleur ainsi que l'apparition d'un brunissement; mais l'ionisation peut inversement provoquer

des retards à la maturation (champignons, bananes, mangues) qui seront utilisés avec profit pour allonger leur durée de conservation (Fig. 3).

Au niveau cellulaire, les effets de l'ionisation sont encore mal connus et des études restent nécessaires pour préciser l'action des rayonnements ionisants sur la paroi pecto-cellulosique et la membrane plasmique, la biosynthèse de l'éthylène (qui joue un rôle prépondérant dans la maturation), les systèmes enzymatiques impliqués dans la régulation et le métabolisme...

Constituants

Les produits de radiolyse dont je vous ai parlé au tout début de l'exposé ne sont pas spécifiques de l'ionisation.

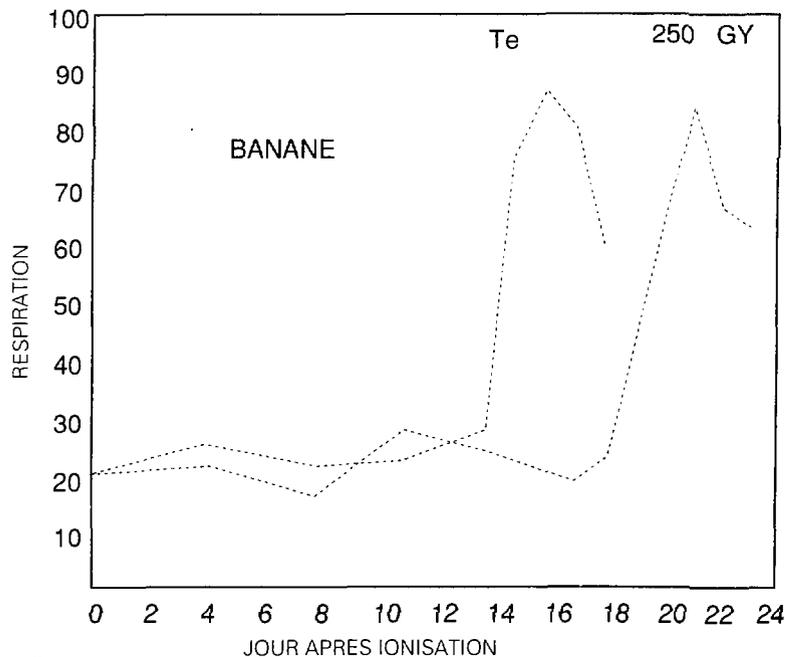


Figure 3

Action de l'ionisation sur les cellules végétales

En effet, comparons schématiquement l'action des traitements ionisant et thermique sur une molécule AB [Fig. 4]; dans le cas de l'ionisation, la molécule AB absorbe l'énergie par un processus essentiellement monomoléculaire: les radicaux A et B' alors formés peuvent se recombiner par effet cage ou donner des produits induits (ici, par radiolyse) X et Y; dans le cas d'un traitement par la chaleur, toutes les molécules absorbent peu à peu l'énergie d'agitation thermique et c'est à partir de deux molécules que le processus réactionnel va conduire :

- soit à la création d'une molécule excitée (AB) et coupure en deux fragments, d'où la formation des mêmes produits (induits, ici, par thermolyse) X et Y;
- soit à la décomposition directe du complexe (AB-AB) avec coupure dissymétrique de celui-ci et formation de nouvelles espèces radicalaires et donc possibilité de nouveaux produits de thermolyse Z... (réaction pseudo-bimoléculaire).

1.5 - Caractéristiques du traitement ionisant

Les caractéristiques du traitement ionisant sont pour la plupart communes aux trois types de rayons, gamma, X ou électrons, hormis la pénétration.

La reproductibilité du traitement est facilement obtenue grâce à une géométrie connue et fixée et à un calcul simple du temps qui détermine la dose, compte tenu de la valeur du débit de dose, connu lui aussi de façon précise.

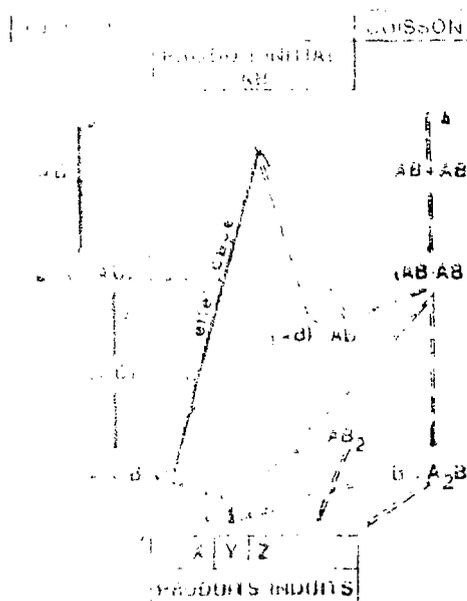


Figure 4

Comparaison entre ionisation (γ) et cuisson (\blacktriangle)

De l'absence d'élévation de température notable s'en suit une faible altération des principes nutritifs (sauf à très forte dose) et la possibilité d'utilisation d'emballages souples et légers.

Les dépenses d'énergie du traitement ionisant sont faibles en comparaison de la congélation; associé à la réfrigération, il permet dans certains cas de gagner quelques degrés en température et d'économiser ainsi des frigories.

2 - EVALUATION TOXICOLOGIQUE

Ce fut pendant de nombreuses années, pour l'essentiel entre 1960 et 1980, la partie la plus étudiée qui a mobilisé

toutes les forces vives.

Chronologiquement, l'évaluation toxicologique a été abordée par le biais d'essais sur animaux jusqu'en 1976 puis par des études radiochimiques c'est-à-dire par la recherche et l'identification des produits de radiolyses induits par l'ionisation dans les principaux constituants alimentaires.

2.1 - Essais sur animaux

Ces essais ont toujours été conduits sur deux espèces de rongeurs (rats et souris) et parfois sur un non rongeur (chien, singe ou miniporc). Je décrirai ici parmi les centaines d'essais réalisés dans le monde deux qui l'ont été sous l'égide du Projet International de Karlsruhe émanation de l'AIEA, de la FAO, de l'OMS entre 1970 et 1976 car ils ont été réalisés dans des conditions rigoureuses avec un nombre suffisamment élevé d'animaux autorisant une inter-

prétation statistique et sous le contrôle de toxicologie de renom international.

Les essais sur animaux nourris avec une ration renfermant un aliment ionisé (viandes, poissons, céréales, pommes de terre et fruits) n'ont pas permis de mettre en évidence des potentialités cancérigènes, tératogènes, mutagènes ou tout simplement des performances zootechniques. Il en a été de même des essais sur animaux nourris cette fois avec une ration entièrement ionisée à la dose de 44 kGy et maintenus en conditions axéniques ou hétéraxéniques réalisés en France par l'Institut Merieux pour le compte de mon unité au CEA. Le témoin dans ce cas recevait une ration autoclavée (120°C, 20 minutes). Cet essai a porté sur 840 couples de rats et souris et leur descendance (43.000 petits) qui ont consommé 50 tonnes de nourriture et aucun effet négatif n'a été observé (tableau I).

TABLEAU I : influence du traitement ionisation de la ration sur la reproduction de la souris et son indice de productivité I.P.

(exprimé en nombre de petits sevrés par femelle par semaine)

GENERATION		NOMBRE DE PETITS		MORTALITE	I.P.
		Nés	Sevrés	(%)	
Lot	F0	7.239	6.286	13,16	1,44
Témoin	F1	7.222	5.889	18,46	1,35
autoclavé	F2	7.347	6.335	13,70	1,36
		21.808	18.510	15,10	1,42
Lot	F0	7.645	7.175	6,15	1,65
Traité	F1	8.054	7.175	10,91	1,65
ionisé	F2	8.247	7.640	7,36	1,75
		23.946	21.990	8,14	1,69

Peut-être que l'impossibilité d'utiliser un facteur de sécurité comme pour les autorisations de mise sur le marché (AMM) dans le cas de produits pharmaceutiques ou d'additifs chimiques ne permettait pas de révéler ces potentialités toxiques. Qu'à cela ne tienne, nous avons alors testé directement les produits de radiolyse afin de nous retrouver dans le cas de figure précédent.

- Aux Etats-Unis, on a fait ingérer à des souris, pendant 13 semaines, des solutions de 26 hydrocarbures apparaissant au cours de l'ionisation des graisses de bœuf. On n'a pas constaté d'effet toxique, même pour des solutions correspondant à une dose théorique de 600 fois celle de 10 kGy.

- En France, une expérimentation de même type a été entreprise sur des souris ingérant pendant 14 semaines un mélange de 9 produits de radiolyse de l'amidon: formaldéhyde, acétaldéhyde, malonaldéhyde, glycolaldéhyde, glycéraldéhyde, glyoxal, acide formique, méthanol et peroxyde d'hydrogène. Le seuil trouvé, correspondant à une dose théorique de 510 fois 10 kGy, représente en fait le seuil de tolérance de l'estomac aux quantités d'acide formique et non pas un véritable seuil de toxicité.

2.2 - Etudes radiochimiques

Plus de 6.000 articles portent sur l'ionisation, dont plus des 2/3 examinent les modifications chimiques apportées par l'irradiation sur les aliments et leurs divers composants. L'une des conclusions de ces études est qu'aucun produit de radiolyse n'est spécifique des traitements ionisants et qu'ils sont formés en

quantités souvent moins importantes que lors d'autres traitements tels la cuisson, ce qui veut dire que "nous mangeons des produits de radiolyse depuis des millénaires". Outre l'utilisation de ces études sur le plan toxicologique, leur intérêt sur le plan de la connaissance du mécanisme de radiolyse et sur les conséquences nutritionnelles ou organoleptiques est évident.

La quantité de produits formés dépend de la dose d'irradiation et est le plus souvent faible comparée à ce qui est induit lors d'autres traitements: ainsi, à une dose de 10 kGy, le degré de polymérisation d'une macromolécule d'amidon est divisé environ par deux et il ne se forme que 0,3 à 0,4 g/kg de produits chimiques nouveaux; dans un aliment, il se forme, en moyenne moins de 20 mg de produits de radiolyse à cette même dose de 10 kGy.

Tous ces travaux ont conduit à une somme de résultats qui sont autant de preuves d'absence de potentialités toxiques dans les aliments ionisés. C'est à partir de ces données que l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S.) a pu dès 1980 lever la barrière toxicologique qui était l'obstacle premier et principal au développement du procédé.

3 - CONCLUSION

Le procédé fait actuellement une percée industrielle dans les secteurs des produits secs, déshydratés ou congelés. Le secteur des produits frais le plus important en tonnage reste à développer mais je ne veux pas déborder sur la conférence de Guy DARDENNE qui abordera ce point.

DEVELOPPEMENT DE L'IONISATION EN FRANCE VU PAR LES INDUSTRIELS

Par Monsieur Guy DARDENNE

*Directeur Général de l'APRIA
(Association pour la Promotion
Industrie-Agriculture)*

Vous m'avez demandé de situer la position des industriels français vis-à-vis de l'ionisation.

C'est à travers l'historique du Club TRAITEMENTS IONISANTS de l'APRIA, que je dirige, que je situerai leurs réactions, car elle retrace bien le parcours accompli et les problèmes posés aujourd'hui.

En 1966, avec mon ami SAINT-LEBE du CEA, nous avons participé à KARLSRUHE (Allemagne), à un colloque organisé par l'OMS, la FAO et l'AIEA, et ces experts orateurs manifestaient de grands espoirs dans l'ionisation et ses développements rapides.

Dans le train qui nous ramenait à PARIS, à l'issue de ce congrès, nous avons fait un grand rêve, et peut-être parce que nous étions plus jeunes, c'était un rêve fou.

Puisque l'ionisation s'annonçait bien, pourquoi ne pas créer une structure d'accueil où des industriels s'informeront pour être ensuite les premiers à appliquer cette technologie.

Nous avons de wagon en wagon fait part de notre idée et au fil des kilomètres, il s'agissait bien d'un rêve, chacun nous répondant, c'est trop tôt, nous n'y voyons pas clair.

Alors 10 ans ont passé, nous avons maintenu durant cette période, le contact SAINT-LEBE et moi,

gardant nos espoirs, mais ne pouvant les concrétiser.

L'APRIA, dans les années 1967, avait réalisé une étude sur les différentes techniques de conservation, à la demande du Ministère de l'Agriculture, dont un volume sur l'ionisation qui avait eu du succès, mais un succès de curiosité.

Nous avons aussi tenu à Cadarache au CEA, un séminaire de perfectionnement où de nombreux industriels étaient participants; participation là aussi de curiosité.

Parmi les orateurs figurait un représentant de la Répression des Fraudes, Organisme chargé en France d'instruire les dossiers de demande d'autorisation. A cette époque, il y avait en France, trois autorisations

- Traitement ionisant pour les pommes de terre.
- Traitement ionisant pour les alliacés.
- Traitement des provendes d'animaux de laboratoire.

Les deux premiers concernaient la lutte contre la germination et n'étaient pas appliqués pratiquement, car économiquement cela n'était pas rentable. (Matières premières peu onéreuses, et de faible valeur ajoutée, tonnages très importants, sur une période de récolte courte.

Alors si on les traitait, il fallait de très grosses installations qui ne serviraient pas le reste de l'année, puisqu'il n'y avait pas d'autres autorisations, et que les provendes d'animaux de laboratoire, tout petit marché, de faible valeur ajoutée mais pour lequel les installations existantes alors en France et multiproduits (essentiellement du matériel de santé) étaient bien suffisantes et même demandeurs, n'ayant pas à cette époque un plan de charge aphyxié.

Pour que sur le terrain, l'ionisation devienne une réalité, il fallait que d'autres autorisations soient données.

Pouvons-nous obtenir d'autres autorisations ? Telle a été la question posée à l'orateur du Service de la Répression des Fraudes.

Réponse : Les autorisations existantes l'ont été, par des fabricants d'équipements, sauf pour la provende d'animaux de laboratoire, aucun traitement industriel n'a suivi, alors que les industriels marquent vraiment leur intérêt pour l'ionisation, en soumettant des demandes ; cela marquera au moins l'intérêt ; l'Administration ne veut pas se couvrir de ridicule en autorisant ce qui ne sera pas suivi d'effet.

C'est alors qu'une nouvelle réunion fin 1976, tenue à Genève, des experts OMS - FAO - AIEA, a marqué un tournant : puisque dans ses conclusions, elle recommandait pour cinq produits, l'utilisation internationale de l'ionisation.

Le rêve de 1966 allait-il pouvoir se concrétiser. Nous nous y sommes employés SAINT-LEBE et moi-même.

En 1977, l'APRIA organisait un

colloque, reprenant les termes encourageants de Genève sur l'ionisation dans les domaines agro-alimentaires, et celui de la pharmacie. Il réunissait plus de 300 personnes, et dans leurs conclusions, les deux Présidents de séance face à l'intérêt des participants suggéraient que le colloque ait des prolongements, et que l'APRIA puisse être un point de rencontre de ceux s'intéressant à l'ionisation.

Face à cette motion, j'ai proposé pour ceux manifestant un désir de se retrouver, d'étudier ce dossier lors d'une réunion début janvier. 70 représentants d'entreprises ont répondu à cet appel.

Alors a été tracée cette idée d'un Club avec ses activités et un coût de fonctionnement.

Il était proposé une nouvelle réunion, deux mois après. Quatre entreprises ont souhaité continuer :

- 2 fabricants d'équipements
- 2 industriels de l'agro-alimentaire.

Noyau dur, mais aussi cuisant échec par rapport à nos espoirs.

Fallait-il créer ce Club avec les participants. Le CEA était réservé, estimant que l'APRIA n'avait pas su mobiliser des adhérents. Alors, j'ai décidé et SAINT-LEBE a fini par convaincre le CEA, qu'il fallait prendre ce risque.

. en 1978 : 4 adhérents

. en 1979: 7 adhérents

. en 1980: 14 adhérents

et aujourd'hui, ce Club rassemble

- 26 industriels

- 16 membres associés, surtout les Représentants d'Organismes Régionaux souhaitant un développement de l'ionisation

dans leur province.

Les Représentants de l'Administration :

- Ministère de l'Agriculture;
 - Ministère du Budget, auquel est rattaché le Service de la Répression des Fraudes;
 - Ministère de la Santé
- y siègent, assurant aussi une étroite coordination Profession - Etat.

Conditions pour être Membre du Club:

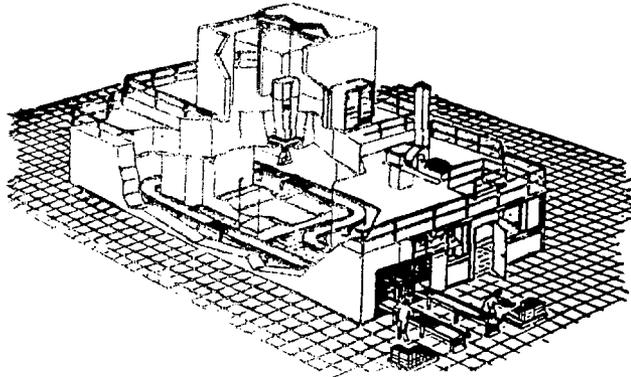
- . être adhérent de l'APRIA;
- . régler une cotisation Membre du Club qui est fixée pour les industriels à 5.500 F par an, à ce jour; et un droit d'entrée d'un montant de 1.000 F est demandé. Pour les Membres associés, la cotisation est de 1.200 F par an. Des budgets particuliers étant votés pour des actions spécifiques.

QUELLES ONT ETE ET QUELLES SONT LES ACTIVITES DU CLUB ?

- Au départ, une mission d'information et de sensibilisation des industriels et le début d'une concertation avec l'Administration pour faire avancer cette technologie. Un bulletin trimestriel bibliographique complété par de nouvelles données internationales sur l'ionisation, est publié.

- Concertation entre les fabricants d'ionisateur à cobalt et ceux à faisceau d'électrons réunis au sein du Club.

- Rédaction d'un Livre Blanc du CEA montrant que quelle que soit la technologie utilisée, les effets induits étaient les mêmes. Désormais, les autorisations accordées l'ont été pour les techniques au cobalt et celle à accélérateur



d'électrons.

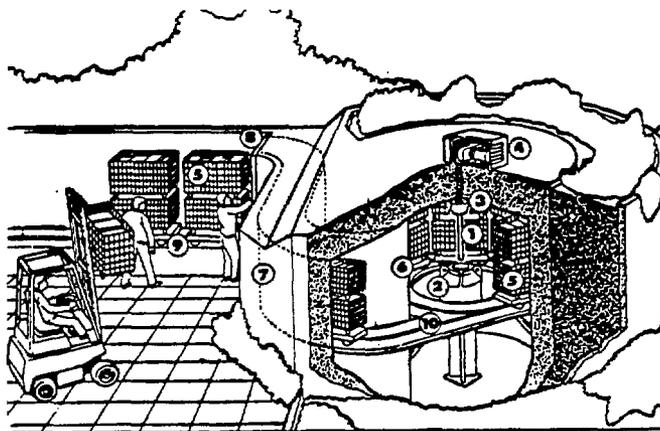
- Pression auprès de l'Administration pour que les demandes d'autorisation puissent être étudiées rapidement.

En effet, en France, tout dossier d'autorisation doit être demandé auprès du Service de la Répression des Fraudes, qui prend avis éventuellement des Services vétérinaires (cas des produits animaux). Après avis positif de la Répression des Fraudes, passage devant le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France, et

jours.

Aujourd'hui, en moyenne, un dossier est instruit en quelques mois.

- En 1986, alors que jusqu'à là c'était des Représentants de la recherche développement des entreprises qui étaient au sein du Club, certains se sont demandés: l'ionisation connaissant quelques développements en France et à l'Etranger, si leurs Directeurs Commerciaux ou de marketing étaient bien au courant de cette évolution et de cette technique nouvelle. Après sondage, stupeur,



s'il est d'accord, passage devant l'Académie de Médecine.

Procédure longue. Le dossier "Epices" autorisé en 1983, a demandé trois ans, avant d'être officiel.

Le Livre Blanc du CEA à l'appui, et les relations du Club avec l'Administration, ont permis d'accélérer la procédure. C'est ainsi, mais je reconnais que c'est le record, en 1987 une demande d'autorisation provisoire d'ioniser la fraise, a été obtenue en 10

la plupart ne l'étaient pas. Alors, les Directeurs de Marketing sont venus assister à ces réunions, si les chercheurs ont la réputation de ne pas être pressés, ce n'est pas le cas des gens du marketing.

Ils ont été affolés de ce qui pourrait se passer si l'ionisation continuait à se développer.

Aussi, à leur demande, et sur budget particulier d'un montant de 300.000 F, deux enquêtes de sondage ont été faites par des cabinets spécialisés afin de connaître

si l'ionisation éveillait quelque chose auprès des consommateurs et qu'elles étaient leurs réactions.

En simplifiant, les conclusions étaient les suivantes. Chaque consommateur rêve:

- . d'avoir une maison individuelle avec un petit jardin;

- . de cultiver des légumes dans ce petit jardin, si possible d'y élever des poules et des lapins;

- . et, si possible, d'avoir un chien.

Alors, ils mangent des produits naturels.

Mais, la plupart d'entre-eux ajoutent : ce rêve, nous ne pourrions le réaliser, faute d'argent, d'éloignement de notre lieu de travail et puis il y a tellement de pollution aujourd'hui, alors est-ce que nos légumes, nos œufs, nos poulets, nos lapins, seront-ils vraiment meilleurs ?

Si l'ionisation est admise par les Pouvoirs Publics; si elle va dans le sens de la qualité et de la sécurité alimentaire, pourquoi pas?

Réponse nostalgique sans doute, mais qui reflète bien l'état d'esprit du consommateur de notre temps.

Etre assuré - c'est l'Administration qui assure et rassure.

Ces études ont beaucoup servi à l'Administration pour revoir l'arrêté de 1970 modifié en 1972 sur l'ionisation.

- En 1987, le Club appuyait un test de marché sur la fraise, ayant obtenu de l'Administration que sur l'étiquetage soit porté la mention "protégé par ionisation".

Les fraises étaient récoltées dans le Sud-Ouest de la France, par un groupement de producteurs, puis ionisés à façon, dans la

station la plus proche, DAGNEUX (près de Lyon), pour être ensuite mises en marché sur des points de vente divers (petits commerces, hypermarchés).

Ces fraises étaient de très belle qualité, mises sous barquette conçues spécialement et d'un coût de 1 à 2 F plus cher que les autres fraises, par 500 grammes.

Un dépliant était remis aux acheteurs qui pouvaient faire part de leurs observations à l'APRIA, des interviewers interrogeaient certains acheteurs. Qu'a-t-on constaté:

Un manque de rigueur des producteurs, récolte de fruits pas toujours impeccable, défaut de logistique de transport.

La station d'ionisation a dû faire un tri sévère, entraînant beaucoup de pertes, pour vendre un produit irréprochable.

Aucun consommateur n'a écrit à l'APRIA, plusieurs ont acheté plusieurs fois.

Cette expérience conduite par CASINO en Région Lyonnaise, et un autre distributeur à PARIS en 1988, ont provoqué les mêmes réactions des consommateurs ! C'est-à-dire, aucune réaction négative.

En conclusion, il faut jouer sur la qualité, la présentation ; le consommateur n'a pas les frayeurs que certains redoutaient.

- En 1988, le Club s'est mobilisé face aux positions prises par la Commission de l'Environnement du Parlement Européen à Strasbourg.

Il a mené campagne auprès des Députés et des sphères d'influence, évitant qu'une décision négative soit prise par l'Euro-

pe face à ce dossier.

Semi-victoire puisqu'à nouveau en 1989, ce dossier passait devant le Parlement et que malgré ces efforts, la mobilisation d'un lobbyiste, le projet de la CEE était rejeté par ce Parlement; c'était en octobre 1989.

Depuis cette date, nous poursuivons un travail médiatique en France et à l'Etranger.

Nous avons reçu à Nantes, fin 1989, les Attachés Agricoles des Pays de la CEE en poste à Bruxelles et leur faisons visiter deux installations d'ionisation:

. l'une, chez SPI (Groupe GUYOMARC'H), station intégrée à accélérateur d'électrons, traitant des fines de volailles séparées mécaniquement, près de Vannes

. l'autre, AMPHYTRION - station à façon - à Pouzauges en Vendée.

Une table-ronde à laquelle avait bien voulu participer le Dr. KAHF-FENSTEIN de l'O.M.S. à Genève appuyait notre argumentation sur l'intérêt de l'ionisation.

Il insistait en particulier sur les risques de contamination de ces aliments, non pas au niveau de l'agriculture ou de l'industrie, mais à la sortie de l'usine jusqu'à la table du consommateur, par la reprise des produits, leur division en portions de plus en plus grande, augmentent les risques microbiens, notamment la présence de salmonelles.

Les Attachés Agricoles, dont beaucoup n'avaient jamais vu de station d'ionisation, ont été très sensibles à ces visites, et à ces

propos de table-ronde .

Aujourd'hui, le combat continu, le dossier risquant de passer à nouveau en seconde lecture devant le Parlement Européen avant la fin de l'année. C'est cette mobilisation que nous préparons afin de mieux informer.

La position des industriels français est aujourd'hui d'attendre cette évolution européenne .

Si les fraises ont été testées, c'était un produit relativement anonyme, risque de réputation d'une entreprise en mettant sur une marque un étiquetage "produit ionisé" éveille chez elle des craintes.

On pourrait dire que l'on connaît la deuxième entreprise qui vendra sous sa marque des produits ionisés, mais on ne connaît pas la première.

Un proverbe français est cité dans l'édition de ce jour de votre journal "LE MATIN du MAGHREB et du SAHARA", qui annonce d'ailleurs votre colloque.

Ce proverbe dit : "Les biens et les maux qui nous arrivent, ne nous touchent pas selon leur grandeur, mais selon notre sensibilité".

Quelle merveilleuse conclusion il apporte à cet exposé.

Je pense en effet personnellement, et l'APRIA également, que l'ionisation est un bien.

Il nous appartient à tous de créer une sensibilité pour chacun afin que tous considèrent qu'elle est effectivement un bien pour mieux nourrir les hommes d'aujourd'hui et de demain.

APPLICATIONS DE L'IONISATION EN AGRO-ALIMENTAIRE - GENERALITES

Par P BOISSEAU

Commissariat à l'énergie atomique
département de physiologie végétale et écosystème
section ionisation des végétaux
centre de cadarache

1- INTRODUCTION

La mise au point des premières applications de l'ionisation dans l'industrie agroalimentaire a débuté dans les années 50 mais ne s'est développée significativement qu'après les conclusions du Comité Mixte d'Experts FAO/AIEA/OMS de Novembre 1980, reconnaissant l'absence de toxicité et de risque nutritionnel. Les applications les plus anciennes, comme l'inhibition de la germination ou la désinsectisation, sont aujourd'hui limitées par la concurrence d'autres techniques. Par contre de nouveaux domaines d'applications, comme les produits frais, se développent.

La dose moyenne utilisée pour une application donnée est comprise entre une valeur minimale permettant d'atteindre l'objectif visé, généralement sur le plan microbiologique, et une valeur maximale fonction d'une part du coût du traitement et d'autre part de la tolérance du produit aux rayonnements.

La plupart des applications commerciales antérieures au milieu des années 80, concernaient essentiellement des produits secs, déshydratés, congelés ou surgelés c'est à dire des produits à faible mobilité moléculaire. Aujourd'hui les progrès en biochi-

mie, physiologie et enzymologie permettent de progresser dans la mise au point d'applications sur des aliments à teneur en eau élevée tels que les produits carnés, produits laitiers, produits de la mer, fruits et légumes frais et enfin produits d'assemblage tels que plats cuisinés.

On peut classer les applications des traitements ionisants par doses croissantes. Il est intéressant de remarquer que les doses les plus couramment utilisées en agroalimentaire varient de 0,10 kGy (kilo Gray) à 40 kGy soit un facteur de l'ordre de 400 ! On comprend aisément que les conséquences sur la matière sont de nature sensiblement différente d'une application à l'autre. Comme pour d'autres traitements physiques tels que le traitement thermique, les effets des rayonnements sont proportionnels à la dose; les recherches actuelles tendent donc vers la mise au point de traitements à des doses plus faibles, éventuellement combinées à d'autres techniques.

2 APPLICATIONS A FAIBLES DOSES, INFÉRIEURES A 1 kGy

2.1 Inhibition de la germination

De très faibles doses (50 à 150 Gy) permettent un contrôle effi-

cace de la germination des bulbes et tubercules tels que pomme de terre, oignon, ail et échalotte mais aussi igname, gingembre et châtaigne. Les doses employées ne provoquent pas d'effets indésirables sur le pro-

duit. Elles sont fonction de la variété, de la maturité, de l'origine des produits, des conditions d'environnement etc...

L'utilisation d'inhibiteurs chimiques de la germination (chlo-

**DOSES NECESSAIRES DANS DIVERSES APPLICATIONS
DE L'IONISATION**

BUT	DOSE kGy	PRODUITS
FAIBLE DOSE (jusqu'à 1 kGy)		
a) Inhibition de la germination	0,05-0,15	Pomme de terre Oignon, ail Gingembre
b) Désinsectisation et déparasitage	0,15-0,50	Céréale Légumineuse Fruit frais et sec Poisson et viande
c) Ralentissement d'un processus physiologique	0,50-1,0	Fruit et légume frais
DOSE MOYENNE (de 1 à 10 kGy)		
a) Prolongation de la conservation	1,0-3,0	Poisson frais Fraise
b) Elimination des agents d'altération et des micro-organismes pathogènes	1,0-7,0	Fruit de mer, frais et congelé, Volaille et viande crues ou congelées
c) Amélioration technique des aliments	2,0-7,0	Raisin (augmentation du rendement en jus) Légume déshydraté (diminution de la durée de cuisson)
FORTE DOSE (de 10 à 50 kGy)		
a) Stérilisation industrielle	30-50	Viande, volaille, Fruit de mer, Aliment prêt à l'emploi
b) Décontamination de certains additifs et ingrédients alimentaires	10-50	Ration hospitalière Epice, gomme Préparation d'enzyme

(d'après L'irradiation des produits alimentaires Organisation mondiale de la Santé - 1989)

roisopropyl carbamate CIPC-pour la pomme de terre, hydrazide maléique pour l'oignon) est concurrentielle dans les pays tempérés ou froids mais perd beaucoup de son efficacité dans les pays chauds. L'ionisation est remarquablement efficace si le traitement est effectué pendant la période de dormance, généralement le mois suivant la récolte.

Une très faible dose d'ionisation (10 - 100 Gy) stimule la germination de l'orge, ce qui permet de réduire la durée de maltage et d'augmenter la capacité de production des malteries. Par contre, des doses plus élevées (250 à 500 Gy) n'empêche pas la pousse des germes et des vrilles de l'orge mais retarde sensiblement la croissance des racines. On obtient de la sorte un malt de qualité tout en limitant les pertes associées à la croissance racinaire (cf. paragraphe 3.3).

Une autorisation provisoire de traitement par ionisation des pommes de terre avait été donnée à titre provisoire en France en 1972 mais n'a pas été renouvelée en 1977 devant l'absence de demande. Le traitement des aulx, oignons et échalottes est autorisé définitivement en France à une dose de 0,15 kGy depuis 1984.

Depuis 1973 la coopérative de Shihoro, au Japon traite annuellement environ 30 000 tonnes de pommes de terre, du fait de l'interdiction des inhibiteurs chimiques. De même l'ionisation industrielle d'ail et d'oignon est

pratiquée en République Démocratique Allemande et en Hongrie.

2.2 Stérilisation d'insectes

L'utilisation d'insecticides pour réduire le nombre ou éliminer des insectes présente des limites dans son efficacité car les effets ne sont que temporaires du fait de la régénération naturelle des populations.

La technique du mâle stérile découverte en 1937 aux Etats-Unis consiste à lâcher dans une zone bien contrôlée des populations de mâles stérilisés par ionisation. La proportion de mâles stériles devient telle que la probabilité qu'une femelle rencontre un mâle fertile diminue fortement. Des lâchers répétés de mâles stériles entraînent l'élimination progressive de cette population.

Cette technique très séduisante en théorie a été expérimentée dans plusieurs régions bien délimitées, comme l'île de Curacao, le Burkina Fasso, le Niger... pour l'élimination de différents insectes parasites. L'Agence Internationale de l'Energie Atomique mène actuellement un programme d'éradication de différents insectes tels que mouche tsé-tsé, mouches des fruits, moustiques...

La stérilisation des mâles nécessite de très faibles doses d'environ 0,08 kGy à 0,3 kGy.

2.3 Désinsectisation et décontamination

L'ionisation à des doses comprises entre 0,15 et 1 kGy, est utilisée pour la désinsectisation de denrées stockées telles que céréales, noix, fruits et légumes secs, farines, poissons séchés, ou comme traitement de quarantaine.

Les effets des rayonnements sur les insectes ravageurs sont fonction du stade de développement et de l'espèce. Selon les doses, les adultes sont soit stérilisés (0,05 - 0,75 kGy) soit détruits. La dose appliquée sera définie en fonction de l'objectif visé et du coût économique. Un avantage décisif de cette technique réside dans la capacité à traiter les oeufs cachés dans les grains ou les fruits, à la différence de la fumigation chimique. Un conditionnement adéquat mis en place avant ionisation est nécessaire pour éviter toute réinfestation.

L'ionisation, à une dose minimum de 0,15 kGy, est de plus en plus reconnue par les autorités de quarantaine comme un procédé valable pour la désinsectisation, en particulier pour les fruits tropicaux et subtropicaux. Cette technique est parfois la seule efficace à la différence des autres procédés physico-chimiques, pour les fruits notamment. La mouche des fruits ou le charançon sont ainsi détruits par ionisation.

Les fumigants chimiques (dibromure d'éthylène, bromure de

méthyle, phosphine) sont généralement plus compétitifs que l'ionisation et sont largement utilisés mais ils posent quelques problèmes: résidus, développement de formes résistantes... Le dibromure d'éthylène est ainsi de plus en plus controversé et son utilisation interdite en Australie, au Canada, au Japon et aux Etats-Unis. Depuis 1989, l'USDA (US Department of Agriculture) autorise l'ionisation comme traitement de quarantaine pour les papayes en provenance d'Hawaii.

L'ionisation de céréales pour la désinsectisation est utilisée industriellement dans le port d'Odessa, en URSS, depuis 1984, avec des tonnages annuels d'environ 400 000 tonnes. Deux accélérateurs d'électrons de conception soviétique traitent en vrac et en continu les céréales importées, directement débarquées des navires, avant qu'elles ne soient stockées dans des silos protégés contre une réinfestation.

2.4 Retard de la maturation et de la sénescence

Les fruits climactériques subissent une phase de maturation et de sénescence au cours de leur évolution physiologique. Des doses d'ionisation inférieures à 1 kGy, peuvent retarder cette phase dans le cas de fruits tels que papayes ou mangues. L'action de l'ionisation ne se situe donc plus sur les contaminants (insectes, micro-organismes) mais sur le végétal lui-même.

Les légumes ont une évolution physiologique différente des fruits; l'ionisation est alors de préférence utilisée pour en retarder la sénescence.

Chaque végétal répond d'une manière spécifique à l'ionisation, en fonction de nombreux paramètres tels que la variété, le stade physiologique, etc... L'ionisation appliquée pendant la phase post-climactérique d'un fruit est inefficace quant au blocage de la maturation. L'ionisation agit différemment sur la production d'éthylène d'un fruit à l'autre. La mise au point du procédé doit alors se faire cas par cas et prendre en compte la réaction du végétal à l'ionisation sur le plan des caractéristiques organoleptiques mais aussi du métabolisme. Les modifications de la valeur nutritionnelle sont généralement insignifiantes à ces doses.

L'action des rayonnements ionisants sur le blocage de la maturation est complexe et nécessite

des recherches avancées sur la physiologie des organes végétaux après récolte. Ce type de recherche ne se développe que depuis quelques années, particulièrement en France. Cependant de nombreux essais ont déjà été menés dans le monde entier sur des fruits tropicaux (avocat, banane, mangue, papaye) ou sur certains légumes (champignon, tomate, endive, asperge).

Le stockage réfrigéré en atmosphère modifiée ou en présence de capteurs d'éthylène est actuellement utilisé mais s'applique parfois mal à certaines denrées comme les fruits tropicaux. Afin d'éviter des effets secondaires sur les qualités sensorielles, le traitement ionisant peut alors être combiné à d'autres procédés. Une ionisation suivie d'un traitement thermique (exemple: 50°C pendant 5 minutes) permet de retarder la maturation et de contrôler les maladies de certains fruits tels que mangue et papaye.

REPONSE DE QUELQUES FRUITS A L'IONISATION
(d'après Akamine et Moy, 1983)

EFFET	REPONSE DU FRUIT	FRUIT	
	MATURATION RETARDEE	Banane Mangue Papaye	
	POSITIF	SENESCENCE RETARDEE	Cerise Abricot Papaye
		CONTROLE DES MALADIES PENDANT LE STOCKAGE	Tomate Fraise Figue
NEGATIF		DEGRADATIONS APRES TRAITEMENT	Poire, Avocat Citron, Orange Pamplemousse Concombre
		MATURATION ACCELEREE	Olive, Prune Pomme, Raisin Pêche Nectarine
		FAIBLE SENSIBILITE A L'IONISATION	Ananas Lychee

(tiré de Ionizing Energy in Food Processing and pest Control II Council for Agricultural Science and Technology n°1151989)

3 LES APPLICATIONS A DOSES MOYENNES, DE 1 A 10 kGy

3.1 Pasteurisation à froid. Augmentation de la durée de conservation

L'une des principales applications de l'ionisation des aliments concerne la destruction des microorganismes responsables d'altération ou de la détérioration du produit. La plupart de ces microorganismes contaminant les demées fraîches telles que produits carnés, produits de la mer, fruits et légumes, sont radiosensibles.

De nombreux ingrédients secs, en particulier les épices et les herbes aromatiques, produits principalement dans les Pays en développement, peuvent être contaminés par des microorganismes parfois pathogènes pour l'homme. L'utilisation de tels ingrédients lors de transformations ultérieures pour la fabrication de produits d'assemblage (Plats cuisinés, charcuterie...) pose des problèmes de contamination et représente parfois un risque pour la santé.

Dans la plupart des cas, l'ionisation de ces ingrédients ou de ces aliments à des doses comprises entre 5 et 8 kGy réduit la charge microbienne de 1000, voire 100000 germes par gramme, essentiellement des bactéries, des levures ou des moisissures. La durée de conservation de ces produits en est augmentée de manière plus ou moins importante.

La dose d'ionisation est définie en fonction de la résistance spécifique de la flore de contamination au rayonnement ionisant (Dose de réduction décimale: D_{10}) et de la sensibilité du produit à l'ionisation (dégradations des caractéristiques sensorielles, fonctionnelles...). Ainsi l'ionisation de produits secs ou déshydratés peut se faire à des doses supérieures à celle des produits frais, où l'ionisation doit généralement être combinée à d'autres procédés afin d'éviter des changements de texture, de couleur, d'odeur (cf. paragraphe 5).

Afin d'optimiser cette augmentation de durée de vie, la qualité de la matière première est primordiale. L'ionisation, comme d'autres techniques de conservation, ne peut améliorer la qualité de denrées de qualité médiocre ou mauvaise. De ce fait il est préférable de traiter les produits le plus tôt possible après récolte ou fabrication. Certaines installations d'ionisation sont ainsi intégrées sur les chaînes de fabrication.

La fumigation par oxyde d'éthylène pour la décontamination de ces produits est de plus en plus limitée, voire interdite depuis quelques années. En effet, des effets carcinogènes et mutagènes de l'oxyde d'éthylène ont été mis en évidence.

Le traitement industriel par ionisation des épices, des plantes aromatiques et des légumes déshydratés est pratiqué depuis plusieurs années en Europe

(Pays-Bas, Belgique, France...) et aux Etats-Unis, et constitue aujourd'hui une des principales applications des rayonnements ionisants en agro-alimentaire. L'ionisation des légumes déshydratés (10 kGy), de la gomme arabique (9 kGy), des mélanges flocons/germes de céréales (10 kGy), des épices (11 kGy), des produits du sang (10 kGy), de la farine de riz (5 kGy) et des fraises (3 kGy) est autorisée en France pour la débactérisation et l'augmentation de la durée de conservation.

3.2 Elimination des germes pathogènes et des parasites pour l'homme

Les maladies d'origine alimentaire provoquées par les microorganismes constituent un problème de gravité croissante pour les industries de la transformation alimentaire et de la restauration, spécialement dans les Pays développés. La centralisation de la production de denrées alimentaires (élevages, industries de transformation) conjuguée au développement de la restauration collective créent des conditions telles qu'une intoxication d'origine alimentaire peut, à partir d'une source unique, se propager rapidement et provoquer de graves problèmes de santé sur une très grande étendue.

La décontamination des aliments principalement d'origine animale, en vue de prévenir les intoxications alimentaires, constitue une application potentielle très importante de

l'ionisation. Cette technologie est alors très efficace si elle est employée en complément des bonnes pratiques de fabrication.

La dose relativement faible nécessaire pour détruire les bactéries pathogènes non sporulées qu'on trouve dans les aliments, par exemple *Salmonella* spp., *Campylobacter jejuni*, *Listeria monocytogenes* et *Yersinia enterocolitica*, fait de cette technique un moyen très efficace comme traitement barrière contre ces microorganismes. La combinaison de l'ionisation avec un contrôle strict du stockage réfrigéré s'avère indispensable pour l'élimination des risques dus à *Clostridium botulinum*, du fait de la relative radiorésistance de cette bactérie.

L'ionisation pratiquée dans des conditions industrielles normales, à des doses qui n'entraînent pas de transformations inacceptables du produit alimentaire, élimine les bactéries pathogènes non sporogènes présentes dans les produits d'origine animale tels que viande rouge, volaille ou poisson. Le traitement est généralement pratiqué sur le produit emballé, évitant toute recontamination.

Des aliments tels que le maïs ou les crevettes, susceptibles d'être contaminés par des microorganismes toxigènes, doivent être traités par ionisation ou par tout autre procédé avant la production de la toxine puis stockés dans des conditions inhibant toute biosynthèse de la toxine.

L'ionisation à faible dose est comparable à la pasteurisation, détruisant les microorganismes pathogènes mais incapable d'inactiver les spores bactériennes (*Clostridium* et *Bacillus*), les mycotoxines ou les toxines bactériennes.

Le traitement et la distribution de ces produits peuvent se faire à l'état frais ou congelé. Une dose de 2 à 7 kGy suffit à neutraliser les agents pathogènes présents dans la volaille, la viande, les ovo-produits, les crevettes et les cuisses de grenouille congelées, sans entraîner de transformations réductrices du produit. La dose d'ionisation sera fonction de la bactérie, de son substrat et des conditions de traitement. L'ionisation d'un produit congelé nécessite des doses légèrement plus élevées que dans le cas d'un produit frais. Les caractéristiques organoleptiques de l'aliment seront en général mieux préservées dans le cas d'un traitement à basse température.

L'ionisation à des doses faibles (0,3 kGy pour la *Trichinella*) est efficace dans l'élimination des parasites rencontrés dans la viande fraîche, principalement des vers (helminthes) du genre *Trichinella spiralis* et *Taenia solium* dans la viande de porc, et *Taenia saginata* dans la viande de boeuf. Peu de données positives exis-

tent quant à l'élimination de parasites tels que les larves d'*Anisakis*, dans les produits marins.

Les autorisations de traitement par rayonnement ionisant pour l'élimination des germes pathogènes ou des parasites dans les produits d'origine animale sont de plus en plus nombreuses dans le monde. Ces applications de l'ionisation sont parfois irremplaçables pour résoudre certains problèmes de Santé publique.

Les Etats-Unis préparent une autorisation jusqu'à 3 kGy pour l'élimination des bactéries pathogènes dans la volaille. Le traitement des produits de la mer par rayonnement ionisant est autorisé au Bangladesh, Brésil, Canada, Chili Inde, Pays-Bas, Thaïlande et Belgique. En France, l'ionisation de la viande de volaille séparée mécaniquement (VSM) surgelée est autorisée à une dose de 5 kGy, celui des cuisses de grenouille surgelées à 8 kGy. Une demande est en cours d'examen pour les crevettes décortiquées congelées (5 kGy), le blanc d'oeuf (4 kGy), la volaille pré-découpée (5 kGy) et les fromages à pâte molle (3 kGy).

Une installation industrielle intégrée est en fonctionnement en Bretagne pour le traitement des VSM depuis 1986 (cf. chapitre sur les viandes de volaille).

**RADIORESISTANCE DE QUELQUES BACTERIES PATHOGENES
DANS LA VIANDE ROUGE ET LA VOLAILLE (d'après FARKAS, 1987
et STEGEMAN, 1988)**

GENRE	DOSE DE REDUCTION DECIMALE (en kGy)
Campylobacter	0,08-0,16
Escherichia	0,30-0,55
Lisferia	0,20-1,10
Salmonella	0,31-1,30
Staphylococcus	0,34
Streptococcus	0,69-1,20
Yersinia	0,04-0,21

(tiré de Ionizing Energy in Food Processing and pest Control II
Council for Agricultural Science and Technology n°1 15)

3.3 Amélioration des propriétés technologiques

Alors qu'ils peuvent paraître comme négatifs sur des aliments, certains effets des rayonnements ionisants sont mis à profit pour des applications particulières. Ainsi la cassure de longues molécules telles que cellulose, amidon, pectine ou peptide, à l'origine de la perte de texture des aliments, est parfois recherchée et perçue alors comme une amélioration de la qualité. Les doses utilisées vont de 0,1 à 10 kGy.

Les soupes prêtes à l'emploi sont généralement constituées de légumes déshydratés dont le temps de réhydratation varie d'un légume à l'autre. L'ionisation de ces légumes permet de réduire la taille des molécules d'amidon ce qui diminue le temps de réhydratation. De la même manière, le temps de cuisson de certains aliments peut être raccourci.

L'ionisation de farine de blé modifie la valeur boulangère et la levée de la pâte à pain par altération de l'amidon et de la fraction protéique.

L'ionisation augmente de manière significative le rendement en jus de raisin sans en affecter la qualité, lors de la fabrication du vin. Le séchage de fruits tels que le pruneau est également amélioré. Ces réactions sont dues à l'altération des parois pectocellulosiques.

La tendreté de morceaux de viande peut être augmentée par ionisation, du fait de la destruction des microorganismes alors que les enzymes non inactivées continuent de dégrader les protéines.

Ces changements de propriétés sont encore peu exploités au plan industriel mais les recherches tendent à se développer dans le cas de l'ionisation de pro-

duits complexes, plats cuisinés par exemple, où certaines fractions telles que les sauces, ont leurs propriétés modifiées alors que le produit est traité dans un autre objectif, pour le contrôle microbien par exemple.

4 LES APPLICATIONS A FORTES DOSES, SUPERIEURES A 10 kGy. LA STERILISATION.

L'élimination totale des microorganismes par ionisation est une application peu utilisée commercialement sur des aliments. L'utilisation de doses élevées modifie sensiblement certaines caractéristiques des denrées et les rend inacceptables pour le consommateur. Les recommandations des organismes internationaux tels que le Codex Alimentarius, concernent l'utilisation de doses inférieures à 10 kGy. L'emploi de doses stérilisantes, de plusieurs kilograys, constituent dans la majorité des pays une dérogation particulière. De ce fait, les applications sont aujourd'hui limitées à quelques cas spécifiques.

La grande majorité des travaux sur la stérilisation d'aliments par ionisation, plus spécialement pour les produits carnés ou de la pêche, ont été menés par l'armée américaine entre 1953 et 1981, dans l'objectif de mettre au point des rations de combat bien acceptées par les soldats. Les doses utilisées sont très élevées et peuvent atteindre 50 kGy (soit 12 fois la D_{10} de Clostridium botulinum) ! Une dose minimum de 20 kGy est nécessaire pour une sécurité microbiologique.

Les aliments stérilisés par ionisation sont également parfois utilisés dans certains régimes en milieu hospitalier, pour les personnes immuno-déprimées par exemple. La viande, le poisson, les légumes, les mélanges de céréales, des pâtisseries, des plats complets, des boissons en poudre peuvent être ainsi stérilisés. Traités congelés, ces aliments sont stockés à basse température jusqu'à leur consommation.

Les aliments stérilisés par rayonnement ionisant semblent en général mieux acceptés par les consommateurs que les denrées stérilisées par la chaleur: leur sapidité est meilleure, leur variété plus large et les qualités nutritionnelles plus grandes.

Les conditions de traitement telles que température et emballage, sont extrêmement importantes pour la qualité finale de l'aliment; ainsi la plupart des stérilisations par ionisation se font sur le produit congelé afin d'éviter le développement d'odeurs désagréables (-30°C dans le cas des expériences américaines). La denrée traitée est généralement conditionnée dans un emballage adéquat, primordial pour éviter toute recontamination ou toute altération par des agents extérieurs (lumière, oxygène).

La stérilisation d'aliments pour le milieu hospitalier est pratiquée en République Fédérale d'Allemagne, aux Pays-Bas et au Royaume-Uni.

En France, les rations pour ani-

maux de laboratoires sont la plupart du temps stérilisées par ionisation, depuis 1982. Cette technique permet en effet de nourrir des lots témoins sans germe tout en gardant l'appétance des rations.

La stérilisation par ionisation

devrait avoir un avenir dans le cas de l'alimentation de populations spécifiques telles que voyageurs aériens, malades en centre de soin, campeurs, etc... Certains programmes spatiaux américains ont déjà recours à de tels aliments pour l'alimentation des astronautes.

**DOSES MINIMUM DE STERILISATION DE DIFFERENTS ALIMENTS
(d'après Wierbicki, 1984)**

ALIMENT	TEMPERATURE PENDANT LA STERILISATION	DOSE MINIMUM (moyenne)
	°C	kGy
Bacon	5 à 25	28
Boeuf	-40 à -20	39
Boeuf	-90 à -70	57
Jambon	5 à 25	33
Jambon	-40 à -20	35
Corned beef	-40 à -20	25
Crevette	-40 à -20	37
Porc	5 à 25	45
Porc	-40 à -20	44
Poulet	-40 à -20	45

(tiré de Ionizing Energy in Food Processing and pest Control II Council for Agricultural Science and Technology n°115 1989)

5 LES TRAITEMENTS COMBINES

Le traitement de certains aliments par ionisation seule ne permet pas toujours d'atteindre l'objectif fixé. Il est alors possible de le combiner avec d'autres traitements. Ce peut être le cas lorsque:

- a) la dose nécessaire pour un objectif visé n'est pas supportable par le produit
- b) l'ionisation ne permet pas d'atteindre le résultat escompté
- c) le coût de l'ionisation est trop élevé.

5.1 Ionisation et réfrigération

Les traitements combinant ionisation et réfrigération sont particulièrement intéressants. Des doses moyennes combinées à une conservation entre 0 et 5°C pour le traitement de produits frais procurent un effet synergique. Dans ce cas, l'ionisation seule ne serait pas efficace dans la mesure où la dégradation du produit n'est pas seulement d'origine bactérienne (autolyse, oxydation). Cette combinaison est utilisée pour l'ionisation des fruits et légumes frais, par exemple.

5.2 Ionisation et traitement par la chaleur

La combinaison de la chaleur avec un traitement ionisant réduit sensiblement les doses à utiliser. Ainsi, l'inactivation des enzymes autolytiques de la viande nécessite des doses d'environ

200 kGy soit près de 5 fois les doses stérilisantes; un chauffage à 80°C inactive ces enzymes et permet de n'utiliser que des doses de pasteurisation, inférieures à 10 kGy

Pour des fruits tels que les papayes, le contrôle de la flore fongique nécessite des doses trop élevées pour le fruit. Un prétrempage dans l'eau chaude (une cinquantaine de degrés pendant quelques minutes) aboutit à l'élimination des levures et moisissures. L'ionisation est ensuite utilisée pour la désinsectisation, à des doses infiniment plus faibles. La combinaison des deux traitements permet un contrôle des deux types de contaminations.

5.3 Ionisation et emballage

Un emballage sous vide est parfois nécessaire pour la conservation de denrées dans la mesure où certains microorganismes ont besoin d'oxygène pour leur développement. L'ionisation intensifie les oxydations des autres constituants de la matière, en particulier des graisses, provoquant des odeurs désagréables. Un traitement sous atmosphère inerte peut éviter ce désagrément.

5.4 Ionisation et déshydratation

La réduction de l'activité de l'eau est un procédé ancien d'inhibition du développement microbien. De fortes concentrations en sucre ou en sel sont ainsi utilisées pour conserver certains

fruits ou poissons. L'ionisation peut être combinée à ces procédés afin de réduire la teneur en sel ou en sucre et améliorer ainsi la qualité de l'aliment tout en réduisant son coût de production.

5.5 Ionisation et traitements chimiques

Un traitement ionisant peut être judicieusement combiné à certains procédés mettant en œuvre

des substances chimiques afin d'en réduire les concentrations. C'est le cas des nitrites dans la viande ou la charcuterie, pour la prévention de *Clostridium botulinum*. L'adjonction de nitrite aboutit à la formation de nitrosamines cancérigènes. La combinaison avec l'ionisation permet de réduire sensiblement la concentration de nitrites et par conséquent la formation de nitrosamines.

BIBLIOGRAPHIE

Edward S. JOSEPHSON, Martin S. PETERSON
PRESERVATION OF FOOD BY IONIZING RADIATION (volumes II et III)
CRC Press, Florida
1983

Walter M. URBAIN
FOOD IRRADIATION
Food Science and Technology - a series of monographs
Academic Press
1986

Anonyme
IONIZING ENERGY in Food Processing and Pest Control
II. Applications
Task Force Report N°115
Council for Agricultural Science and Technology, USA
June, 1989

Anonyme
FOOD IRRADIATION
A technique for preserving and improving the safety of food
World Health Organization, Geneva
1988

P. LOAHARANU
FOOD IRRADIATION: A CONTRIBUTION TO ECONOMY AND HEALTH
IAEA Yearbook
International Atomic Energy Agency, Vienna
1989

STYLE 25

RENAULT 25 TXI

L'EXIGENCE DE PERFECTION

M

oteur 2 litres,
12 soupapes!

Cela suffirait à décrire la motorisation exceptionnelle de la **RENAULT 25 TXI**. Mais pour le plaisir, continuons à vous présenter ce modèle...

Fruit d'une technologie avancée, la souplesse de son moteur lui permet de délivrer toute sa puissance avec une consommation moindre.

En série, tout un ensemble d'équipements qui confirment la **RENAULT 25 TXI** dans l'univers du luxe :

- ordinateur de bord.
- climatisation.
- sécurité du freinage ABS.
- sellerie cuir.
- chaîne haute fidélité 4 x 20w.

A l'avant garde de toutes les modes, la **RENAULT 25 TXI** vous offre un art de vivre, l'art de vivre la puissance, pleinement.

Documentation sur demande à votre concessionnaire **RENAULT**.



RENAULT

On est en confiance



SECTION 1



AROUND THE WORLD



 Countries with pilot scale food irradiation facilities

 Countries which have irradiators for processing medical and pharmaceutical products but have not approved the processing of foodstuffs

 Countries with food irradiation facilities in the near future

SECTION 2

NOUVELLE RENAULT 19 RENAULT 19 CHAMADE



FORCE ET SEDUCTION



92 chevaux ont accaparé le moteur 1721 cm³ de la Renault 19 Chamade.

La direction assistée et la boîte 5 vitesses sont là pour vous en faire profiter pleinement.

Carburateur double corps, allumage électronique intégral...

Laissez-vous emporter par la force !

...Et découvrez la qualité de vie à bord de votre nouvelle Renault :

Climatisation d'origine, poste auto radio haute fidélité, 5 grandes places, fonctionnalité des sièges 1/3 - 2/3, lève-vitres électriques, condamnation électromagnétique des portes et de la trappe à carburant...

Laissez-vous séduire !

Venez rencontrer la Renault 19 Chamade



100



PROJET D'INTRODUCTION DES METHODES D'IRRADIATION POUR LA CONSERVATION DES ALIMENTS AU MAROC

Mme. R'KIEK
(INRA), Tanger

Le Maroc est un pays à vocation agricole. Ses productions sont très diversifiées. La pêche maritime constitue également une activité importante et variée. Autre la production destinée à la consommation nationale une grande partie est exportée vers les différents pays et représente une rentrée importante de devises pour le Maroc.

On distingue deux types de produits : ceux d'origine végétale et ceux d'origine animale (voir Tableau N°1).

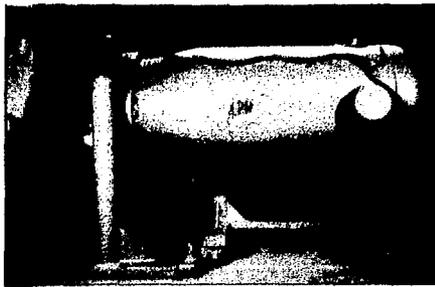
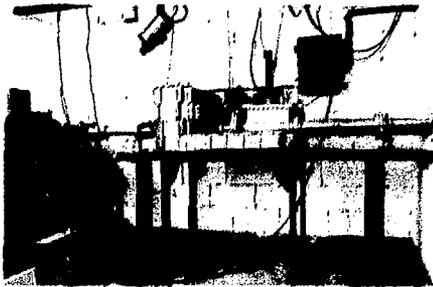
Les pertes causées par les différents parasites sur les productions sont énormes. Les principaux parasites sont les rongeurs, les insectes, les bactéries. Les moisissures, les microorganismes tels que le salmonella sur volailles et vibrioparaphoemolyticus sur poissons...

Ces pertes ont lieu au cours des différentes étapes allant de la production à la commercialisation (conditionnement, stockage, transport, transformation, conservation) et au foyer... Plusieurs méthodes de traitements sont utilisées pour réduire ces pertes dont on peut citer : celles qui sont traditionnelles telles que le salage, le séchage au soleil et



le fumage et celles qui sont modernes telles que la mise en conserve, la pasteurisation, le froid, la fermentation, la déshydratation, le séchage sous vide... Malgré toutes ces méthodes utilisées les dégâts restent importants et estimés à plus de 27% de la production nationale.

Pour pouvoir réduire les pertes et prolonger la période de conservation en vue d'atteindre notre auto-suffisance en produits alimentaires et voir l'accès sur de nouveaux marchés internationaux, il est indispensable d'opter,



dans nos méthodes utilisées pour la conservation, pour les nouvelles techniques telle que la conservation par irradiation.

L'utilisation de cette technique a commencé il y a plus de trente années durant lesquelles elle s'est développée dans plusieurs pays tant industrialisés qu'en voie de développement. Les résultats obtenus sont très satisfaisants.

Avec la combinaison des techniques déjà existantes et celle de la conservation par irradiation, nous pourrions réduire considérablement les pertes. L'expérience a montré qu'il est plus facile de diminuer les pertes en améliorant les méthodes de conservation qu'en augmentant la production.

Avant de se lancer dans la conservation à l'échelle industrielle, il est indispensable de passer par une phase de recherche.

A ce sujet et suite à une demande de Monsieur le Ministre de l'Agriculture et de la Réforme Agraire (M.A.R.A.) une représentation marocaine formée de responsables de la Direction Protection des Végétaux, Contrôle Technique et Répression des Fraudes (D.P.V.C.T.R.F.) s'est

rendue à Genève en 1989 pour assister à un séminaire sur la conservation des aliments par irradiation. Durant ce séminaire, les responsables marocains ont eu des entretiens avec les responsables de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (A.I.E.A.) et après leurs retours ils se sont réunis avec Monsieur le Ministre qui a insisté sur l'introduction de cette technique, vue la demande de plusieurs agro-industriels.

Par la suite, des contacts ont eu lieu entre des représentants du Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire (M.A.R.A.) et du Ministère de l'Energie et des Mines et de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (A.I.E.A.) pour l'envoi d'un expert afin d'étudier la possibilité de réalisation d'un tel projet.

De même une série de réunions ont eu lieu au niveau du (M.A.R.A.) qui ont abouti à confier à la Station Centrale des Radio-Éléments (S.C.R.E.) et de l'Institut National de la Recherche agronomique (I.N.R.A.) Tanger la phase recherche et la création d'une Station pilote d'irradiation des aliments étant donné que la S.C.R.E. dispose d'une infra-

structure opérationnelle et un large historique dans l'utilisation des techniques nucléaires dans le domaine de la recherche agronomique.

Pour pouvoir apprécier le niveau de développement de l'utilisation des techniques nucléaires au Maroc, il est indispensable de vous présenter brièvement la station qui a été chargée de la phase Recherche.

La S.C.R.E. est l'unité de l'I.N.R.A. chargée de l'utilisation des techniques nucléaires. La création du noyau de cette unité remonte à 1963 avec l'arrivée au Maroc d'un expert de l'A.I.E.A. En 1967 a eu lieu la création du Laboratoire des Radio-Eléments et en 1975 il est devenu Station Centrale des Radio-Eléments et il est prévu qu'elle acquiert une autre appellation dans le nouveau organigramme de l'I.N.R.A.

Les activités de cette unité n'ont pas cessé de s'accroître en touchant plusieurs disciplines (Fertilisation, induction des mutations, entomologie, pédologie, microbiologie, physiologie végétale, hydrologie et ce projet abordera la technologie alimentaire (Tableau N°2).

Tous ces programmes sont effectués grâce à la collaboration de l'A.I.E.A. et des autres institutions Marocaines.

Pour évaluer la possibilité de réalisation du projet d'irradiation des aliments l'A.I.E.A. a envoyé un de ses experts. Pendant son séjour au Maroc, l'expert a visité plusieurs sociétés agro-alimentaires et de stockage; et a eu des entretiens avec les directeurs de la production agricole,

de la santé animale de l'office régional de la mise en valeur de Loukkos et des responsables de la D.P.V.C.T.R.F. et de l'I.N.R.A.

L'Expert de l'Agence a insisté sur la nécessité de passer par une phase recherche et la confier à la S.C.R.E. ainsi que la création d'une Station pilote d'irradiation des aliments.

Ainsi la S.C.R.E. a présenté à l'A.I.E.A. une demande d'assistance technique pour le projet de conservation des aliments par irradiation comprenant la création de la station pilote de traitements.

La répartition des contributions de l'A.I.E.A. et du gouvernement Marocain telle qu'elle est demandée est comme suit.

L'A.I.E.A. sera chargée de :

-Assurer la formation du personnel pour le projet

-Octroi d'une source d'irradiation de 50.000 Ci

-Faire d'expertise nécessaire.

Contrepartie Marocaine

-Recrutement des cadres nécessaires au projet

-Faire les constructions nécessaires pour abriter la Station pilote.

-Accorder les crédits de fonctionnement nécessaires

-Faire sortir le décret réglementant l'utilisation des techniques nucléaires.

L'A.I.E.A. a accepté la demande d'assistance technique pour le biennal 1991 - 1992 sous forme de note A (Financé par un pays donateur) ; en accordant au projet :

-La formation du personnel affecté au projet

-L'octroi de 250.000 \$ pour l'acquisition d'une source d'irra-

TABLEAU 1
PRINCIPAUX PRODUITS ALIMENTAIRES AU MAROC

PRODUCTION VEGETALE				PRODUCTION ANIMALE		
SPECULATION	SURFACE 1000 Ha	PRODUCTION 1000 T	CULTURE	SPECULATION	PRODUCTION 1000 T	ESPECE ANIMALE
CEREALES	5.301,6	7.939,39	Blé dur, tendre, orge, alpiste, avoine, maïs, sorgho, riz	Viande rouge	144,07	Bovins, Ovins, Caprins, Chevaux, Camelins
LEGUMINEUSES	482,8	450,23	Fêve, pois-chiche, petits-pois, lentilles	Viande blanche	125,00	Vollailles
OLEAGINEUX	141,8	298,52	Tournesol, Arachide	Pêche maritime	550,64	Poissons, Mollusques et Crustacés
CULTURES MARAICHERES	86,36	2.448,35	Pommes de terre, tomate, oignon et autres			
ARBORICULTURE FRUITIERE	486,70	8.126,0	Agrumes, olivier, amandier, vignes, palmier, dattier			

diation de Ca60 de 30.000 Ci avec ses accessoires qui est suffisante pour la phase recherche dans la Station pilote.

-Fournir l'assistance technique nécessaire pour la construction, l'installation, la dosimétrie et le démarrage des traitements pour la conservation des produits d'origines animales et végétales.

A la lumière de cet accord le Maroc a tenu ses engagements en commençant dans une première phase par :

-Affectation de trois ingénieurs par la D.P.V.C.T.R. (Un phytiaire et deux technologues).

-Recrutement par l'I.N.R.A. de deux ingénieurs en plus des cadres existants à la S.C.R.E.

-Prévision de dégagements des crédits nécessaires en 1992 pour la construction de la Station pilote.

- Acquisition du terrain pour la construction de la station-pilote.

-Faire sortir la réglementation sur l'utilisation des techniques nucléaires au Maroc avant 1992.

Etant donné que le projet a été retenu sous faut Note A une commission du C.E.A. France avait effectué une mission au Maroc et s'est entretenue avec les différents responsables nationaux pour étudier la possibilité de prendre en charge le projet et on s'attend à une autre mission très prochainement. Dans le même objectif l'Institut National des Radio-Eléments à Fleurus en Belgique a invité un responsable de l'I.N.R.A. pour lui faire part de son expérience dans le domaine de la conservation des aliments par irradiation.

En parallèle le Maroc participe à l'Accord Régional de Coopération pour l'Afrique sur la Recherche, le Développement et la formation relatifs aux Sciences et Technologie Nucléaires (A.F.R.A.).

L'objectif de cet accord est de faire bénéficier les pays membres des expériences et infrastructures acquises par chacun. L'A.F.R.A. comprend sept projets dont un sur la conservation des aliments par irradiation. Notre adhésion à ce projet nous permettra de bénéficier des expériences acquises par les autres pays africains qui nous ont devancé dans l'introduction de cette techniques tels que l'Algérie, l'Egypte, le Ghana, Côte d'Ivoire, le Nigeria, etc... Cette expérience nous orientera pour éviter les problèmes auxquels les autres se sont affrontés.

Objectifs immédiats du projet approuvé par l'A.I.E.A. dans le cadre d'assistance technique

- Formation d'un noyau de capacité national dans le domaine d'application de la technologie d'irradiation des aliments.

- Adapter les résultats de recherche appliquée dans d'autres pays à nos produits et dans nos conditions.

- Entreprendre des recherches sur des produits spécifiques pour le Maroc qui représentent un intérêt économique soit pour la consommation nationale ou destinés à l'exportation.

- Evaluation de la faisabilité technique et économique des procédés d'irradiation.

- Faciliter l'introduction de la conservation des aliments par irradiation à l'échelle industrielle.

- Enquête et campagne sur l'écoulement des produits irradiés sur le marché national et leur acceptation par les consommateurs.

- Etude de l'efficacité et du coût de combinaison des différentes méthodes de conservation.

Objectifs à long terme

- Assister les industriels pour le traitement des différents produits.

- Contrôle et surveillance des processus d'irradiation au niveau des traitements.

- Recherche d'une méthode de détection efficace pour la distinction d'un produit irradié.

Pour ce projet en plus de l'étroite collaboration existant entre l'I.N.R.A. et la D.P.V.C.T.R.F. d'autres organismes y collaboreront. Parmi ceux-ci, on peut citer :

Au Ministère de l'Agriculture

et de la Réforme Agricole.

La Direction de Production Végétale, Direction de l'Elevage, l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, l'Office National des Céréales et des Légumineuses .

Au Ministère de la Santé Publique :

Le Service de Radio-Protection et le service d'hygiène.

Les départements concernés :

-Du Ministère de la Pêche Maritime et de la Marine Marchande.

- Du Ministère de l'Enseignement Supérieur.

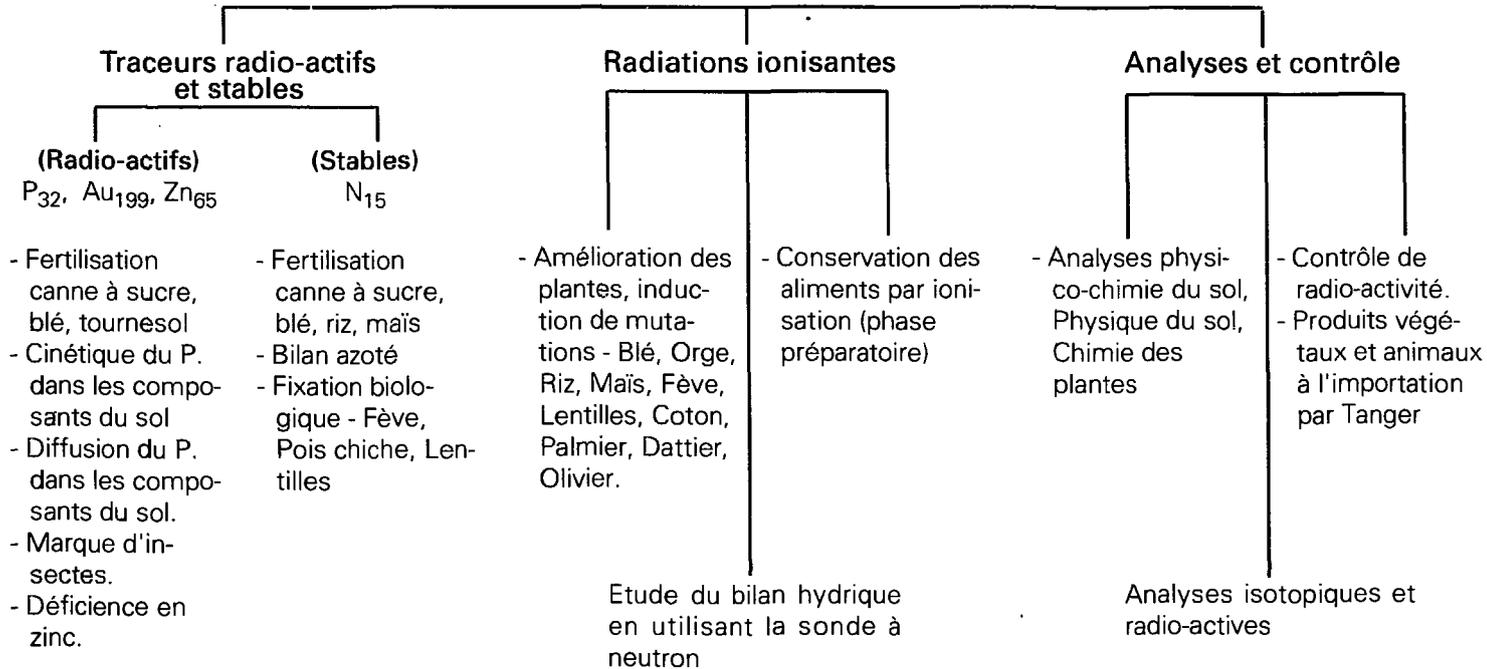
-Du Ministère de l'Energie et des Mines.

-Les Sociétés d'Exportation et de Stockage.

Enfin je remercie l'Association des Ingénieurs de Génie Atomique pour l'initiative qu'ils ont pris pour l'organisation de cette journée d'information sur la conservation des aliments par irradiation et je félicite les organisateurs pour leur réussite.

TABLEAU 2
ROYAUME DU MAROC
INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
CENTRE REGIONAL DU RIF
STATION CENTRALE DES RADIO-ELEMENTS

PROGRAMME DE RECHERCHE



La vie... ça roule en **RENAULT SUPERCINQ CAMPUS**

La nouvelle RENAULT SUPERCINQ.
C'est la SUPERCINQ CAMPUS. Elle sait allier le charme,
la détente et l'élégance.

Elle sait être confortable, autant pour les trajets en ville que
pour les longs voyages en famille.

Elle est surtout économique, en ville comme sur la route :

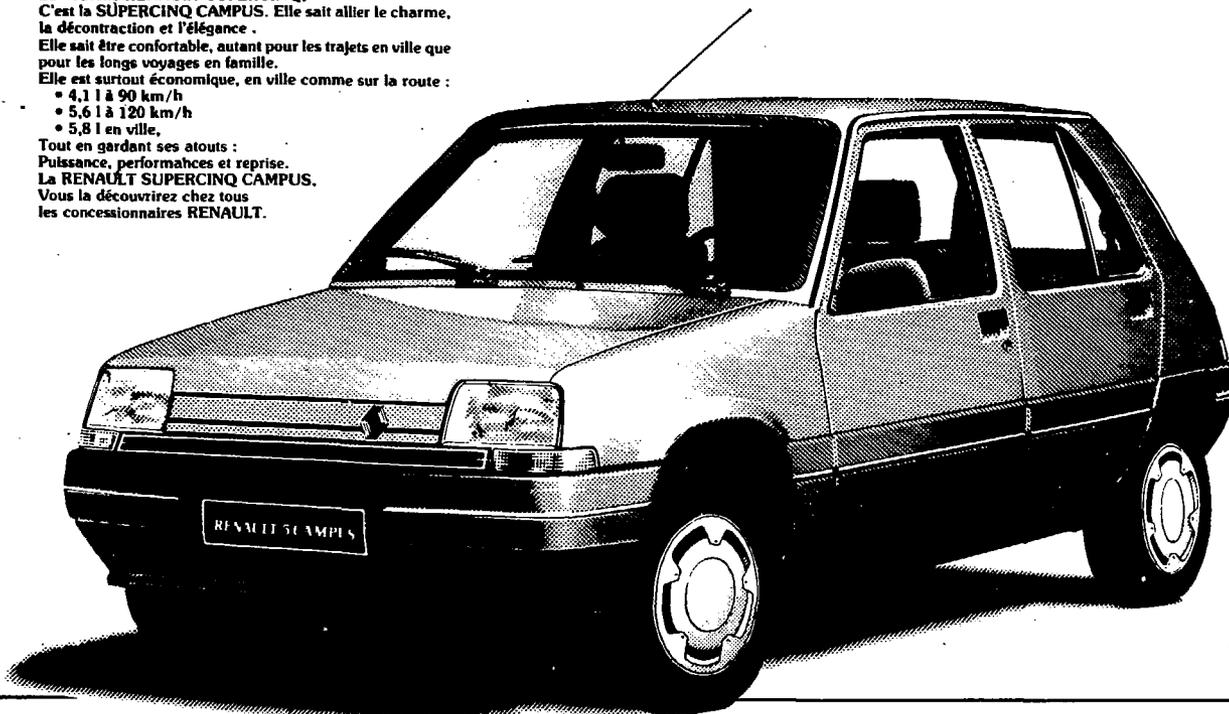
- 4,1 l à 90 km/h
- 5,6 l à 120 km/h
- 5,8 l en ville.

Tout en gardant ses atouts :

Puissance, performances et reprise.

La RENAULT SUPERCINQ CAMPUS.

Vous la découvrirez chez tous
les concessionnaires RENAULT.



RENAULT. On est en confiance.



CONDITIONS D'INTRODUCTION DES TECHNIQUES D'IONISATION AU MAROC

Rachad ALAMI
Chef du Département
Techniques Nucléaires
R & D
CNESTEN

Le plan directeur ci-contre constitue beaucoup plus un pré-texte pour exposer les réflexions actuellement menées au CNESTEN sur les conditions d'introduction des techniques d'ionisation dans notre pays qu'il ne représente un programme d'exécution déjà adopté. En effet, un tel programme n'existe toujours pas, dans la réalité, au Maroc.

Bien que, comparé à l'échelle de temps qui l'accompagne, ce plan directeur semble, pour le moins optimiste, il résume cependant les principales étapes nécessaires à la réalisation d'une unité industrielle de conservation des denrées alimentaires par ionisation, si la décision de lancer un tel projet était prise durant l'année en cours.

L'ETUDE PRÉLIMINAIRE DE FAISABILITÉ

L'étude de faisabilité commence d'abord par une collecte de données portant sur les différentes denrées alimentaires touchées par les pertes après récolte. Il faut déterminer d'une manière aussi précise que possible les causes et l'importance de ces pertes.

Le recensement des aliments du commerce susceptibles d'être

porteurs d'éléments pathogènes est également important.

Ces études statistiques devraient donner la préférence aux denrées produites :

- pour lesquelles le procédé d'ionisation est particulièrement adapté (épices, denrées sèches, etc...).

- dont le traitement par irradiation est déjà couramment pratiqué ailleurs de par le monde : on serait dispensé alors de se lancer dans des études d'innocuité assez coûteuses; ce type de denrées est en outre économiquement particulièrement intéressant du fait que ce sont celles pour lesquelles un consensus international en ce qui concerne la commercialisation risque d'intervenir en premier.

- qui sont largement consommées localement: cela permettrait d'éviter d'affronter tout de suite des problèmes d'exportation, accompagnant encore ce genre de technique, et qui sont toujours en cours de règlement à l'échelle internationale.

Dans la pratique, il serait probablement assez difficile de satisfaire les différents critères mentionnés ci-dessus pour le choix des denrées alimentaires "candidates" à la conservation par ionisation. Un certain compromis

conciliant la majorité de ces critères est cependant nécessaire.

Il s'agit surtout, pour les denrées en question, de déterminer :

- les quantités produites : ces quantités influent directement sur la taille de l'unité de traitement industrielle à envisager

- les zones de production : leur connaissance permettrait, entre autres, d'aider au choix d'un site pour cette unité.

- les saisons des récoltes dont la connaissance est indispensable pour l'établissement de tout programme d'exploitation de l'unité industrielle.

- les réseaux de distribution : l'étape du traitement par ionisation doit s'inscrire le plus naturellement possible au sein du réseau et jouer le rôle de lien entre les zones de production existantes et les lieux de stockage, ceci pour éviter de perturber le système de distribution déjà en place (réduction des coûts de manutention et de transport qui peuvent s'avérer très élevés, réduction des opérations de contrôle et de mesures de doses).

La deuxième phase de l'étude concerne l'évaluation approximative du coût du traitement par kilogramme de produit. Ce coût est fonction de :

- la nature du traitement à administrer : pasteurisation, désinfestation, inhibition de la germination, etc...

- l'équipement d'ionisation à mettre en place

- la construction de l'unité industrielle

- la taille de la source qui dépend directement des quantités de produits à traiter

- des coûts de fonctionnement

(y compris le remplacement de la source), du transport et de la maintenance

- des diverses taxes et assurances

L'expérience tirée de quelques cas de figure, pris dans des pays en voie de développement dans lesquels la commercialisation de denrées traitées par ionisation est déjà chose courante, pourrait être ici d'un grand concours.

A ce niveau de l'étude, la comparaison des deux variantes possibles : irradiateur à source de Co-60 ou accélérateur d'électrons est inévitable. Chacune des deux machines ayant ses avantages et ses inconvénients, le choix final sera dicté à la suite de la prise en considération de plusieurs facteurs parmi lesquels la nature des produits et la forme de leur emballage. Dans tous les cas, et pour des raisons évidentes, nous pensons qu'il est souhaitable que l'irradiateur pilote soit du même type que celui de l'unité industrielle.

Enfin, la prise en considération de la possibilité de polyvalence de l'unité industrielle, bien que non indispensable, pourrait s'avérer être économiquement intéressante. En effet, d'autres utilisations possibles à l'échelle commerciale, comme la radiostérilisation du matériel médical, peuvent réduire le coût du traitement en augmentant le facteur d'utilisation de la source.

Ce sont là les différentes étapes d'une telle étude de faisabilité dans laquelle le CENTRE NATIONAL DE L'ENERGIE, DES SCIENCES ET DES TECHNIQUES NUCLEAIRES pourrait jouer le rôle de coordonnateur. En effet, le CNESTEN, qui mène déjà plu-

sieurs études de ce genre portant sur l'introduction d'autres techniques nucléaires dans notre pays, est en train de gagner en expérience dans ce domaine.

L'UNITÉ PILOTE

La dose de rayonnement à laquelle doit être soumise une denrée alimentaire donnée dépend de son type de variété et des conditions locales de stockage. Des essais préalables à toute ionisation à l'échelle industrielle sont de ce fait indispensables. Ceux-ci sont effectués auprès d'un irradiateur pilote.

Une telle unité, dont l'installation au Maroc est déjà envisagée par l'INRA, pourrait bénéficier d'un support technique peu banal: le Centre d'Etudes Nucléaires de la Maâmora, en cours de réalisation par le CNESTEN, à quelques 29 Kms de Rabat.

Le C.E.N. de la Maâmora, équipé dans une première phase d'un réacteur de recherche américain de type TRIGA Mark II de 1.5 MW de puissance, présente en effet

des modules pouvant assurer la plupart des fonctions indispensables à l'aboutissement d'un programme de recherche-développement autour d'un irradiateur pilote

- des modules de sûreté nucléaire et de radioprotection (voir figure ci-contre); leur importance est aisément compréhensible si l'on considère les niveaux de radioactivité mis en jeu : des sources de plusieurs dizaines, voire de centaines, de milliers de Curies sont courantes dans ce genre d'unités

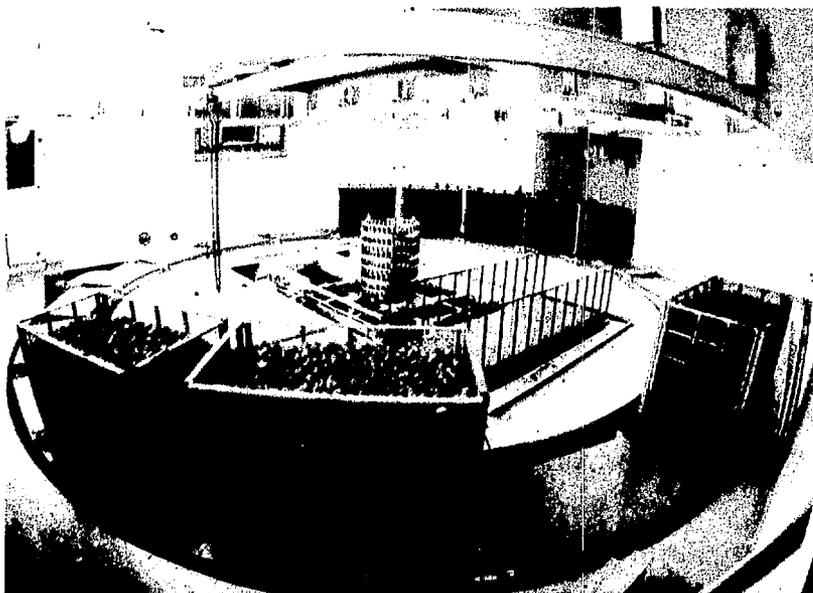
- des laboratoires de dosimétrie: la détermination des doses exactes reçues par les produits traités est primordiale si l'on veut réduire le coût et garantir l'efficacité du traitement

- des modules de formation dont l'originalité réside surtout dans l'enseignement "à la carte" qui y sera dispensé

- des ateliers de mécanique et un laboratoire d'électronique indispensables à une maintenance tous azimuts

- des équipes spécialisées dans la manipulation et le traite-

Unité de
traitement
des den-
rées ali-
mentaire



ment de déchets radioactifs, dont la présence peut toujours s'avérer être utile
etc...

L'UNITÉ INDUSTRIELLE

Son dimensionnement doit reposer sur :

- d'abord les conclusions de l'Etude de Faisabilité préalablement menée.

- sa taille, et par conséquent sa capacité de production, qui dépendent directement des quantités de produits qu'on envisage d'y traiter.

- des doses à administrer, fixées durant la phase d'essais auprès de l'irradiateur pilote.

- du type de machine choisi et du lieu d'installation.

- la polyvalence ou non de l'unité : en cas de polyvalence il y aurait lieu de prévoir une séparation physique entre le cheminement du matériel médical, exigeant des conditions d'hygiène exceptionnelles, et celui des denrées alimentaires.

- le degré d'automatisation adopté.

- la taille des emballages, qu'il est nécessaire de normaliser au préalable.

Un programme d'exploitation tenant compte, entre autres, des périodes de récoltes doit, en outre, être dûment établi et la nature de l'unité clairement précisée : unité "à contrat" faisant de la prestation de services à la demande, ou au contraire unité de type "interne" appartenant à une coopérative agricole ou à un gros exportateur.

ACCEPTATION - INFORMATION DU CONSOMMATEUR

L'expérience a montré que de la qualité de l'information fournie au consommateur dépendait la réaction de ce dernier vis-à-vis des aliments traités par ionisation :

- quand l'information est superficielle, une appréhension est tout de suite constatée à cause de l'association perçue avec la radioactivité

- quand, au contraire, une information suffisante lui est fournie sur la sécurité, les bénéfices et les limitations de l'ionisation, surtout quand elle est accompagnée d'une présentation d'échantillons d'aliments irradiés, le consommateur préfère souvent, pour sa meilleure qualité, l'aliment ionisé à l'aliment non traité.

Afin de garantir l'introduction dans notre pays des techniques d'ionisation, dans les meilleures conditions, il nous appartient donc de mettre sur pied une campagne d'information du public particulièrement soignée. Les lignes directrices, pour mener à bien une telle campagne, sont les suivantes :

- sensibilisation sur le risque associé aux éléments pathogènes d'origine alimentaire (si les consommateurs ne comprennent pas comment se produisent les maladies d'origine alimentaire, ils ne pourront pas toujours apprécier l'intérêt que l'ionisation peut présenter pour la lutte anti-microbienne)

- la campagne doit être plutôt centrée sur les avantages apportés au consommateur : meilleure qualité, hygiène irréprochable, absence d'additifs chimiques...

- choix de la terminologie employée : certains proposent par exemple le bannissement du terme "irradiation" au profit d'"ionisation"

- la confiance du consommateur dans l'autorité de contrôle doit être maintenue : acceptation des produits réellement disponibles sur les étalages associée à la conviction qu'aucun produit alimentaire dangereux ne serait autorisé à la commercialisation par les autorités

- ne pas négliger l'influence considérable qu'ont, sur leurs clients, les revendeurs et les détaillants; il serait très judicieux de pouvoir s'approprier leur complicité.

A notre avis, la seule manière de garantir le respect de l'ensemble de ces lignes directrices est de placer toute la campagne d'information du consommateur sous l'égide d'une commission nationale, au sein de laquelle les différents départements concernés y seraient représentés.

RÉGLEMENTATION - CONTROLE

Ainsi que le montre notre plan directeur hypothétique, l'institution d'une réglementation nationale en matière de traitement de denrées alimentaires par ionisation doit démarrer, au plus tard, au moment où la décision d'introduire ce genre de technique serait prise. Dans ce cas extrême, la lenteur observée dans l'adoption des textes pourrait peut être, encore, être absorbée, en partie, par la durée des phases d'exécution du plan.

Cette réglementation doit

notamment :

- définir les conditions de commercialisation des aliments ionisés

- établir les procédures d'autorisation ou d'agrément des installations d'irradiation

- préciser les niveaux de formation requis pour le personnel chargé de l'exploitation des installations d'irradiation

- adopter les normes internationales déjà en vigueur (niveaux maximums d'énergie des sources, dose absorbée moyenne maximale (10 KGy), exigence d'étiquetage)

- aboutir, à terme, à la création d'un organisme de contrôle des installations, qui serait chargé de veiller notamment au suivi des bonnes pratiques de fabrication et d'irradiation; la mise en place éventuelle de méthodes de détection ayant pour objet le contrôle de l'application effective du procédé ne doit pas être écartée

- être évolutive : rapidité dans l'adoption de textes autorisant l'irradiation de nouveaux articles, une fois que l'innocuité de leur traitement serait prouvée; pour ce faire, à mesure que s'accumuleraient de nouvelles données, celles-ci devraient être analysées par l'autorité compétente.

RÉFÉRENCES

*Traitement des denrées alimentaires par irradiation- A.I.E.A. Vienne 1984

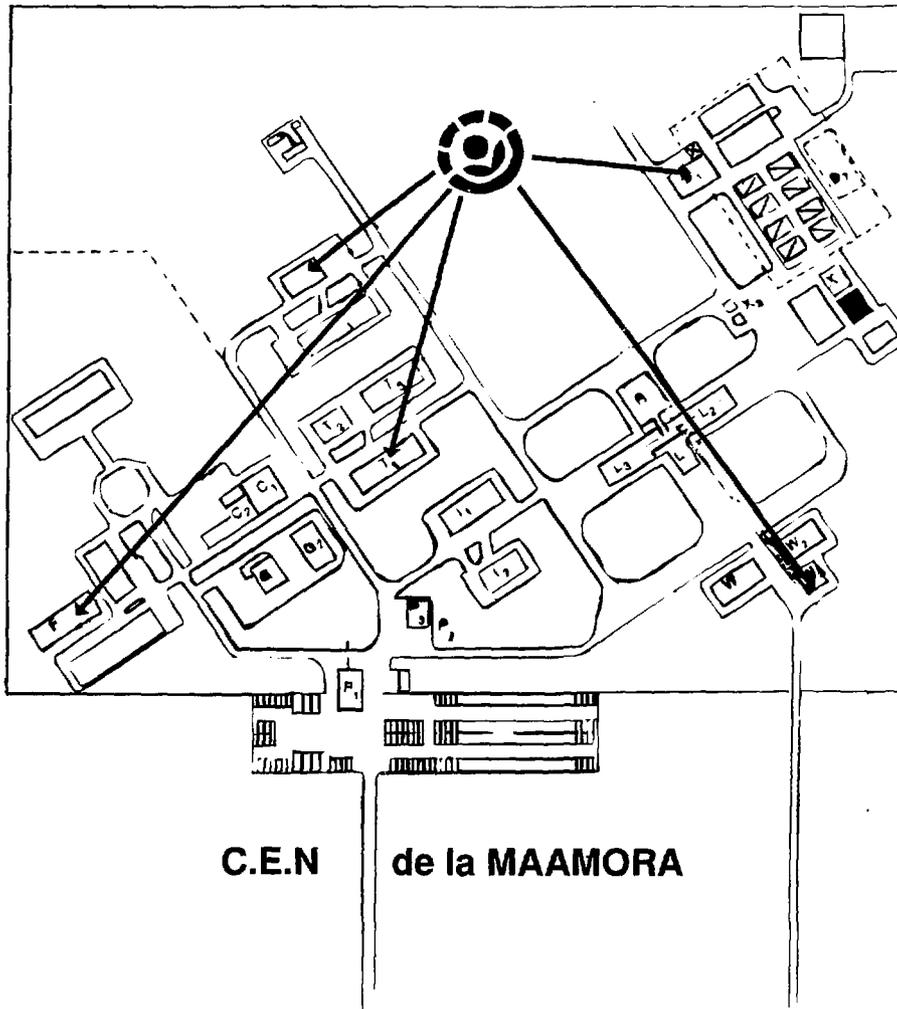
*Factors Influencing the Economical Application of Food Irradiation I.A.E.A. - Vienna 1973

*Acceptance, Control of and Trade in Irradiated Food - I.A.E.A. - Vienna 1989

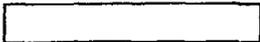
*IAEA Year Book 1990.

A : Administration
C : Cantine
D : Dechets
F : Formation
G : Garage
I : Infrastructure
L : Laboratoire
P : Portiers

R : Réacteur
S : Sureté-Radioprotection
T1 : Technique Nucléaires
T2 : Centre de calcul
T3 : Technologie
W : Ateliers
X : Service Généraux
Y : Epuration des Eaux Usées



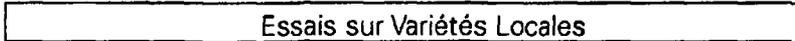
1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998



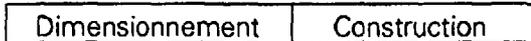
ETUDE PRELIMINAIRE DE FAISABILITE



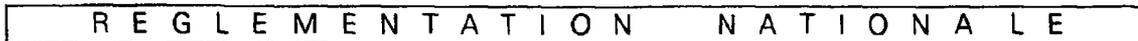
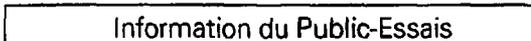
IRRADIATEUR PILOTE



UNITE INDUSTRIELLE



ACCEPTATION



ORGANISME DE CONTROLE



RENAULT EXPRESS DIESEL 675 kg en souplesse.

Avec son diesel puissant et silencieux
Son super volume de 2,60 m³,
Ses deux portes arrière battantes ouvrantes à 180°
La nouvelle **RENAULT EXPRESS DIESEL**
assure en souplesse 675 kg de charge utile.
En version tôle, vitrée ou combi,
elle s'adapte à vos besoins et vous offre
en plus le confort et l'agrément d'une berline.



SPECIFICATIONS TECHNIQUES : Modèle présenté :

- 1.595 cm³, 5 vitesses

P.M.A.C 1435 kg.

P.T.V 760 kg

C.U 675 kg

Consommation 5,1 L de gazoile à 90 km/h

RENAULT On est en confiance.

RENAULT EXPRESS
le nouveau véhicule
utilitaire.



AVIS DE L'INDUSTRIE ALIMENTAIRE SUR L'ACCEPTATION DE L'IONISATION

57 11 15 02.60

M.P. MOOG
(APRIA), France

1. INTRODUCTION

Pour vivre, une des obligations de l'homme est de se nourrir. Ses aliments, l'homme les a d'abord cueillis, chassés ou pêchés; il les a ensuite cultivés et élevés. Il a peu à peu appris à les conserver et à les cuisiner. L'industrie s'est alors attachée à la transformation des aliments pour en améliorer la conservation, le transport, la préparation culinaire et l'appétence.

La part de l'alimentation transformée et conservée dans notre alimentation dépend du degré d'industrialisation de la chaîne alimentaire et du niveau de développement des nations. En France, elle est déjà de 70%; poussée par une mutation profonde de nos modes de vie et de nos habitudes alimentaires, elle devrait atteindre 90% d'ici la fin du siècle.

Nourrir les hommes, les alimen-

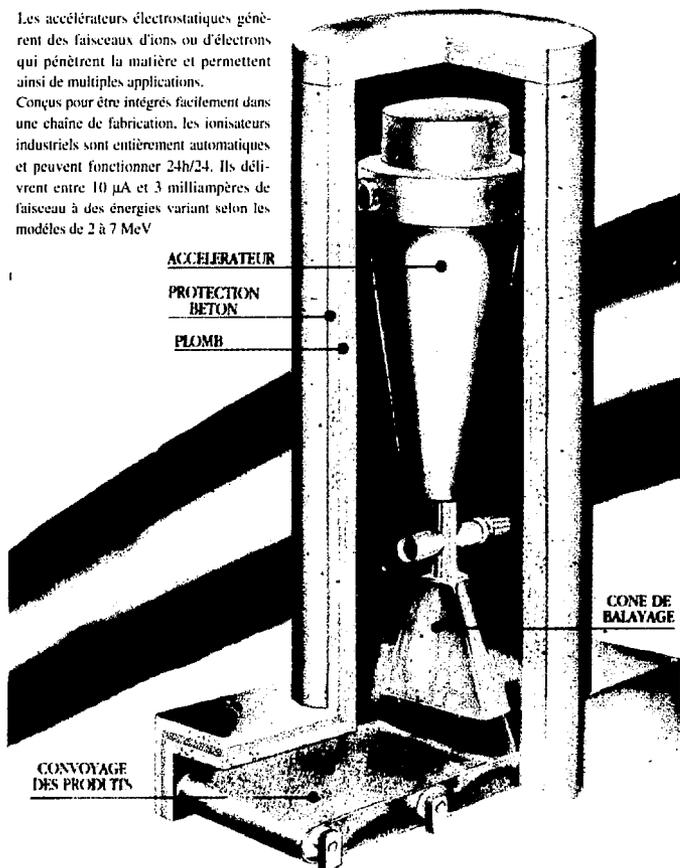
ter au mieux est peut-être le principal défi posé aux nations.

L'ionisation, comme toute nouvelle technologie industrielle, participera à cette évolution. Elle apportera à certains des aliments plus en adéquation avec leurs besoins, à d'autres, de nouvelles disponibilités alimentaires, et à tous, une amélioration de la santé publique.

Mais comment intéresser les industries agro-alimentaires à

Les accélérateurs électrostatiques génèrent des faisceaux d'ions ou d'électrons qui pénètrent la matière et permettent ainsi de multiples applications.

Conçus pour être intégrés facilement dans une chaîne de fabrication, les ionisateurs industriels sont entièrement automatiques et peuvent fonctionner 24h/24. Ils délivrent entre 10 μ A et 3 milliampères de faisceau à des énergies variant selon les modèles de 2 à 7 MeV



cette technologie?

Ne pouvant rendre compte de la manière dont l'ensemble des industriels des pays concernés considèrent l'ionisation, car le tissu industriel de l'agro-alimentaire est trop vaste et dispersé, je ne relaterai que "expérience française, en espérant que les pays avancés se sentiront confortés et que ceux qui se préparent à introduire cette nouvelle technologie y trouveront matière à réflexion.

Je ne vous surprendrai pas en qualifiant généralement l'industrie agro-alimentaire de tissu industriel disparate. Elle l'est en termes de taille, d'activités, de savoir-faire et de technologies, de stratégies commerciales et de couverture géographique.

En France, le tissu industriel de l'agro-alimentaire se compose de plus de 4.000 entreprises de 10 personnes et plus, soit environ 400.000 personnes réparties en plus de 40 secteurs d'activités.

Comment déterminer, dans un secteur industriel aussi hétérogène et concurrentiel, la diversité des points de vue sur un sujet aussi sensible que l'irradiation des aliments? L'Association pour la promotion de l'industrie et de l'agriculture (APRIA), association privée rassemblant tous les milieux professionnels des industries agro-alimentaires, en vue d'aborder de manière non polémique les problèmes que pose cette technologie, a réalisé des études qualitatives et quantitatives sur l'acceptabilité du pro-

céde auprès d'industriels et de consommateurs français.

Les points de vue de l'industrie et des consommateurs sont opposés:

-l'industrie agro-alimentaire, pour qui les progrès technologiques sont indispensables, perçoit l'ionisation comme une technologie d'avant-garde;

-le consommateur, toujours en quête de l'aliment "intact", est effrayé par un procédé qui ne transforme pas ou peu l'aliment.

2. ANALYSE ET CONTENU DU DISCOURS DE L'INDUSTRIE SUR LES PROCÉDES DE CONSERVATION DES ALIMENTS

Mais il ne peut en être autrement: manger n'est pas un acte anodin. Lorsqu'il s'agit de satisfaire notre besoin de nous alimenter, toutes les entreprises tiennent le même discours: celui de leur lutte de tous les instants contre la dégradation de l'aliment.

2.1. L'action naturelle du temps sur les aliments

Dans les propos des différentes institutions sur l'alimentation et les procédés de conservation des aliments, l'aliment est représenté comme un organisme vivant qui, en tant que tel, est soumis à un processus temporel d'évolution, processus physique, chimique, enzymatique et bactériologique qui provoque la dégradation de l'aliment.

Pour éviter cette dégradation ou en modifier l'évolution naturelle, l'homme a développé et mis en œuvre une panoplie de moyens physiques et chimiques. Ces différents procédés se distinguent en fonction des objectifs recherchés (conserver, préserver, ralentir, inhiber, etc.) et des résultats obtenus, mais aussi en fonction des modes d'action utilisés et des transformations effectuées sur l'aliment.

2.2. L'action culturelle de l'homme sur les aliments

Plus particulièrement, sont distingués par les interviewés:

- les procédés qui agissent sur l'aliment par "ajouts" positifs (adjuvants, additifs, colorants, etc.) et éventuellement négatifs (résidus toxiques); c'est le cas des procédés dits "chimiques";

- les procédés qui agissent sans ajout: c'est le cas des procédés physiques et notamment thermiques (chaud et froid).

Les procédés thermiques chauds agissent par retrait d'un facteur naturel négatif (microbes, bactéries) et éventuellement positif (vitamines, etc.). Par contre, les procédés thermiques froids agissent sans retrait des facteurs naturels, en neutralisant seulement provisoirement leur action normale.

Mais, pour l'industriel, la connaissance des procédés de conservation et de leurs effets objectifs sur l'aliment est insuffisante pour faire un choix de procédé. Il lui faut également tenir

compte de la perception que peuvent en avoir consommateurs et législateurs, sans oublier celle de son environnement commercial.

Même dans un domaine aussi connu que celui des technologies actuellement pratiquées, la perception que l'industriel prête aux consommateurs, aux législateurs et aux concurrents pèsera sur sa décision et l'amènera à privilégier plutôt les procédés non controversés, ceux dont on peut vérifier de façon évidente l'application et les effets.

C'est le cas de l'ensemble des procédés thermiques chauds et froids dont l'application peut être perçue par l'emballage (boîtes de conserve, potages en sachet, etc.) ou le mode de présentation en linéaire (surgelés, réfrigérés).

Quant aux procédés "chimiques", puisqu'il est moins évident d'en vérifier l'application hormis les indications légales, ils inspirent moins confiance au consommateur, voire au législateur, et sont de ce fait utilisés avec moins de sérénité.

2.3. L'ionisation, un procédé de conservation paradoxal

Cette analyse des attitudes des industriels face à la dégradation des aliments nous fait comprendre leur comportement et leurs attentes devant ce problème et soutient leur attitude à l'égard de l'innovation.

Lorsque l'ionisation des aliments est présentée aux indus-

triels ayant participé à l'étude, ils sont, dans un premier temps, séduits par un procédé qui semble résoudre les contradictions des procédés traditionnels.

Mais ce procédé, qui a pour but de conserver, est perçu comme manipulateur: c'est un procédé extérieur qui agit sans "ajout" mais est destructeur par retrait des microbes; c'est un procédé qui opère une transformation mais les effets de son application sont difficiles à déceler.

Cette nouvelle donne technologique laisse les industriels perplexes: elle remet en cause la logique des précédentes théories institutionnelles sur les technologies et ne trouve aucun écho dans leurs traditions.

Cependant, lorsque l'esprit d'entreprise l'emporte sur le scepticisme, comment expliquer et justifier l'usage d'une technologie qui conduit à une transformation des aliments sans qu'aucune trace ne subsiste, sans qu'aucune manipulation dans la transformation opérée ne soit décelable?

3. ANALYSE ET CONTENU DE L'OPINION DU GRAND PUBLIC SUR L'ALIMENTATION ET LA CONSERVATION DES ALIMENTS

Les consommateurs partagent-ils les interrogations des industriels? Les études que l'APRIA a menées lèvent le voile sur leurs attitudes face à l'ali-

ment et à la conservation.

Si fabriquer des aliments signifie pour l'industriel offrir au consommateur un aliment se conservant, commode d'usage, appétissant et sain, pour le consommateur, manger éveille ses fantasmes et son instinct; parler des aliments conduit immédiatement à parler de la vie, des désirs, de la frustration et des plaisirs. Manger, pour l'homme moderne comme pour son ancêtre, ce n'est pas seulement survivre et faire cesser l'insupportable sensation que provoque la faim, mais c'est plus encore accomplir un acte symbolique régi par des lois et conventions d'ordre ethnique, social, religieux, culturel etc.

Manger, c'est s'approprier symboliquement au travers de l'aliment consommé la substance susceptible de répondre à notre désir de santé, de longévité et de jouvence.

Ces qualités sont conférées en premier lieu à l'aliment frais parce qu'on le croit pur et sain et on le pare de toutes les vertus. L'aliment frais de 1988 n'est plus celui d'antan, parce qu'il doit s'accommoder des modes de vie actuels afin que la praticité et la gestion du temps y trouvent leur compte. Mais il demeure la forme la plus valorisée qui soit. Cependant, l'aliment devient un produit transformé, fabriqué, et ne participe plus, dans l'esprit du consommateur, au mythe de la nature.

3.1. Le concept de l'ionisation selon les consommateurs

Pour le consommateur, la conservation idéale permettrait d'avoir au bout de la chaîne le même produit qu'au début avec le même aspect, le même goût et donc le même plaisir; ce que réussissent à communiquer aujourd'hui, en termes de promesse et d'imaginaire, les produits surgelés, les produits réfrigérés sous vide et, pourquoi pas demain, les produits ionisés.

Questionnée, il semblerait que la majorité de la population française ne sache pas actuellement ce qu'est l'ionisation. Elle est donc sans opinion à son sujet.

Lorsqu'on fait connaître le procédé aux consommateurs, 58% des interviewés ont une attitude plutôt favorable à l'égard de l'ionisation comme nouveau procédé de conservation.

3.2. L'imaginaire du processus d'ionisation

Les résistances, car il y en a, sont plutôt d'origine sémantique que conceptuelle. En effet, on touche là simultanément à l'alimentaire, registre sacré par excellence, et au nucléaire, registre chargé d'angoisse, d'où la nécessité de bannir le terme "irradiation" de notre langage et de le remplacer par "ionisation". Le terme "ionisé" établit un consensus chez les consommateurs; il évoque une avancée technologique dans le domaine

de la conservation mais il n'est pas spontanément associé à la radioactivité; il évoque un phénomène physique et induit spontanément, par rapport aux modes de conservation actuellement utilisés, une invitation à plus de choses à consommer, plus de saveur, plus de goût; une invitation qui s'articule surtout autour de la fraîcheur.

Unaniment, les consommatrices interviewées envisagent que l'ionisation devrait s'appliquer en premier lieu aux produits frais; mais subsistent des interrogations liées au caractère "magique" de l'intervention, aux craintes de manipulations et au doute sur l'innocuité du procédé; car tous les procédés industriels de conservation ont leurs correspondants domestiques et sont donc perçus comme apprivoisables; l'ionisation, en dépit de sa promesse de naturel, ne peut avoir d'équivalent domestique et n'apparaît donc pas apprivoisable: cela inquiète.

3.3. La perception du procédé d'ionisation

L'ionisation présente, par rapport aux procédés conventionnels, un avantage essentiel pour la santé: elle améliore nettement l'hygiène des aliments. Pour le consommateur, la qualité hygiénique est "une évidence sur laquelle on ne s'interroge pas". Tout nouveau système qui se propose d'améliorer la qualité hygiénique de l'aliment, qui sous-entend donc que celle-ci n'est

généralement pas satisfaisante, est susceptible de les inquiéter. De même que, paradoxalement, l'idée que 100% de fiabilité puissent être obtenus par l'ionisation équivaut à éveiller un doute quant à l'action du procédé (dénaturation, manipulation).

Il est remarquable que les consommateurs se soient habitués aux avancées technologiques et, de ce fait, élèvent progressivement leurs exigences à des aliments sains, restant le plus proches possible de leur état naturel.

L'ionisation, puisque perçue comme un procédé physique opérant sans ajout et sans retrait, donc respectant la qualité de l'aliment, peut remplir cette exigence.

L'adhésion des consommateurs aux produits ionisés se fera si les premiers produits commercialisés correspondent à cette attente et, dès lors qu'ils seront adoptés, le caractère tabou de l'énergie nucléaire sera oublié.

Encore faut-il :

- que la communication soit positive, qu'elle soit centrée sur les produits et les avantages qu'ils apportent aux consommateurs et non sur les avantages technologiques, sur le procédé ou sur l'amélioration de l'hygiène des aliments: les consommateurs ne sont pas sensibles à ces arguments car ils ne peuvent imaginer que; dans un pays à normes d'hygiène élevées, il y ait dégradation progressive de la sécurité microbiologique des aliments;

- que l'ionisation soit perçue comme complémentaire des procédés de conservation existants pour se banaliser et perdre son caractère magique;

- que le consommateur puisse, comme pour les autres technologies, exercer librement son choix: pour que ce choix soit volontaire, il faut que le produit puisse sans ambiguïté être reconnu comme ayant été ionisé, et l'étiquetage des mentions légales et le logo RADURA sont de ce fait indispensables.

3.4. La première confrontation du consommateur avec un produit ionisé

Ces préceptes ont été mis en pratique et testés en France. La première occasion s'est présentée en juin 1987. Pour le consommateur, la fraise à pleine maturité représente le produit frais et fragile par excellence. Comme l'ionisation permet de conserver des fraises mûres, l'Association pour le développement de l'ionisation en Aquitaine (ADIA) avait, avec le support de l'APRIA, décidé de créer un nouveau concept de produit frais: la fraise fraîche, de marque, à conserver plusieurs jours.

Pour la différencier de la fraise courante et pour valoriser le surcoût de l'ionisation, l'ADIA en a fait un produit haut de gamme conditionné dans une boîte transparente dotée d'une identité commerciale et garantissant une qualité fraîcheur de quatre jours. La mention du traitement "proté-

gé par ionisation" inscrite sous forme de cachet était apposée sur l'étiquette et sur les affiches; des informations sur le procédé ont été diffusées par un tract laissé en rayon.

Le test s'est déroulé en région lyonnaise. Les fraises ionisées ont été proposées à un prix de 20% supérieur aux fraises classiques mises en marché en parallèle.

Ce marché test, avec 20.000 consommateurs testés dont 4.000 acheteurs, s'est révélé riche en conclusions. D'abord, ce fut un succès; la rotation des fraises ionisées a été équivalente à celle des autres fraises. Les enquêtes qualitatives conduites sur les lieux de vente et les relances téléphoniques ont confirmé que la nouveauté et la qualité ont été les principales motivations d'achat et que le traitement était considéré par les consommateurs comme abstrait. Moins de 15% des consommateurs rejetèrent l'ionisation.

Sur le plan commercial, la grande distribution confirmait son intérêt pour les services de conservation et les possibilités nouvelles d'innovation que le procédé pouvait offrir.

3.5. Le deuxième marché test de fraises ionisées

Fort des constats du marché test de l'ADIA de 1987, le groupe Casino, l'un des principaux groupes de distribution français, ayant un grand sens des consommateurs, des produits et

de l'enseigne, a renouvelé cette expérience en juin 1988, dans dix de ses magasins lyonnais. Contrairement au test précédent, Casino n'a joué aucune politique de marque: pas de différenciation ni de valorisation des fraises ionisées, l'avantage des fraises ionisées par rapport aux fraises standard étant le délai de conservation proposé: une semaine de conservation à domicile. L'information du consommateur était de même nature que celle utilisée pour le test précédent.

Le bilan fut positif: les ventes de fraises ionisées ont représenté 40% des ventes totales du rayon fraises; 300 interviews et 50 entretiens téléphoniques ont permis de constater que 37% des acheteurs ont été attirés par l'appétence des fruits, 29% par la transparence du conditionnement (envisageable uniquement grâce à la garantie de l'ionisation), 14% ont été séduits par la conservation et 25% des personnes en étaient à au moins un réachat. En revanche, même constat que l'année précédente, le consommateur ne connaît pas l'ionisation et ne s'y intéresse pas. Le fait que l'ionisation soit naturelle et sans ajout a été pour le consommateur une garantie suffisante pour adopter le produit; seulement 2% des consommateurs ont rejeté l'ionisation.

Des résultats tout aussi positifs ont été obtenus lors d'un test de précommercialisation de fraises ionisées réalisé dans quatre supermarchés Monoprix de la région parisienne.

4. LA PROBLEMATIQUE DE L'INDUSTRIE POUR ADOPTER LE PROCÉDE

Les résultats des études et marchés tests sur l'ionisation étant suffisamment significatifs et positifs et les industriels disposant de ces informations, on devrait pouvoir s'attendre, le jeu de la concurrence aidant, à ce que quelques-uns mettent sur le marché des produits ionisés; Il n'existe pas de facteur unique qui suffise à expliquer le caractère limité de la pénétration industrielle et commerciale de l'ionisation. En effet, même pour les industriels entrepreneurs, "l'arbre cache la forêt". L'arbre, c'est tout ce qui milite en faveur de l'ionisation, la forêt, ce sont les réalités quotidiennes que l'entreprise et ses dirigeants doivent affronter pour préserver l'équilibre dynamique de l'entreprise.

Lorsque les industriels sont confrontés à l'utilisation de l'ionisation, cela donne lieu à une somme d'interrogations dont voici les principales:

- le procédé est-il adapté et opérationnel pour mes produits?
- quel avantage va-t-il me donner (part de marché, marge, etc.)?
- ce procédé va-t-il me permettre d'innover, d'étendre ma gamme ou de créer de nouvelles gammes?
 - à quel coût?
 - pour quels investissements?
 - quel changement entraînera l'introduction de l'ionisation dans ma structure de production, de distribution, etc.?

- les contraintes de volume sont-elles compatibles avec mon niveau d'activité?

- en améliorant mon procédé actuel, n'obtiendrais-je pas le même résultat?

- mes concurrents utilisent-ils l'ionisation?

- si je commercialise des produits ionisés que vont en penser mes consommateurs, mes circuits de distribution, ma force de vente, mon environnement, etc.?

- comment sera influencée l'image de marque de mes produits existants si je lance une gamme de produits ionisés?

- mes concurrents s'en serviront-ils pour me dénigrer?

- l'ionisation me permettra-t-elle de trouver de nouveaux débouchés à l'exportation?

- un lancement national de produits ionisés peut-il gêner l'exportation de mes produits traditionnels?

5. LES FREINS AU DEVELOPPEMENT COMMERCIAL DE L'IONISATION

Ce sont des questions de bon sens qui ne sont pas spécifiques à l'ionisation mais, comme nous allons le voir par les principaux constats que font les industriels intéressés, il y a dichotomie entre l'image qu'ils ont des possibilités techniques et commerciales de l'ionisation et les réalités de son application.

Ce ne sont pas davantage de garanties sur l'innocuité du traitement, ou sur la sécurité des installations, qui seront nécessaires

pour persuader les industriels.

Les preuves fournies par les instances nationales et internationales (OMS, FAO, AIEA) sont acceptées, mais pour que la mise en œuvre de l'ionisation puisse se concrétiser, certaines conditions doivent préalablement être remplies.

Pour que le consommateur ait envie d'acheter des produits ionisés, il faut lui proposer ceux qui puissent le séduire. Encore faut-il que l'offre coïncide avec la demande. L'élimination des salmonelles des viandes de volaille séparées mécaniquement ou du blanc d'œuf congelé, la désinsectisation des légumes et des fruits secs sont des problèmes d'hygiène qui justifient l'ionisation. Mais ce serait ignorer toute la part d'investissement affectif que nous consacrons à notre nourriture que de vouloir séduire le consommateur avec cette catégorie de produits, en tous les cas dans les pays développés.

Aujourd'hui, le nombre de produits destinés aux consommateurs et correspondant à leurs attentes est peu élevé et ceux pour lesquels les autorisations d'ioniser ont été données nationalement et internationalement le sont encore moins. La probabilité qu'à l'entreprise en quête d'innovation de "trouver chaussure à son pied" est aujourd'hui restreinte, même dans les pays à technologie avancée.

Les entreprises se doivent de développer leurs échanges extérieurs mais la situation européenne, partagée entre pays favo-

rables, pays indécis et pays hostiles à l'ionisation des aliments, leur fait craindre l'établissement de barrières non tarifaires. Le manque d'empressement de la Commission des Communautés européennes pour faire avancer les travaux relatifs à la directive d'une réglementation commune aux Etats membres de la CEE ainsi que l'hétérogénéité des réglementations internationales ne peuvent calmer les réticences des industriels.

D'autre part, ce qui caractérise la production et la transformation de beaucoup de produits alimentaires, c'est le grand nombre d'intervenants de petite taille économique. Pour ces secteurs, le faible nombre des centres de traitement et leur éloignement des lieux de production engendrent des contraintes d'ordre économique (trop faible volume à traiter), organisationnel et commercial qu'ils ne peuvent maîtriser. En France, les marchés tests de fraises ionisées ont démontré qu'en deçà d'une certaine envergure et sans une indispensable synergie, les producteurs, centres de traitement et distributeurs n'auraient pu mener à bien leur mission.

Vient s'ajouter à toutes les contraintes déjà citées le scepticisme des industriels sur l'acceptation de l'ionisation par les consommateurs.

Nous l'avons vu, le consommateur a une attitude globalement ouverte à l'ionisation, mais l'industriel, même sachant que la réticence présumée des consommateurs est l'œuvre de détract-

teurs, ne peut pas sous-estimer leur capacité à créer un doute et, de ce fait, aura plutôt tendance à pratiquer le "wait and see".

En résumé, les industriels intéressés par l'ionisation constatent que:

- la palette des produits expérimentés et autorisés est trop restreinte (aujourd'hui, ces produits sont plutôt des matières premières destinées à l'industrie que des produits grand public);
- la réticence des consommateurs, même si elle n'est que présumée par les opposants à l'ionisation, n'en est pas moins un handicap;
- les réglementations ne sont pas harmonisées et certains pays majeurs sont hostiles au procédé;
- la réglementation pour le commerce des produits ionisés ne doit pas être plus rigide que pour les autres produits alimentaires, sous peine d'induire une confiance moindre dans la technologie;
- les craintes de boycottage effrayent les industriels;
- les pouvoirs publics demeurent trop sur la réserve;
- le petit nombre de centres de traitement spécifiques aux produits alimentaires limite le nombre d'utilisateurs potentiels eu égard à l'impérative maîtrise des problèmes logistiques;
- les installations in situ sont aujourd'hui sectoriellement et économiquement peu compatibles avec la taille des entreprises potentiellement intéressées par la technologie.

6. LES FACTEURS DE L'ACCEPTATION DE L'IONISATION PAR LES INDUSTRIELS

6.1. Pour les pays développés

En conclusion, l'acceptation du consommateur n'est pas préalablement nécessaire au lancement de produits alimentaires ionisés. Lorsqu'il est en position d'achat et que l'attractivité du produit joue, la connotation négative de l'ionisation est estompée.

Utiliser l'ionisation pour proposer au consommateur des produits d'un niveau élevé ou d'une meilleure qualité et d'une hygiène irréprochable doit constituer une stratégie gagnante pour ces produits et pour l'ionisation. Utiliser l'ionisation pour remédier à des insuffisances de qualité pourrait induire un refus justifié du procédé. Il est donc essentiel que le produit portant le logo et la mention "ionisé" soit perçu par le consommateur comme lui apportant un bénéfice réel et constatable. C'est seulement à ces conditions que le risque supposé des produits ionisés deviendra de moins en moins crédible aux yeux des consommateurs, d'où l'importance d'actions d'information adaptées sur le procédé.

C'est à l'industrie de créer le climat de confiance nécessaire à l'acceptation de l'ionisation. C'est-à-dire de générer un événement non polémique ne laissant pas à ceux qui font métier de l'esclandre la possibilité d'occu-

per seuls le terrain.

Le consommateur ne peut apprécier objectivement et faire valoir son choix qu'en ayant la possibilité de choisir et d'acquiescer. C'est donc la mise sur le marché effective de produits de marque qui constitue la façon la plus efficace de communiquer sur le procédé.

Pour que marchés tests et mises sur le marché puissent trouver des promoteurs, un certain nombre de conditions doivent être réunies pour créer l'environnement de confiance, compatible avec leur esprit d'initiative.

Il serait donc souhaitable:

-que les dirigeants soient informés des réelles possibilités d'application de l'ionisation pour leur permettre de focaliser rapidement sur son efficacité à résoudre leurs problèmes et/ou à satisfaire leur désir d'innovation;

-que la réglementation accompagne les innovations nationalement et soit harmonisée internationalement;

-que les pouvoirs publics assument la technologie face aux prescripteurs d'opinion, milieux médicaux, associations de consommateurs et autres intervenants dans la filière alimentaire;

-que l'industrie s'entende sur une déontologie des pratiques industrielles et commerciales, par exemple:

- ne pas dénigrer le précurseur, mais le soutenir au travers d'associations inter-professionnelles,

- n'appliquer la technologie

que là où elle est justifiée,

- favoriser le bon étiquetage des produits;

- que les prescripteurs d'opinion soient informés et qu'à leur tour, ils assument leurs responsabilités vis-à-vis des consommateurs.

6.2. Pour les pays en développement

Cette stratégie qui vise à mettre en œuvre les facteurs permettant de conforter et de soutenir l'industriel dans son initiative est destinée aux pays développés. Elle concerne également les pays en développement dont l'objectif est d'utiliser l'ionisation afin d'améliorer l'hygiène et la durée de conservation de leurs produits pour les exporter vers les pays industrialisés. Ces exportations ne peuvent d'ailleurs se concrétiser qu'en fonction de la pénétration commerciale des produits ionisés dans les pays industrialisés.

Pour les pays en développement, dont le souci serait de réduire les pertes entre les récoltes et la consommation, l'application de l'ionisation justifierait une stratégie commerciale spécifique et adaptée à l'environnement local.

7. RECOMMANDATIONS

Le marché actuel des produits ionisés ne constitue qu'une infime partie du marché potentiel des produits qui pourraient être traités. Son extrapolation suppo-

se des entreprises qu'elles transforment cette innovation technologique qu'est l'ionisation en produits et les produits en marché. Relever ce défi requiert les conditions suivantes.

7.1. De la part de l'industrie

Il serait souhaitable que se créent des associations d'industriels ayant pour but de rassembler ceux qui désireraient, ensemble, approfondir les perspectives de l'ionisation, et visant plus précisément à:

- sensibiliser les responsables des administrations concernées aux problèmes des traitements ionisants;

- organiser des colloques et sessions de perfectionnement sur l'ionisation des aliments;

- mettre en place des moyens destinés à informer les dirigeants d'entreprises sur les produits expérimentés et réalisables;

- définir la politique de communication à suivre vis-à-vis des diverses cibles concernées;

- favoriser la réalisation de marchés tests de produits ionisés;

- faciliter les liaisons avec les associations d'industriels d'autres pays.

7.2. De la part des organismes et centres de recherches

Il faudrait que soient mis en œuvre des programmes de

recherche ayant pour but d'élargir la palette des produits autorisés et d'améliorer la maîtrise des effets du rayonnement sur les produits.

7.3. De la part des pouvoirs publics

Les mesures envisageables sont les suivantes:

- l'harmonisation internationale des réglementations sur l'étiquetage des denrées préemballées et sur l'agrément des installations et des traitements pour favoriser les échanges internationaux;

- la libre circulation des produits ionisés;

- la promotion de l'ionisation comme moyen de lutte contre les maladies transmises par les aliments.

7.4. De la part des organisations internationales (OMS, FAO, AIEA)

Du côté des organisations internationales, on pourrait attendre la réalisation d'une campagne de sensibilisation destinée aux gouvernements et leaders d'opinion de tous les pays sur l'amélioration de l'hygiène alimentaire indispensable pour circonscrire l'augmentation des maladies d'origine alimentaire: l'ionisation est un des procédés physiques les plus efficaces pour améliorer la sécurité hygiénique de certains aliments.

DOCUMENT INTERNATIONAL SUR L'IRRADIATION DES ALIMENTS

Adopté par consensus le 16 décembre 1988 par la
CONFERENCE INTERNATIONALE
FAO/AIEA/OMS/CCI/CNUCED/GATT
SUR L'ACCEPTATION, LE CONTROLE
ET LE COMMERCE DES ALIMENTS IRRADIES

INTRODUCTION

1. Il incombe à chaque gouvernement de pourvoir aux besoins alimentaires de la population du pays en lui assurant un approvisionnement suffisant en produits sains, nutritifs et acceptables. Ces produits doivent être très variés et de grande qualité. Les gouvernements devraient être conscients qu'ils ont une certaine responsabilité vis-à-vis de l'amélioration des approvisionnements alimentaires dans le monde entier, à laquelle ils doivent contribuer.

2. Dans aucun pays, on ne peut atteindre ces objectifs sans faire plus ou moins appel à des techniques de traitement et de conservation. Le problème est complexe du fait qu'il existe des différences agroclimatiques, que le niveau des techniques n'est pas partout le même et que de nombreuses denrées alimentaires sont saisonnières et périssables. Il convient donc d'appliquer des méthodes de traitement aux aliments pour des raisons importantes. Tout d'abord, il faut prolonger la durée des produits saisonniers et réduire à un minimum les pertes; ensuite, il faut réduire l'incidence des maladies dues aux

agents pathogènes transmis par les aliments. Dans ces deux domaines, les problèmes seront certes différents selon les pays, mais la tendance générale à une plus grande urbanisation de la population du globe fait que l'on a de plus en plus besoin de produits alimentaires transformés et qu'il est de plus en plus nécessaire de mettre au point des méthodes appropriées de traitement et de conservation.

3. Certains aliments d'importation peuvent faire l'objet d'un traitement spécial supplémentaire pour satisfaire aux conditions requises en matière de quarantaine, afin d'empêcher l'introduction dans le pays importateur des insectes présentant un danger pour son économie ou son environnement. L'absence de traitements satisfaisant à ces conditions peut faire perdre des recettes en devises étrangères au pays exportateur, et réduire par conséquent son aptitude à approvisionner sa population en aliments de base et à assurer son développement socio-économique. L'irradiation, procédé qui garantit qu'aucun parasite ne peut s'implanter dans le pays importateur, peut se substituer à la fumi-

gation chimique et à d'autres méthodes physiques.

4. Il est impossible de recourir à long terme à un traitement quelconque si celui-ci n'est pas accepté par le consommateur. Dans de nombreux cas, on peut s'attendre à ce qu'il soit accepté, parce que le produit initial conserve sa sapidité ou parce que l'on n'a le choix qu'entre l'aliment traité ou rien d'autre (du fait que l'aliment non traité s'altérerait). S'ils avaient le choix, bien des consommateurs préféreraient d'une manière générale avoir des produits n'ayant subi aucun traitement, mais cela est bien souvent pratiquement impossible ou n'est pas toujours souhaitable.

5. Ce traitement et cette conservation sont aujourd'hui assurés par diverses méthodes, certaines comme le séchage ou le salage remontant à la plus haute antiquité, d'autres comme la fumigation, la mise en conserve ou la congélation étant plus récentes. Pour certaines applications, on commence à recourir au traitement par rayonnements ionisants en complément des techniques existantes. Une de ces applications, qui est promise à un certain avenir du fait qu'elle présente un intérêt pour la santé publique, a pour objet de réduire le nombre de micro-organismes pathogènes présents dans les aliments solides.

6. La Conférence s'est donc penchée attentivement sur les conditions particulières dans lesquelles, afin d'assurer un approvi-

sionnement en denrées saines, l'irradiation des aliments devrait pouvoir s'adjoindre aux traitements existants qui sont déjà largement utilisés pour assurer la conservation des aliments et satisfaire aux prescriptions en matière de quarantaine. Dans ce contexte, la Conférence a reconnu la Norme générale Codex pour les aliments irradiés et le Code d'usages international recommandé pour l'exploitation des installations de traitement des aliments par irradiation. La Conférence a également examiné les attitudes des consommateurs, les actions intergouvernementales et gouvernementales, les questions du contrôle du traitement et le commerce.

ATTITUDES DES CONSO MMATEURS A L'EGARD DES ALIMENTS IRRADIES

7. L'irradiation peut aider à assurer un approvisionnement suffisant en aliments sains, à condition que les aliments irradiés soient acceptés par les consommateurs. En premier lieu, il faut que le produit final soit d'une qualité satisfaisante et que son prix soit raisonnable. En second lieu, on peut craindre qu'un consommateur satisfait des aliments qu'il peut normalement se procurer ne s'enthousiasme pas pour un changement quelconque du système actuel de production alimentaire, surtout s'il le ressent comme un changement radical.

8. Tout consommateur est en droit d'espérer que les aliments qu'il trouve sur le marché sont

sains et comestibles, c'est-à-dire qu'ils sont bénéfiques pour la santé parce qu'ils ont une valeur nutritionnelle, sont microbiologiquement sans danger et ne produisent pas d'effets toxiques dus à la présence de produits chimiques formés dans l'aliment lors de sa transformation ou que l'on y a ajoutés d'une manière ou d'une autre. La terminologie employée dans le domaine de l'irradiation des aliments est parfois confondue avec celle qui sert à décrire la contamination radioactive-malentendu qu'une bonne information contribuera certainement à dissiper. D'autre part, les consommateurs peuvent craindre que le recours aux rayonnements ionisants pour le traitement des aliments n'augmente la probabilité d'un accident qui entraînerait une contamination de l'environnement ou un danger pour le personnel.

9. La salubrité des aliments est certes indispensable, mais un consommateur peut difficilement savoir si le critère de salubrité est respecté. Les aliments constituent une combinaison complexe d'éléments, et il n'est pas possible de juger de leur innocuité ou de leur valeur nutritive indépendamment du régime dont ils font partie. Comme pour toute autre



technique de traitement des aliments, il faut continuer à suivre les aspects sécurité et nutrition, de l'irradiation des aliments, notamment en poursuivant la collaboration internationale et les travaux de recherche. A mesure que s'accroissent de nouvelles données, elles devront être analysées par les autorités compétentes.

10. Il est souvent difficile de rattacher à tel ou tel produit une maladie due à des micro-organismes présents dans les aliments. Les consommateurs en sous-estiment souvent les manifestations courantes. S'ils ne comprennent pas comment se produisent ces maladies, ils ne pourront pas toujours apprécier l'intérêt que l'irradiation des aliments et d'autres procédés peuvent présenter pour la lutte antimicrobienne.

11. Dans le cadre de la réglementation des opérations d'irradiation, il faut que les consommateurs soient convaincus qu'il n'est pas fait mauvais usage des possibilités qu'offre cette technique. L'irradiation ne saurait rendre saine une marchandise avariée, et



il faut absolument que les consommateurs comprennent qu'on n'y recourra pas pour masquer les carences d'un produit de mauvaise qualité. Cette confiance naîtra d'une meilleure compréhension des possibilités et des limites des diverses applications de l'irradiation et de la certitude qu'on ne la substitue pas à d'autres bonnes pratiques de fabrication qui ont fait leurs preuves. D'autre part, comme tout autre procédé, l'irradiation des aliments ne doit absolument pas être utilisée pour abuser les consommateurs, et les pouvoirs publics ont à cet égard un rôle important à jouer.



12. Les renseignements sur les produits alimentaires irradiés et le traitement doivent être régulièrement présentés aux consommateurs de façon claire et objective. Cette information est particulièrement importante au moment où sont introduites des denrées irradiées et où donc l'intérêt et la curiosité des consommateurs devraient être particulièrement vifs. Si nécessaire, il faudra aussi donner des instructions spéciales sur la façon de manipuler, d'entreposer et de préparer à domicile les aliments irradiés.

13. Lorsque la commercialisation des aliments irradiés est autorisée, les consommateurs devraient pouvoir faire eux-mêmes un choix entre des aliments irradiés ou non. Pour leur permettre de faire ce choix, l'étiquetage doit être clair et dénué de toute ambiguïté. Il incombe aux

pouvoirs publics de chaque pays de répondre à cet impératif. La Commission du Codex Alimentarius

est en train d'élaborer des normes internationales d'étiquetage. La documentation doit être suffisante pour permettre un transfert d'information à travers le commerce international de telle sorte que les prescriptions nationales en matière d'étiquetage puissent être respectées.

14. Il est bien connu que les modifications liées à l'irradiation des aliments sont difficiles à déceler. On sait toutefois que, s'il existait des méthodes de détection, elles renforceraient les procédures réglementaires normales et, partant, aideraient à assurer aux consommateurs que les opérateurs et les distributeurs respectent les procédures de contrôle établies par les pouvoirs publics. Il faut poursuivre les recherches sur les méthodes de détection.

15. La confiance des consommateurs peut être renforcée s'il apparaît clairement que les

méthodes d'irradiation sont appliquées efficacement par une industrie consciente de ses responsabilités et soumises à un contrôle réglementaire par les pouvoirs publics. Les conditions nécessaires pour contrôler efficacement l'irradiation étant les mêmes partout, on peut raisonnablement s'attendre à une harmonisation sensible des approches nationales.

ACTIONS INTERGOUVERNEMENTALES ET GOUVERNEMENTALES

16. En 1980, un Comité d'experts mixte FAO/AIEA/OMS de la salubrité des aliments irradiés a déclaré que toute denrée alimentaire traitée à une dose globale moyenne de 10 kGy ne présentait aucun risque toxicologique et ne soulevait aucun problème nutritionnel ou microbiologique particulier.

1 Norme générale Codex pour l'étiquetage des denrées alimentaires préemballées (CODEX STAN 1-1985).

17. Quelques craintes concernant les effets de l'irradiation sur les microorganismes présents dans les aliments avaient été exprimées précédemment lors d'une réunion du Comité du Codex sur l'hygiène alimentaire en 1979. C'est pourquoi le Conseil du Comité international de microbiologie et d'hygiène alimentaires de l'Union internationale des sociétés de microbiologie a examiné à nouveau, à Copenhague en décembre 1982, l'innocuité microbiologique des aliments irradiés afin de don-

ner un deuxième avis. A l'issue de ses travaux, le Conseil s'est déclaré convaincu qu'il n'y avait pas lieu de s'inquiéter. L'irradiation des aliments, a-t-il estimé, constituait un complément important aux méthodes de lutte contre les agents pathogènes contenus dans les aliments et ne comportait aucun risque supplémentaire pour la santé.

18. Après ces réunions d'experts, la Commission du Codex Alimentarius, qui représentait alors 122 pays, a adopté en 1983 la Norme générale Codex pour les aliments irradiés et le Code d'usages international recommandé pour l'exploitation des installations de traitement des aliments par irradiation. Un large consensus s'est fait parmi les représentants pour leur adoption, seuls deux pays ayant exprimé des réserves.

19. La Norme générale Codex pour l'étiquetage des denrées alimentaires préemballées contient des dispositions relatives à l'étiquetage des aliments irradiés (CODEX STAN 1-1985, section 5.2). Cependant, de nombreux pays n'ayant pas encore adopté une position définitive quant à la manière d'indiquer que le produit a été irradié, cette section reste à l'étude jusqu'aux prochaines sessions du Comité du Codex sur l'étiquetage des denrées alimentaires et de la Commission du Codex Alimentarius en 1989.

20. Plus de 60 Etats Membres ayant demandé de poursuivre la coopération internationale, notam-

ment en vue d'une harmonisation des règlements nationaux sur la base des principes de la Norme générale Codex pour les aliments irradiés et de son Code d'usages correspondant, un groupe consultatif international sur l'irradiation des denrées alimentaires a été créé sous l'égide de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, de l'Agence internationale de l'énergie atomique et de l'Organisation mondiale de la santé en mai 1984. Les principales fonctions du groupe sont d'analyser l'évolution de la situation à l'échelle mondiale, de recueillir des avis et de donner des renseignements sur l'irradiation des aliments aux Etats Membres et aux organisations qui le souhaitent. Le groupe compte maintenant 28 pays membres qui contribuent soit en espèces soit en nature à ses activités, lesquelles comprennent la tenue de répertoires internationaux des installations d'irradiation des aliments, des autorisations de produits et l'analyse des législations et réglementations nationales, l'organisation d'ateliers et de réunions de travail, ainsi que la préparation de directives techniques pour le traitement par irradiation de divers groupes de produits alimentaires. A sa cinquième réunion, le groupe a noté que 20 pays utilisaient les rayonnements ionisants pour traiter des aliments et des ingrédients alimentaires; dans 14 pays, des irradiateurs commerciaux et de démonstration pour le traitement des aliments sont en construction ou se trouvent à un stade de planification avancé. Le secrétariat du groupe

prévoit que d'ici à 1990 environ 25 pays appliqueront cette technique à une échelle commerciale.

21. L'attitude des gouvernements envers l'irradiation des aliments varie: certains ont accepté cette technique et l'appliquent, certains se montrent intéressés et l'étudient, certains encore ont décidé de ne pas l'autoriser pour l'instant et enfin d'autres n'ont pas d'opinion bien arrêtée. Certains gouvernements estiment que cette forme de traitement n'est pas nécessaire dans leur pays. D'une manière générale cependant, les pays qui expriment des réserves, par exemple sur un risque d'utilisation inappropriée de la technique, n'ont pas en principe remis en cause l'innocuité des aliments traités conformément à des normes appropriées telles que la Norme générale Codex pour les aliments irradiés.

22. Dans une large mesure, l'attitude des gouvernements est influencée par l'acceptation des consommateurs. Une opposition généralisée de la part de ces derniers peut être considérée comme une raison de ne pas accepter la méthode. Les gouvernements s'accordent à penser que, si la vente d'aliments irradiés est autorisée dans leur pays, il faudra étiqueter les aliments pour informer les consommateurs du traitement appliqué. On considère d'une manière générale que ce sont les gouvernements qui ont pour responsabilité fondamentale de susciter la confiance des consommateurs grâce à un contrôle réglementaire approprié.

23. Les gouvernements estiment que toutes les installations d'irradiation des aliments devraient être conformes aux normes internationalement agréées en matière de radioprotection, notamment pour la sécurité du personnel et du public, le transport et l'élimination de la source de rayonnement et la protection de l'environnement.

CONTROLE DU PROCEDE

24. Les installations destinées à assurer l'irradiation des aliments doivent satisfaire à des normes appropriées de sûreté et à de bonnes conditions d'hygiène pour le traitement. C'est pourquoi ces installations doivent être exploitées conformément aux principes de la Norme générale Codex pour les aliments irradiés et du Code d'usages correspondant; le contrôle des opérations de ces installations doit fait l'objet d'inspections par les autorités compétentes.

25. Les installations d'irradiation des aliments doivent être correctement conçues et construites, et leur exploitation doit être confiée à un personnel bien formé.

Il est nécessaire de disposer d'une infrastructure comprenant des installations et du matériel d'appui ainsi qu'un système de réglementation bien établi.

26. Les aliments à traiter par irradiation devraient être d'une qualité acceptable pour les bonnes pratiques de fabrication. Les règles d'hygiène prévues

dans les bonnes pratiques de fabrication pour d'autres méthodes de traitement doivent également être respectées pour l'irradiation, mais celle-ci ne doit pas venir se substituer à ces pratiques. Chaque fois que nécessaire, les opérations de traitement préalable telles que le refroidissement, la réfrigération et la congélation devraient être effectuées de manière à assurer l'efficacité du traitement. Il existe aujourd'hui des matériaux d'emballage appropriés lorsque le préemballage est nécessaire pour éviter une recontamination après irradiation.

27. L'efficacité du traitement dépend d'une application correcte de la dose et d'une bonne mesure de la dose. Il faut mesurer dans un premier temps la distribution de la dose afin de caractériser l'opération pour chaque produit puis utiliser ensuite systématiquement des dosimètres pour surveiller le bon déroulement de l'opération, conformément aux méthodes internationalement acceptées. Il faudrait pouvoir retrouver la trace des normes nationales ou internationales appliquées pour la dosimétrie de façon à assurer un contrôle indépendant de l'opération.

28. Il existe déjà pour certains intervalles de dose des témoins simples, qui, appliqués sur l'emballage du produit avant le traitement, peuvent aider l'opérateur à identifier l'aliment traité.

29. Comme pour toutes les formes de traitement des aliments, il est important d'appliquer

un contrôle efficace de la qualité non seulement pendant l'irradiation, mais encore au stade de la production, de l'entreposage, du transport et de la vente au détail. Il convient également de déterminer les points de contrôle critiques et les méthodes de surveillance exercées par les opérateurs et les autorités réglementaires. Il faudrait que les agents de l'administration de contrôle et le personnel chargé de l'irradiation des aliments aient été formés au contrôle de la qualité et que le personnel chargé de la bonne marche de l'installation connaisse bien l'exploitation des installations ainsi que les problèmes de maintenance des aliments à traiter. Le système de contrôle de la qualité devrait également prévoir des emballages adaptés au produit et un bon système de réglage de la température pendant l'entreposage et pendant la manutention. Les produits qui après traitement risquent d'être infestés par des insectes ou contaminés par des microorganismes seront emballés et entreposés de façon telle qu'ils ne puissent être réinfestés ou recontaminés. Les aliments devraient être manutentionnés, entreposés et transportés conformément aux bonnes pratiques de fabrication avant, pendant et après l'irradiation.

COMMERCE

30. Un contrôle des autorités nationales s'impose sur les aliments commercialisés, que ceux-ci aient ou non fait l'objet d'un traitement, pour s'assurer que tout traitement éventuel est appliqué

de façon sûre et appropriée et qu'il existe des garanties contre les abus. Des contrôles appropriés sont particulièrement utiles pour le commerce tant national qu'international des aliments irradiés. Ces contrôles devraient s'exercer à toutes les étapes de la manutention, jusqu'au point de vente.

31. Comme, en raison de la nature de ce mode de traitement, il est difficile à l'heure actuelle de déterminer les circonstances dans lesquelles l'irradiation a eu lieu en examinant les aliments, le contrôle des aliments irradiés doit reposer sur des procédures administratives ayant une base juridique. Que le produit soit destiné à la consommation locale ou à l'exportation, ces procédures comprendront, d'une part, un système de documentation permettant d'identifier chaque lot irradié, avec indication de l'installation où l'irradiation a eu lieu et du traitement administré, et, d'autre part, un système d'étiquetage. Il faudrait examiner d'autres méthodes de contrôle à mesure que les techniques progressent; aussi faudrait-il encourager la recherche sur les méthodes d'analyse permettant d'identifier au stade de la commercialisation les aliments traités par irradiation.

32. L'étiquetage ne doit pas seulement servir à informer le consommateur que l'aliment a été irradié; il peut également indiquer l'objectif du traitement (voir aussi le paragraphe 19). Il faudrait encourager l'adjonction d'un symbole permettant de reconnaître les

aliments irradiés.

33. Il faudrait que le système de contrôle s'applique tant aux aliments produits dans le pays qu'aux aliments importés. Avec des normes de contrôle internationalement reconnues permettant de tenir compte des besoins et des politiques des différents pays, on risquerait moins de voir les échanges commerciaux se heurter à des obstacles inutiles.

34. L'harmonisation des normes et des codes d'usages qui servent à l'établissement, par les pouvoirs publics, des règlements applicables aux aliments irradiés et aux installations d'irradiation ainsi qu'à la formation des inspecteurs, des opérateurs et des responsables du contrôle des aliments selon un programme d'études internationalement accepté et homologué contribuerait aussi à mieux faire accepter les denrées irradiées par les consommateurs du pays importateur. Les principes énoncés dans la Norme générale Codex pour les aliments irradiés et le Code d'usages correspondant sont considérés comme une bonne base pour l'harmonisation des procédures nationales.

CONCLUSIONS

35. La Conférence a reconnu que:

35.1. L'irradiation des aliments peut contribuer à réduire l'incidence des maladies d'origine alimentaire en réduisant la contamination des denrées, notamment solides, par des agents pathogènes.

35.2. L'irradiation des aliments permet de réduire les pertes après récolte et d'offrir aux consommateurs une plus grande quantité et un choix plus large de produits. Elle peut également être un traitement quarantenaire efficace pour certains produits et, par tant, contribuer au commerce international.

35.3. Le contrôle réglementaire par les autorités compétentes est un préalable indispensable à l'introduction du procédé conformément aux principes de la Norme générale Codex pour les aliments irradiés et du Code d'usages international recommandé pour l'exploitation des installations de traitement des aliments par irradiation. Ce procédé ne doit pas venir se substituer aux bonnes pratiques de fabrication.

35.4. Une harmonisation, à partir de normes internationalement reconnues, des procédures nationales en matière de contrôle de l'irradiation des aliments faciliterait le commerce international des aliments irradiés.

35.5. L'acceptation des aliments irradiés par le consommateur est essentielle pour que le procédé d'irradiation puisse être commercialisé avec succès et la diffusion d'informations peut contribuer à cette acceptation.

RECOMMANDATIONS

36. La Conférence a fait les recommandations suivantes:

36.1. Il faudrait envisager

d'appliquer la technique d'irradiation des aliments dans l'intérêt de la santé publique, spécialement pour les produits où elle pourrait présenter des avantages.

36.2. Il faudrait envisager d'appliquer la technique d'irradiation des aliments lorsque celle-ci peut, dans les cas appropriés, permettre de réduire les pertes d'aliments après récolte et servir de traitement quarantenaire.

36.3. Les gouvernements devraient veiller à ce que toute opération de traitement d'aliments par irradiation ou de vente d'aliments irradiés soit subordonnée à l'introduction préalable de mesures réglementaires de contrôle. Plusieurs principes de base devront être affirmés: enregistrement/autorisation, réglementation et inspection des installations d'irradiation des aliments, documentation et étiquetage des aliments irradiés, formation des agents de contrôle et respect des bonnes pratiques de fabrication.

36.4. Les procédures réglementaires adoptées pour le contrôle de l'irradiation des aliments doivent être conformes aux principes internationalement agréés qui figurent dans la Norme générale Codex pour les aliments irradiés et le Code d'usages correspondant. Une dosimétrie conforme à des normes nationales ou internationales dont on peut retrouver la trace devrait être appliquée pendant le procédé

d'irradiation, ce qui constituerait un moyen de vérification indépendant.

36.5. Les gouvernements devraient encourager les recherches sur les méthodes de détection des aliments irradiés, afin de renforcer par d'autres moyens le contrôle administratif de ces aliments, une fois qu'ils ont quitté l'installation, ce qui faciliterait le commerce international et accroîtrait la confiance des consommateurs dans le système de contrôle.

36.6. L'étiquetage des aliments irradiés destinés au commerce international doit être conforme aux dispositions adoptées par la Commission du Codex Alimentarius.

36.7. Les gouvernements devraient veiller à ce que toutes les étapes de la planification et de l'exploitation des installations d'irradiation des aliments soient soumises à une réglementation conforme aux normes appropriées internationalement agréées pour la santé de l'homme, la sûreté et la protection de l'environnement.

36.8. Les gouvernements, en particulier ceux qui envisagent d'autoriser l'irradiation des aliments, sont invités à fournir au public des renseignements clairs et suffisants sur cette technique. Il faut encourager la participation active de toutes les parties intéressées, y compris les consommateurs.

IRRADIATION ROOM

Products are treated inside a central chamber with thick concrete walls and specially designed doors to prevent radiation from escaping. Interlocks and warning devices do not allow the radiation source to be raised until all doors are securely closed.

RADIATION SOURCE RACK

The radiation source used in food irradiation is the same type used in medical treatment at hospitals. Inside an irradiation facility, the source (such as cobalt-60) is housed in a modular rack that is raised from its storage pool to treat products.

CONVEYOR SYSTEM

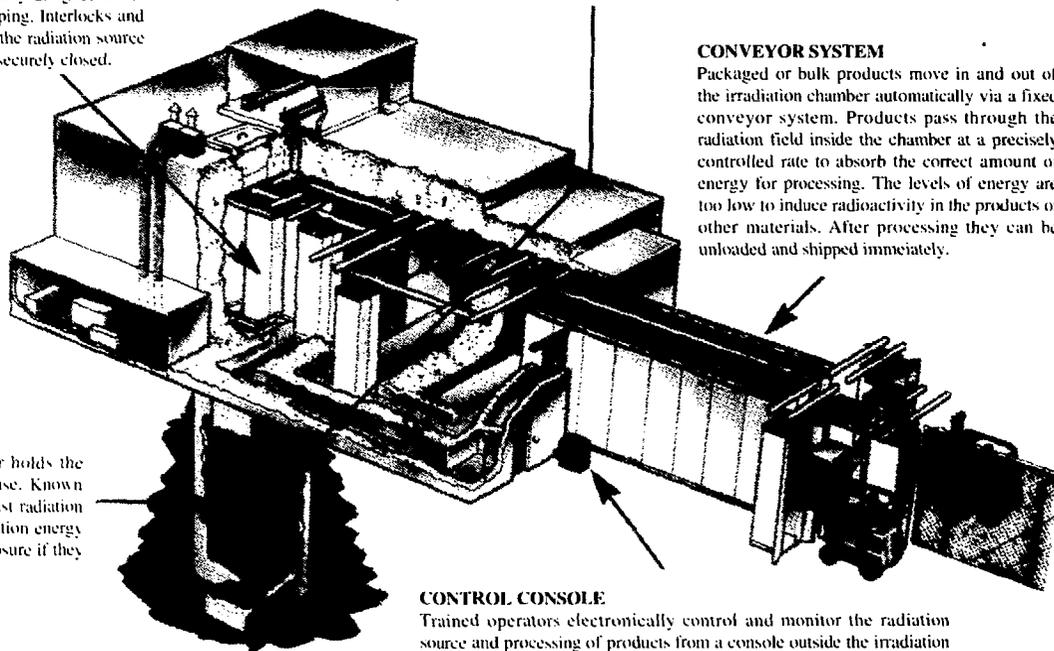
Packaged or bulk products move in and out of the irradiation chamber automatically via a fixed conveyor system. Products pass through the radiation field inside the chamber at a precisely controlled rate to absorb the correct amount of energy for processing. The levels of energy are too low to induce radioactivity in the products or other materials. After processing they can be unloaded and shipped immediately.

STORAGE POOL

A deep storage pool of water holds the radiation source when not in use. Known as one of the best shields against radiation energy, water absorbs the radiation energy and protects workers from exposure if they must enter the room.

CONTROL CONSOLE

Trained operators electronically control and monitor the radiation source and processing of products from a console outside the irradiation chamber.



IRRADIATION FACILITY : Industrial irradiation facilities must be licensed, regulated, and inspected by national safety and health authorities, many of whom base their rules upon international standards and codes of practice jointly established by the IAEA, FAO, WHO. 140 industrial gamma irradiators are operating worldwide to process foodstuffs, medical products, and other goods. Many of them work like the one shown above, and use radioactive sources of energy that emit gamma rays for processing products on a commercial scale. Other types of irradiators are simpler in design and operation and are used to process smaller quantities, usually for research and training. Also operating are about 400 irradiation facilities that use special machines (called accelerators or electron beam machines) that generate X-rays and electrons.

**CET EXPOSE A ETE PRESENTE PAR
M. A. NOURREDDINE LES 27 ET 28 NOVEMBRE 1990
A EL JADIDA, A L'OCCASION DES JOURNEES ARICA
(Application des Rayonnements Ionisants pour la
Consommation des Aliments)**

H A N E 1 0 0 6 A

CARACTERISTIQUES DES RAYONNEMENTS IONISANTS UTILISES EN AGRO-ALIMENTAIRE

*Par A. NOURREDDINE
Département de physique
Faculté des Sciences - El Jadida*

PHENOMENE D'IONISATION

Quand un rayonnement (ou une particule) traverse de la matière, il transfère une partie ou la totalité de son énergie aux atomes du milieu par différentes collisions. Lors de certaines collisions, un électron peut être arraché à un atome: c'est le phénomène d'ionisation. Lors d'autres collisions, il y a seulement un échauffement de l'atome qui se refroidit en émettant des rayons X: c'est le phénomène de scintillation ou d'excitation. Les propriétés de ces deux phénomènes sont utilisées pour détecter les rayonnements et pour prévoir

leurs effets sur la matière biologique et inerte.

L'interaction rayonnement-matière est caractérisée par deux grandeurs:

1- Transfert linéique d'énergie:

C'est la quantité d'énergie transférée à la matière, par la distance parcourue- par le rayonnement dans le milieu. Ce transfert représente la valeur moyenne du pouvoir d'arrêt

$$S = dE/dx.$$

2 - Parcours moyen : R

C'est la valeur moyenne de l'épaisseur du milieu nécessaire pour arrêter le rayonnement.

CLASSIFICATION DES RAYONNEMENTS IONISANTS

Les rayonnements ionisants sont les rayons alpha, bêta, gamma et X. Les deux premières sont de nature corpusculaire et directement ionisants. Les autres étant de nature électromagnétique et indirectement ionisants.

1- rayonnement alpha

C'est l'émission de noyaux d'Hélium par des radionuclides lourds de nombre de charge $Z > 80$.

exemple:



Les énergies cinétiques des rayons α sont comprises entre 2 et 8 MeV et correspondent à des vitesses d'environ 15000 à 30000 km/s. Du fait de leur masse et de leur grande énergie, la longueur de leur parcours moyen est très faible: quelques centimètres dans l'air ($R = 3,5\text{cm}$ pour des particules alpha d'énergie cinétique $T = 5\text{ MeV}$). En revanche, ils sont très ionisants: une particule α de 5 MeV crée 150000 paires d'ions/cm d'air.

2 - Rayonnement β^-

C'est l'émission d'électrons par un radionuclide, avec changement de nature d'un nucléon: transformation d'un neutron en proton.

Exemple:

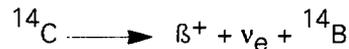


Suivant les radionuclides les énergies cinétiques des particules sont comprises entre 18 keV et 3 MeV, ce qui correspond à des vitesses proches de celle de la lumière ($c = 300000\text{ Km/s}$). En tant que particules chargées légères, leur absorption dans la matière donne lieu à l'émission de rayonnement électromagnétique de freinage ou "bremsstrahlung" à spectre continue peu énergétique dont l'action est négligeable devant celle résultant des diffusions entre électrons incidents et planétaires qui, eux se traduisent par l'ionisation de la matière. Par rapport aux particules alpha, les électrons sont moins ionisants: un électron d'énergie 1 MeV crée environ 100 ions/cm d'air traversé. Par contre, ce sont des particules très pénétrantes dont le parcours maximum (rectiligne) est proportionnel à la densité du milieu traversé: pour des électrons de 1 MeV traversant de l'air ($d = 1,3\text{ mg/cm}^3$) le parcours maximum est $R = 337\text{ cm}$, dans l'aluminium ($d = 2,7\text{ g/cm}^3$) ce parcours se réduit à $R = 0,15\text{ cm}$.

3- Rayonnement β^+

C'est l'émission de positron par un radionuclide, par suite de la transformation d'un neutron en proton.

Exemple:



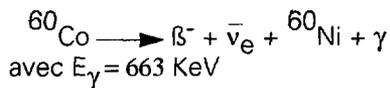
Les phénomènes observés pour les particules sont identiques à ceux cités pour les particules β^- , sauf qu'on peut avoir des phéno-

mènes d'annihilation qui résultent de la réaction électron-positron en émettant deux ou trois rayonnements gamma d'énergie respectives 511 et 341 KeV.

4 - Rayonnement gamma

Ce sont des rayonnements électromagnétiques d'origine nucléaire: Après une désintégration ou, le noyau final peut être dans un état excité, il contient trop d'énergie; il est chaud et se refroidit en émettant des rayonnements (γ) dont l'énergie est comprise entre 10 KeV et 10MeV.

Exemple:



Par rapport aux particules α et β les rayonnements γ ont un excellent pouvoir pénétrant dans la matière. Ces rayonnements, ne portant aucune charge électrique, ne peuvent devenir ionisant qu'après interactions avec les électrons et les nucléons de la matière irradiée.

5 - Les rayons X:

Ce sont des rayonnements électromagnétiques d'énergie comprise entre 10 eV et 1 MeV. Ils sont produit par bombardement, dans un vide très poussé, d'une cible métallique par un faisceau d'électrons accéléré. Les rayons X sont émis lors de la désexcitation des atomes: changement d'orbites d'électrons. Le spectre d'énergie des rayons X comprend deux composantes: un

spectre de raies caractéristique de la cible et un spectre continue de freinage qui dépend du faisceau incident.

INTERACTION DES PHOTONS AVEC LA MATIERE

De nombreux processus peuvent entrainer la diffusion ou l'absorption des photons, mais dans le domaine des transitions nucléaires trois phénomènes sont largement dominants: absorption par effet photo-électrique, diffusion par effet Compton et matérialisation par création de paires (e^+ , e^-). Leur importance relative dépend du milieu traversé et surtout de l'énergie du rayonnement incident.

1- L'effet photoelectrique:

C'est l'absorption totale du photon incident par le nuage électronique du milieu. L'énergie E du photon est transférée à un électron périphérique qui est éjecté de l'atome avec une énergie cinétique:

$$T = E_\gamma - \beta_I$$

β_I est l'énergie de liaison de l'électron.

Quand la lacune laissée par l'électron éjecté est rempli par un autre électron, un photon X caractéristique du milieu est émis. La section efficace ou la probabilité d'interaction de ce processus s'écrit:

$$\sigma_{ph} = KZ^n E^m$$

avec $4 < n < 5$ et $-3,5 < m < -1$; K est un facteur de proportionnalité, Z étant le numéro atomique du milieu. On remarque que l'effet photo-électrique est surtout important dans les matériaux

lourds et pour les photons de faible énergie.

2 - L'effet Compton:

Le photon incident interagit avec un électron du milieu en lui cédant une partie de son énergie. Le photon diffusé peut à nouveau interagir avec le milieu, perdant à chaque étape une fraction de son énergie. Les premiers électrons Compton éjectés, dits électrons primaires sont généralement trop énergétiques pour être directement absorbés. Ils peuvent par contre en éjecter d'autres électrons secondaires dont l'interaction est plus forte et ainsi de suite. La section efficace de l'effet Compton σ_C est proportionnelle à Z/E .

3 - L'effet de création de paires

Dans ce processus, un photon d'énergie $E > 1,022$ MeV peut interagir avec le champ coulombien du noyau et disparaît au profit de la production d'une paire électron-positron. L'énergie totale de la paire créée est égale à l'énergie du photon incident:

$$E\gamma = T_{e^+} + T_e + 2 m_e c^2$$

L'électron crée ionise d'autres atomes sur sa trajectoire. Quand au positron, il s'annihile au contact d'un électron en créant deux photons dans des directions opposées. Ces deux photons peuvent ioniser la matière selon l'un des trois processus précédemment cités. L'effet de création de paires est caractérisé par la section efficace σ_p .

La figure 1, montre l'importance des trois modes d'interaction en fonction de l'énergie des pho-

tons incidents E et du numéro atomique Z du matériau absorbant. Les courbes représentent les combinaisons (E, Z) pour lesquelles la probabilité des deux effets adjacents est égale.

4- Absorption des photons

La loi d'absorption des photons dans la matière est régie par la combinaison des trois processus de pertes d'énergie décrits précédemment. En géométrie collimatée, l'intensité I d'un faisceau de photons traversant une épaisseur x d'une matière donnée est:

$$I(x) = I_0 e^{-N\sigma x}$$

$$\text{avec } \sigma = \sigma_{ph} + \sigma_C + \sigma_p$$

I_0 est l'intensité initiale. N étant le nombre d'atomes/cm³ de la matière traversée. L'absorption des photons d'énergie fixe dans une matière donnée est caractérisée par l'épaisseur demi-absorption $X_{1/2}$ au lieu de parcours moyen à cause du caractère aléatoire des interactions photon-matière. L'épaisseur demi-absorption est donnée par la relation: $X_{1/2} = \text{Log}2/N\sigma$

Exemple: $X_{1/2} = 13$ cm pour des photons d'énergie 1 Mev dans l'eau.

En dosimétrie, on utilise pour les calculs des doses d'énergie absorbée le coefficient d'absorption d'énergie défini par :

$$\mu = f(1 - g)$$

f désigne la fraction de l'énergie des rayonnements incidents qui est transférée sous forme d'énergie cinétique aux particules secondaires chargées,

émis lors des interactions dans le milieu d'épaisseur dx .
 g étant la fraction de l'énergie des particules secondaires chargées perdue par rayonnement de freinage dans le milieu.

APPLICATION DE LA TECHNIQUE D'IRRADIATION:

La technique d'irradiation consiste à exposer le produit à traiter, pendant une période déterminée à l'action de rayonnement ionisant. La caractéristique de cette technique repose sur la notion de dose, quantité d'énergie absorbée par unité de masse. L'unité officielle de dose est le Gray (Gy) qui correspond à une énergie déposée de 1 joule par Kilogramme de matière traitée. L'ancienne unité est le Rad:

$$1 \text{ Rad} = 10^{-2} \text{ Gy} = 10^{-2} \text{ J/kg}$$

Les applications de l'ionisation sont multiples et dépendent des doses employées. En agroali-

mentaire, l'ionisation des aliments a pour but de les conserver à plus au moins long terme tout en préservant au mieux leurs qualités organoleptiques, sanitaires et nutritionnelles. On parle de radioconservation. L'intérêt de cette technique a été relancé dans les années 1981, quand le comité mixte d'Expert A.I.E.A/F.A.O/O.M.S. a publié que "l'irradiation de toutes denrées alimentaires jusqu'à une dose globale de 10 kGy ne présente aucun risque d'ordre toxicologique pour le consommateur. Dans certains secteurs industriels l'ionisation est utilisée pour la stérilisation des produits médicaux (dose minimale requise 25 kGy) ou pour la dépollution des gaz (de fortes doses sont appliquées plus de 100 kGy). La figure 2 donne l'ordre de grandeur des doses employées pour diverses applications.

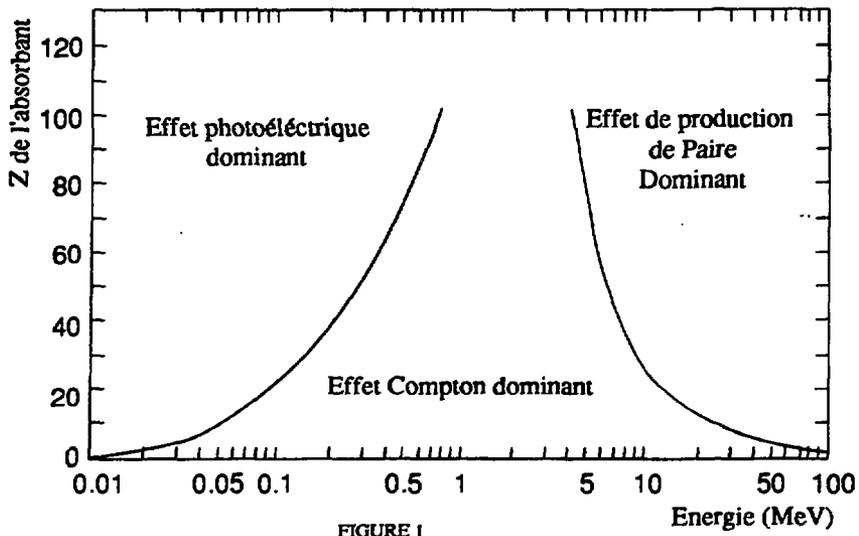


FIGURE 1

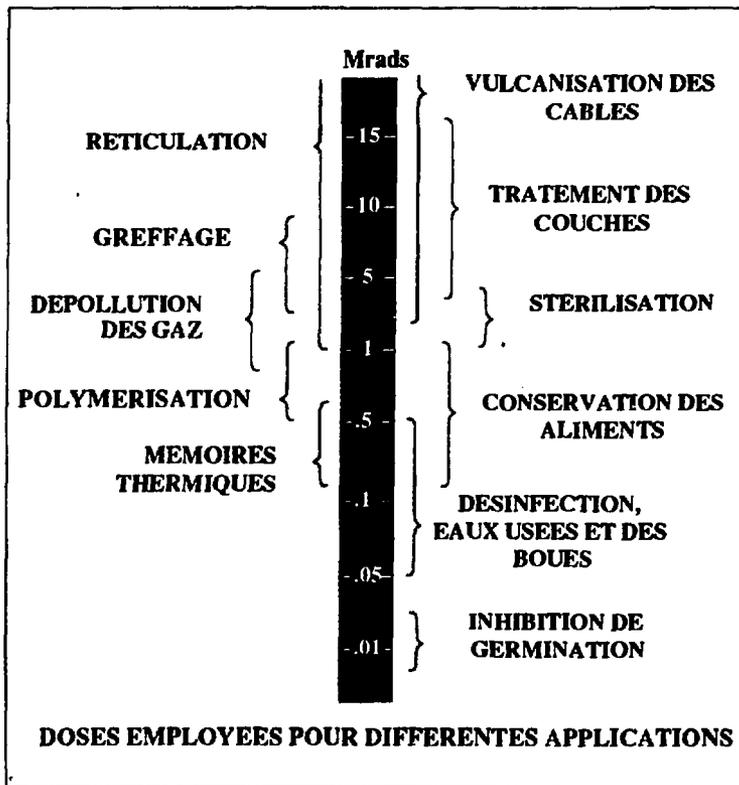


FIGURE 2

SOURCES DE RAYONNEMENTS IONISANTS UTILISES POUR LE TRAITEMENT DES ALIMENTS

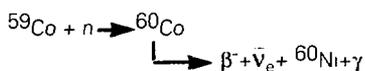
L'action des rayonnements sur les aliments conduit à une ionisation des molécules et à la formation de radicaux. Les produits de radiolyse formés sont semblables à ceux qui résultent des traitements classiques utilisant la chaleur.

Les sources de rayonnements ionisants utilisées pour le traitement des aliments sont les radioéléments émetteurs de rayonnement gamma et les accélérateurs d'électrons. Ces derniers sont utilisés directement comme dispositif de traitement par faisceau d'électrons ou, comme générateur de rayons X.

1- Les rayons gamma :

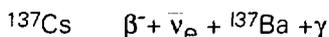
Les radio isotopes utilisés en pratique sont:

- le cobalt ^{60}Co de période $T = 5,26$ ans, obtenu par bombardement neutronique du ^{59}Co .



Les énergies des gamma émis sont 1,17 et 1,33 MeV.

- le Cesium ^{137}Cs de période $T = 30,3$ ans, est un sous produits de la fission de ^{235}U ;



L'énergie du γ est 0,66 MeV.

L'absorption de ces rayons entraîne une densité d'ionisation homogène en épaisseur et peu-

vent traverser de 25 à 50 cm de produit alimentaire solide.

2-Faisceau d'électrons:

Les électrons sont générés à la demande par des accélérateurs électrostatiques ou linéaire combinant les effets de l'électricité et du magnétisme, leurs pouvoirs ionisants sont très élevés mais leurs pouvoirs de pénétration est faible.

Pour les produits de densité homogène le pouvoir de pénétration est: $e = 3,5 E/d$

E étant l'énergie du faisceau en MeV.

La limite de pénétration pour les denrées alimentaires est d'environ 3cm, cette limite est fixée par le maximum d'énergie autorisée $E = 10$ MeV pour les électrons. C'est pour cette raison que les faisceaux d'électrons sont réservés aux traitements de surface ou bien aux produits homogènes de petites épaisseurs et de faible densité.

3- Rayons X

On peut augmenter la pénétration des électrons en les transformant en Rayons X. Ces rayons sont obtenus par freinage des électrons dans une cible de conversion. Le rendement très faible de conversion des électrons en rayons X rend difficile l'emploi de ces derniers pour la radioconservation des aliments. L'énergie maximale autorisée pour les traitements des aliments est 5 MeV.

Il a été démontré que si les seuils énergétiques des fais-

ceux d'électrons et les rayons X sont respectés, la radioactivité induite dans les aliments est bien inférieure à leur radioactivité naturelle et peut donc être négligée.

Le tableau résume les caractéristiques des différentes sources de rayonnements ionisants utilisés dans le domaine agro-alimentaire.

CARACTERISTIQUES DES SOURCES DE RAYONNEMENTS IONISANTS UTILISES POUR LE TRAITEMENT DES ALIMENTS

Nature du faisceau	Rayons gamma	Rayons X	Electrons accélérés
Utilisation en agro-alimentaire	^{60}Co (72,2 %) ^{137}Cs (6 %)	1,5 %	20,3 %
- Pénétration pour un produit de densité 1	15 à 30 cm	15 à 30 cm	3,5 à 8 cm
- Rendement en %)	20 à 30 émission isotrope	20 à 30 émission isotrope	60 à 80 faisceau orienté et focalisé
Doses absorbées	10 kGy / heure	10 kGy / mn	10 kGy / s
Augmentation de la température	très faible	très faible	négligeable
Fonctionnement	problèmes de radioprotection	relativement simple arrêt de l'accélérateur	très simple arrêt de l'accélérateur
Encombrement de l'installation	important	relativement faible	faible
Maintenance	réapprovisionnement régulier de la source de rayons (le Cobalt 60 perd 12 % de son activité chaque année)	entretien des accélérations	entretien des accélérations

LEXIQUE DES ABRÉVIATIONS

AIEA :	Agence Internationale de l'Energie Atomique
AIGAM :	Association des Ingénieurs en génie Atomique du Maroc
APRIA :	Association pour la promotion Industrie - Agriculture (France)
CEA :	Commissariat à l'Energie Atomique (France)
CNESTEN :	Centre National de l'Energie, des sciences et des Techniques Nucléaires
FAO :	Food and Agriculture Organisation
IAV :	Institut Agronomique et Vétérinaire
INRA :	Institut National de la Recherche Agronomique
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé
ONE :	Office National de l'Electricité
OCP :	Office Chérifien des Phosphates

C - 3097

94.04.11

