

Aliments irradiés : la fraîcheur qui dure

Des procédés comme la congélation ou la mise en conserve ont permis de résoudre une grande partie des problèmes liés à la protection et la conservation des aliments. Il existe une autre technique, capable d'améliorer leurs performances et d'étendre le champ des applications : l'irradiation. Mais parce qu'elle évoque le nucléaire, elle suscite la peur et, de ce fait, elle a été brimée dans son essor. Pourtant, depuis plusieurs années, elle est jugée inoffensive par des centaines d'experts internationaux.

■ Irradier un aliment, c'est le soumettre à un rayonnement de haute énergie constitué de photons ou d'électrons accélérés pour accroître la durée de sa conservation et améliorer sa qualité hygiénique.

Partant de cette rapide définition du procédé, il est aisé d'entrevoir les deux peurs essentielles qu'il suscite et qui sont à l'origine de la mauvaise image de marque de l'irradiation. La première serait que ce traitement rend l'aliment "radioactif", donc susceptible de nous tuer. La seconde, qu'il "tue" l'aliment, c'est-à-dire le prive de ses qualités nutritives et gustatives.

En fait, aucune de ces deux craintes n'est fondée, si ce n'est peut-être sur une confusion autour des termes utilisés. En effet, par un raccourci un peu rapide, le mot même d'"irradiation" peut évoquer les radiations nucléaires, donc la contamination radioactive dont on parle tant à propos de la bombe atomique. De même que la perspective de toucher à l'aliment peut induire l'idée de le "dénaturer". Mais des rapprochements aussi hâtifs n'ont aucune valeur au regard des phénomènes réellement mis en jeu dans l'irradiation et des conséquences qu'ils impliquent.

L'aliment, comme toute autre matière, est constitué de molécules, elles-mêmes formées d'atomes. En effet, l'atome est le constituant des éléments naturels (hydrogène, oxygène, carbone, fer, etc.) qui, en s'assemblant, forment la matière (l'air, l'eau, le bois...). Il est formé d'un noyau (lui-même constitué de protons et de neutrons) et d'électrons, qui gravitent autour à grande vitesse. Les neutrons, comme leur nom l'indique, sont neutres, c'est-à-dire ne portent aucune charge électrique. Par

contre, les protons sont porteurs d'une charge électrique positive, et les électrons, eux, sont chargés négativement. Mais, comme il y a autant de protons dans le noyau que d'électrons gravitant autour, l'atome est en fait électriquement neutre. Maintenant, si l'on parvient à "arracher", ou au contraire à "donner" des électrons à ce même atome, on va modifier sa charge électrique : avec moins d'électrons (négatifs), il sera électriquement positif et vice versa. L'atome ainsi modifié s'appellera alors un ion, positif ou négatif selon le cas.

Schématiquement, ce phénomène est celui qui se produit dans l'irradiation, que, de manière plus scientifique, les spécialistes dénomment aussi "traitement ionisant". Pour parvenir à ce résultat, nous avons vu qu'il était nécessaire d'avoir recours, soit à des électrons artificiellement accélérés, soit à des photons. Ces derniers, rappelons-le, sont les "grains" d'énergie transportés par les ondes électromagnétiques, celles-ci se caractérisant par la fréquence de leur propagation ou la quantité d'énergie que leurs photons transportent. On définit ainsi, par ordre d'énergie croissante : les ondes radio, les infrarouges, la lumière visible (les couleurs), les ultraviolets, les rayons X et gamma et les rayons cosmiques. L'énergie des photons est exprimée en électron-volt (1).

Que l'on utilise des photons ou des électrons comme source d'énergie, les résultats obtenus sont les mêmes, seule diffère la manière dont le méca-

(1) Un électron-volt (eV) est l'énergie acquise par un électron accéléré dans un champ électrique par une différence de potentiel de un volt. Par rapport au joule, l'unité d'énergie du système international, $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19}$ joule.

nisme est enclenché (voir dessin page 80). Sans entrer dans des explications trop complexes, disons simplement que dans tous les cas, cette source d'énergie va "éjecter" certains électrons des atomes de l'aliment, et ceux-ci, à leur tour, iront chasser d'autres électrons, et ainsi de suite avec une énergie décroissante jusqu'à l'arrêt du phénomène. Le tout en une fraction de seconde.

Ce premier effet direct de l'irradiation, qui consiste en l'éjection d'électrons et la formation d'ions, permet déjà de désamorcer cette idée qui voudrait que ce procédé rende l'aliment radioactif. Induire une radioactivité, c'est en effet "activer" les noyaux des atomes, c'est-à-dire les déstabiliser au point qu'ils se désintègrent en éjectant des particules. Or, nous avons vu que toute l'action des électrons accélérés ou des photons se limite aux

ment trois types de rayonnements sont utilisés :

Les faisceaux d'électrons accélérés sont produits dans des appareils dont la puissance ne permet pas de donner aux électrons une énergie supérieure à 10 MeV. Or ce seuil est celui en deça duquel, avec les électrons, tout risque d'induire une radioactivité de l'atome est évité.

Les photons X sont produits dans des appareils électriques conçus pour ne pas dépasser 5 MeV. Leur origine dépend d'électrons accélérés qui frappent une cible dont les atomes excités se "désexcitent" en émettant des rayons X. Mais dans les appareils actuels, le rendement en énergie de la conversion des électrons accélérés en rayons X est trop faible, de l'ordre de 2 %. L'utilisation industrielle de cette source très peu rentable est donc rare. Nous la signalons ici uniquement à titre d'in-



L'irradiation tue les microbes responsables de la pourriture des fruits et légumes frais. Ainsi après 7 jours de conservation à 10 °C, des fraises irradiées à 2 kGy (à droite) sont impeccables, tandis que des fraises non traitées (à gauche) sont pourries.

seuls électrons des atomes de l'aliment et en aucun cas n'atteint les noyaux. De plus, il faudrait beaucoup plus d'énergie pour activer un noyau et lui faire éjecter des particules, que celle utilisée pour exciter un atome et lui faire éjecter des électrons. Car les forces qui lient les neutrons et les protons du noyau sont plus d'un million de fois supérieures à celles reliant les électrons au noyau.

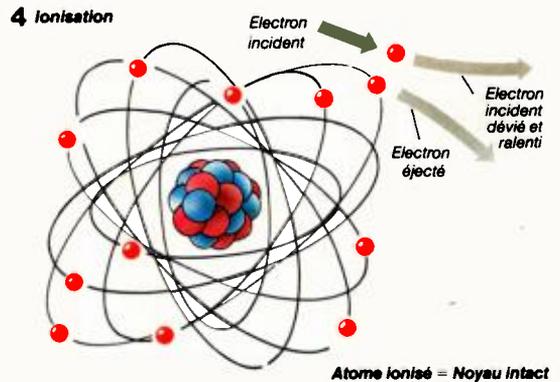
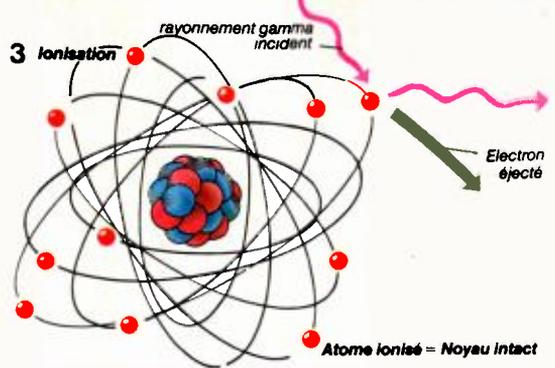
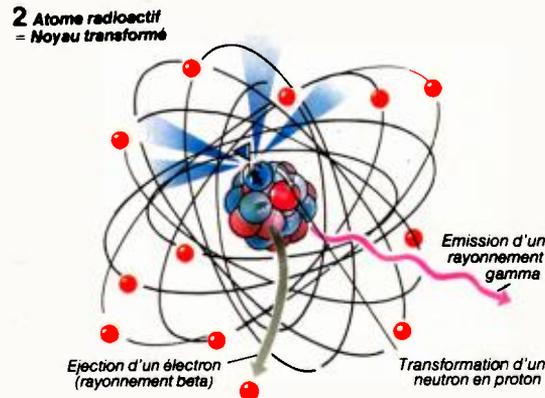
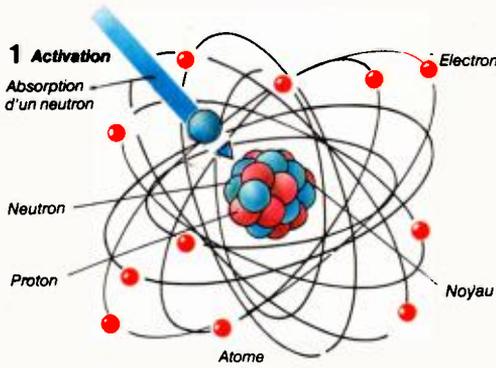
Mais, pourrait-on objecter, le seuil d'activation d'un noyau ne dépend pas seulement de l'énergie de la particule incidente ; il dépend aussi de la nature de cette particule et de la nature du noyau visé. Ainsi, il faut plus d'énergie aux électrons pour activer un noyau qu'il n'en faut aux photons. Et avec ces derniers, le seuil d'activation est de 18,7 millions d'électrons-volts (MeV) pour un noyau de carbone, de 16,3 MeV pour celui d'oxygène, de 10,6 MeV pour celui d'azote, de 12,4 MeV pour celui de phosphore, de 13,2 MeV pour celui de potassium, etc. La réponse à cette objection nous renvoie nécessairement à la source d'énergie, car c'est justement pour ne pas dépasser ce seuil que seule-

formation.

Les photons γ sont émis, soit par une source de cobalt 60 (élément radioactif obtenu en bombardant dans un réacteur nucléaire du cobalt 59 avec des neutrons), soit par une source de césium 137 (un produit de fission de l'uranium 235). A chaque désintégration, ces noyaux radioactifs éjectent un électron et des photons (2) ; ce sont ces photons qui ont un effet ionisant sur l'aliment. Or, ceux émis par le cobalt 60 ont une énergie de 1,17 MeV ou de 1,33 MeV ; ceux du césium 137, de 0,66 MeV. Ils ont donc, on le voit, une énergie très inférieure au seuil de 5 MeV en deça duquel on évite tout risque de radioactivité pour les atomes recevant des photons.

(2) Il y a trois principales formes de radioactivité. Les rayonnements α , β et γ . Le premier est la désintégration d'un noyau par éjection d'un noyau d'hélium (deux protons et deux neutrons). Le deuxième est une désintégration par éjection d'un électron. Le troisième, toujours associé aux précédents, est l'émission de photons γ . La radioactivité du cobalt 60 et celle du césium 137 sont des désintégrations du type β accompagnées de rayonnement γ .

ATTENTION : NE PAS CONFONDRE IRRADIATION AVEC RADIOACTIVITÉ



Le traitement par irradiation des aliments ne peut en aucun cas les rendre radioactifs. Pour s'en convaincre, il suffit de comprendre la nature de chacun des phénomènes.

La radioactivité porte sur le noyau des atomes : un atome dont le noyau est instable se transforme en un autre atome dont le noyau est stable. La désintégration du noyau instable s'accompagne de l'émission de rayonnements, dangereux pour l'organisme car ils lésent ou détruisent les cellules vivantes. Cette désintégration spontanée peut être naturelle (ainsi l'uranium se transforme en plomb), ou provoquée artificiellement (le cobalt, bombardé par des neutrons, devient radioactif et se transforme en nickel). Ainsi, le noyau d'un atome bombardé par des neutrons absorbe l'un d'entre eux (1). Dès lors, il devient instable parce que trop chargé en neutrons. Pour que le noyau retrouve un état stable, l'un des neutrons se transforme en proton en perdant un électron qui est éjecté de l'atome (2). C'est la radioactivité de type "beta". Pour finir de se désexciter, le noyau éjecte encore un rayonnement gamma, de même nature que la lumière mais de très courte longueur d'onde et constitué de photons très énergétiques. Ainsi le noyau de cobalt radioactif émet un électron et deux photons successifs d'énergie 1,33 et 1,17 million d'électrons-volts.

L'irradiation ne porte que sur les électrons de l'atome : un atome perd l'un des électrons qui gravitent autour de son noyau et devient "ionisé", mais garde son noyau intact. L'agent de l'ionisation peut être un photon de haute énergie (rayonnement gamma) ou un électron animé d'une vitesse suffisante. Ainsi, lorsqu'un rayon γ émis par le cobalt radioactif rencontre l'électron d'un atome, il le projette et l'arrache à cet atome en lui cédant une partie de son énergie cinétique (3). Le photon diffusé, d'énergie plus faible, va ioniser un autre atome sur sa trajectoire et ainsi de suite. L'électron mis en mouvement aura un effet analogue sur les atomes qu'il rencontre, mais de manière un peu différente : c'est par répulsion électrostatique qu'il expulse un électron (chargé négativement comme lui) lorsqu'il frôle un atome. L'électron incident est ralenti et perd un peu de son énergie au profit de l'électron éjecté (4). Cette ionisation peut avoir lieu tant que les photons et les électrons ont une énergie supérieure à celle qui maintient les électrons autour du noyau, et qui est de l'ordre de quelques dizaines d'électrons-volts. En aucun cas, le noyau ne peut être désintégré par irradiation, car les forces qui lient les éléments du noyau entre eux sont trop élevées (supérieures à dix millions d'électrons-volts) par rapport à l'énergie apportée par les rayons gamma du cobalt ou les électrons libres.

Voici donc terrassée l'hydre de la radioactivité. Mais reste à savoir quels effets aura un tel traitement sur l'aliment. Car, comme nous l'avons précédemment rappelé, les atomes établissent des ponts entre eux et s'accrochent les uns aux autres par leurs électrons périphériques pour former des

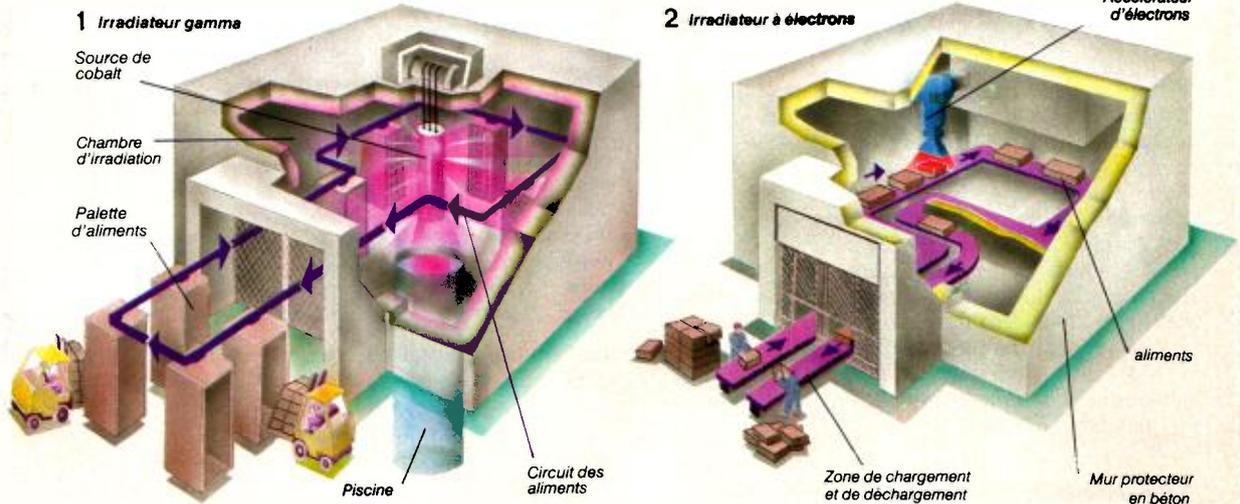
molécules. Aussi, les ions formés et les électrons éjectés vont entraîner une modification de la forme et de la structure des molécules. En bouleversant celles-ci, on va donc séparer des éléments que l'on dira alors très "réactifs", c'est-à-dire ne demandant qu'à s'associer de nouveau. Cet état fera que, soit

ils reviendront à leur situation initiale, soit ils formeront de nouvelles molécules en modifiant celles existantes (par exemple, une molécule d'amidon, qui est une succession de molécules de glucose, peut être tronçonnée). Ces nouvelles molécules, qui sont donc nées du fait de l'irradiation, seront appelées "produits de radiolyse".

Mais comme le "bouleversement" qui est à l'origine de ces produits ne dure pas plus d'un millionième de seconde, ils sont en fait en quantité négligeable. A 10 kGy ⁽³⁾, dose forte pour un traitement

est déconseillé, à moins d'être associé à une congélation préalable. Car il se crée, par oxydation et radiolyse, des produits donnant un mauvais goût et dégageant une odeur désagréable. C'est la raison pour laquelle on ne traitera pas des produits laitiers par irradiation.

Outre la formation de produits de radiolyse (dont nous savons maintenant qu'ils sont en quantité trop négligeable pour "dénaturer" l'aliment), l'irradiation peut avoir d'autres conséquences sur certaines molécules. Par exemple, les deux brins complé-



Les installations industrielles qui permettent d'irradier les aliments comportent une pièce dans laquelle est implantée la source de rayonnement : cobalt (1) ou accélérateur d'électrons (2). Cette chambre d'irradiation est fermée par des murs en béton dont l'épaisseur (1,50 à 2 m) absorbe l'énergie des rayonnements et protège ainsi le personnel à l'extérieur. Un circuit permet d'introduire en continu les aliments et de les évacuer après leur traitement. Pour permettre au personnel de pénétrer dans la chambre, il suffit de plonger la source de cobalt au fond d'une piscine d'eau ou de couper l'alimentation électrique de l'accélérateur d'électrons.

agro-alimentaire, il s'en forme moins de 20 milligrammes dans un kilo d'aliment modèle constitué de 80 % d'eau, 6,6 % de lipides, 6,7 % de glucides et 6,7 % de protéines. Leur proportion est d'ailleurs si faible qu'il est même utopique de prétendre pouvoir contrôler un aliment irradié par l'analyse de ces produits de radiolyse.

Donc, pas d'inquiétude à avoir non plus du côté des glucides, des protéines, des lipides, des vitamines, c'est-à-dire tout ce qui fait la saveur et la qualité nutritionnelle de l'aliment. D'autant que les résultats de vingt années d'expérimentation sur des animaux nourris, soit avec une ration comprenant quelques aliments traités, soit avec une ration entièrement traitée, soit avec des produits de radiolyse, ont confirmé qu'il n'y avait pas de potentialités toxiques dans les aliments irradiés, ni de produits cancérigènes ou mutagènes. C'est seulement pour certains corps gras très riches en lipides que le trai-

mentaires de la molécule d'ADN (acide désoxyribonucléique), le long desquels est inscrit tout le code génétique, peuvent être cassés, lésés d'un petit morceau ou soudés par des ponts inhabituels (voir dessin page 85). Or c'est l'ADN qui détient les clés du bon fonctionnement de la cellule et de sa reproduction. Quelle incidence aura donc sa modification ?

Pour répondre à cette question, il nous faut considérer l'objectif recherché dans l'irradiation de produits frais. Il s'agit de prolonger le délai de consommation des aliments stockés à température ambiante ou simplement réfrigérée ; et ce, en jouant sur l'aliment lui-même et sur les microbes, les insectes ou les vers parasites qui le contaminent.

Pour retarder l'évolution de l'aliment on cherchera donc à intervenir directement sur les fruits ou les légumes. En simplifiant, disons que ceux-ci sont constitués à la fois de cellules "abouties" (c'est-à-dire ne se reproduisant plus) et de cellules plus jeunes ou embryonnaires, qui, en se divisant, favorisent la germination. Mais toutes sont pourvues d'ADN, qui est la cible la plus vulnérable et la plus affectée par les rayonnements. Quelles conséquen-

(3) Une dose d'un Gray correspond à l'absorption d'une énergie d'un joule par un kilogramme de matière. 1 Gy = 1 J/kg = 0,239 cal/kg. On utilisait autrefois le rad que l'on rencontre encore souvent : 1 Gy = 100 rads.

ces aura donc sa destruction ?

● Sur les cellules "abouties", aucune. Parce qu'au moment où un fruit ou un légume est irradié, l'ADN de ses cellules a déjà effectué le "travail" relatif à leur développement, et ne leur est donc plus d'aucune utilité. Et parce que, de toute façon, cette molécule, comme les autres, a pour destin d'être cassée avant d'être digérée dans notre intestin. Bien sûr, si l'on souhaitait planter ce fruit ou ce légume, il risquerait de ne plus germer ou de donner des plantes fantaisistes, à cause des mutations de son ADN. Mais n'oublions pas que l'irradiation est conçue pour des aliments destinés à être mangés.

● Sur les cellules jeunes, les effets sont fatals, car ce sont les plus sensibles aux traitements ionisants (du fait de l'activité intense de leur ADN). Mais loin de représenter un inconvénient, cette fragilité va au contraire être exploitée pour atteindre le but recherché. L'irradiation de ces cellules permettra, par exemple, de ralentir leurs fonctions (respiration, synthèse et action de protéines). Cela retardera ainsi la maturation de certains fruits et légumes après leur récolte (ouverture du chapeau des champignons, maturation des bananes...). Ou bien, en bloquant la division cellulaire, les rayonnements inhiberont la germination des bulbes et des tubercules pendant leur stockage (oignons, pommes de terre...).

Pour désinfecter des aliments, ce sont encore les cellules, et les molécules d'ADN qu'elles contiennent, qui seront touchées. Mais cette fois, il s'agira de celles des microbes, des vers parasites ou des insectes (voir tableau p. 87).

● Par exemple, en bloquant leur division cellulaire, le traitement ionisant va réduire le nombre des microbes et tuer ceux qui rendent l'aliment toxique. Cela est particulièrement appréciable pour les viandes, crustacés, cuisses de grenouille, escargots, fraises, fruits et légumes secs, épices, aromates, plantes à infusion, etc.

● En tuant leurs cellules sexuelles l'irradiation stérilise les insectes. Et en détruisant toutes les cellules d'un parasite, elle l'élimine. Ce pouvoir est particulièrement intéressant quand on sait que de tels parasites sont à l'origine de pertes énormes dans les denrées stockées (céréales, légumes secs, dattes...). Ou que certains aliments importés sont porteurs d'insectes capables de ravager des cultures entières : rappelons le cas récent de la mouche méditerranéenne qui a dévasté le verger californien.

Pour l'ensemble des applications citées, les résultats dépendront de l'énergie absorbée par l'aliment d'une part (c'est-à-dire de la dose d'irradiation), et de la sensibilité des molécules touchées d'autre part. D'une manière générale, les doses de rayonnement nécessaires varient entre 0,1 et 50 kGy. Mais la méfiance à l'égard de ce procédé fait qu'en agro-alimentaire, on ne s'aventure pas au-delà de 10 kGy. A ces doses, la technique ne permet pas une "stérilisation", c'est-à-dire une élimination complète de tous les micro-organismes,

mais seulement une "pasteurisation", c'est-à-dire leur réduction (4). Remarquons enfin que ce procédé dispense de l'utilisation de conservateurs chimiques ou de gaz bactéricides, intérêt non négligeable pour le consommateur.

Mais le traitement de produits frais n'est pas la seule application possible de l'irradiation. Elle permet aussi d'améliorer les performances de procédés comme l'appertisation (mise en conserve) ou la congélation. De même qu'elle peut favoriser l'apparition de produits nouveaux sur le marché (en plats cuisinés ou en semi-conserves).

Les aliments mis en conserve, rappelons-le, sont aseptisés par cuisson, ce qui leur fait perdre un certain nombre de qualités nutritives. Or, l'irradiation n'élève pas la température du produit ionisé : une dose de 10 kGy ne l'élève que de 2,78 °C. Il en résulte que les qualités organoleptiques, les principes nutritifs (vitamines, protéines, lipides, glucides) et la texture de l'aliment sont respectés. Un traitement ionisant des nourritures destinées à l'appertisation permettrait donc de conserver ces produits "frais", en ayant recours à des préparatifs moins draconiens (rapide chauffage préalable).

Les produits surgelés, eux, ne sont pas atteints dans leurs principes nutritifs, mais sont conservés avec tous les microbes et les bactéries qu'ils contiennent. Au moment de la décongélation, ceux-ci, qui n'ont fait qu'"hiberner", reprennent donc leur activité et risquent de contaminer le consommateur. Un traitement par rayonnements améliorerait donc la qualité hygiénique de ces produits. De plus, nous l'avons vu précédemment, des aliments irradiés peuvent être conservés un certain temps par simple réfrigération. En Afrique du Sud, par exemple, les fraises ionisées se maintiennent 5 jours à 23 °C, 2 à 3 semaines à 10 °C et 30 jours à 4 °C ! Ce mode de conservation, outre les économies d'énergie qu'il permet, élimine les risques d'intoxication dus à la rupture de la chaîne du froid dans les circuits de distribution des aliments congelés. Rappelons qu'un rapport récent du Service de la répression des fraudes a révélé un problème grave. Dans les points de vente, 64 % des produits surgelés placés à la surface des présentoirs ouverts sont stockés dans de mauvaises conditions (température supérieure à - 18 °C).

Pour l'ensemble de ces applications, le coût d'investissement d'un irradiateur est élevé : 10 à 20 millions de francs pour une installation moyenne. Mais le coût de son exploitation est faible car, comme nous allons le voir, elle nécessite peu de personnel (les opérations étant automatisées) et consomme peu d'énergie.

Dans l'industrie, pour des raisons de commodité, les rayons γ du cobalt 60 et les électrons accélérés sont les procédés les plus utilisés. Le principe en est simple (voir dessins page 81) : une pièce entou-

(4) On a déterminé dans cette optique, pour plusieurs espèces de microbes, la dose qui permet de diviser le nombre de bactéries présentes par dix : c'est la dose de réduction décimale (D 10) spécifique de l'espèce. Pour passer d'un million à cent germes par gramme, il faudra appliquer par exemple quatre fois la dose D 10 de ce germe.

rée d'épais murs de béton (près de deux mètres d'épaisseur) assurant la protection du personnel renferme la source d'énergie et le circuit sur lequel défilent les aliments à traiter.

Une source de cobalt est constituée de plaquettes d'un millimètre d'épaisseur gainées d'inox et placées selon une certaine géométrie dans un cylindre allongé, lui-même glissé dans un second cylindre en acier inoxydable étanche. Le nombre de ces barreaux de cobalt ainsi formés déterminera la puissance de la source, qui diffuse les rayons γ dans l'espace et irradie la marchandise convoyée autour d'elle.

Un accélérateur d'électrons, comme l'accélérateur linéaire conçu et proposé par la société CGR-Mev, est un appareil composé de trois parties : une source d'électrons, une section accélératrice et un système de balayage. Les électrons produits par la source (un filament de tungstène porté à haute température) sont accélérés par une succession de champs d'ondes de haute fréquence dans la section. Le faisceau d'électrons accélérés est focalisé et balayé à la sortie de la machine sur la marchandise défilant au-dessous.



Logo d'identification de l'aliment irradié utilisé en Afrique du Sud et préconisé par la CEE.

Rayons γ et électrons accélérés, comme nous l'avons vu, ont les mêmes effets sur la matière mais ont des caractéristiques différentes. Aussi ne seront-ils pas utilisés pour les mêmes applications. Ces caractéristiques sont les suivantes :

- De par leur nature électromagnétique, les rayons γ ont un pouvoir de pénétration beaucoup plus élevé que celui des électrons, de nature corpusculaire. En effet, l'énergie des rayons γ est progressivement absorbée par la matière, en fonction de la densité de celle-ci. Ainsi, les photons du cobalt (d'énergie maximale de 1,33 Mev) sont capables d'ioniser un objet de densité d sur des épaisseurs au moins égales à 12 cm/ d , avec une homogénéité supérieure à 80 %. Les électrons, eux, sont freinés et arrêtés par la matière. Pour les électrons accélérés ayant une énergie de 10 Mev, l'épaisseur maximale traitée avec la même homogénéité de dose dans une matière de densité d est de 3,5 cm/ d . Chaque procédé a donc son créneau d'application : les rayons γ serviront de préférence à traiter les produits

conditionnés denses ou en vrac, qui sont convoyés autour de la source, parfois par palettes entières ; les faisceaux d'électrons seront employés, eux, pour le traitement de produits minces ou de faible densité, défilant sous l'accélérateur. Les aliments, de densité souvent inférieure à 1, peuvent donc être ionisés en épaisseur et même à l'intérieur d'un emballage (densité d'environ 0,15 pour le plastique ; 2,7 pour l'aluminium ; 8 pour l'acier). Cet avantage est considérable, car il permet d'assainir un produit dans son conditionnement final.

- La source de cobalt est animée par sa propre énergie et ne s'arrête donc jamais d'émettre, tandis que l'accélérateur d'électrons dépend d'un appareil branché sur le courant électrique. C'est pourquoi, pour inactiver une source de cobalt, il faut la plonger dans une profonde piscine d'eau qui absorbe l'énergie des photons. L'homme peut alors sans aucun risque pénétrer dans l'enceinte de la chambre d'ionisation. Dans le cas des électrons accélérés, pour entrer sans danger dans la chambre d'ionisation, il suffit de couper le courant. Mais cet avantage a pour corollaire que l'industriel n'est pas à l'abri d'une panne, comme pour tout appareil électrique.

- Si le problème de l'entretien et des pannes n'existe pas dans le cas du cobalt, il est par contre nécessaire de réapprovisionner périodiquement la source en barreaux, car le cobalt 60 perd 12 % de son activité chaque année (5). De plus, comme la source rayonne dans l'espace, le rendement d'irradiation (rapport de la dose reçue par l'objet traité sur la dose émise par la source) ne dépasse pas 20 à 30 %. Dans le cas d'un faisceau d'électrons balayant ce qui passe au-dessous de lui, le rendement de l'irradiation est meilleur (de l'ordre de 60 à 80 %).

- Les temps de passage varient bien sûr avec la puissance, le rendement et la géométrie de l'installation. Mais les débits de dose étant beaucoup plus faibles dans le cas des rayons γ que dans celui des électrons, le temps d'exposition à la source de cobalt est de l'ordre de l'heure, tandis que le temps de passage sous les électrons accélérés est de l'ordre de la seconde.

Le décor de l'irradiation ainsi planté et ses avantages reconnus, pourquoi les aliments irradiés sont-ils encore absents du marché ? Parce que ce procédé n'est que peu utilisé. Pourtant, depuis 30 ans les études s'accroissent sur l'irradiation des aliments, et de nombreuses garanties ont été acquises. Le comité d'experts FAO/OMS/AIEA (6) les a résumées lors d'une réunion tenue à Genève en 1980 : « L'irradiation de toute denrée alimentaire jusqu'à une dose globale moyenne de 10 kGy ne présente aucun risque toxicologique... et n'introduit pas de difficultés particulières d'ordre nutri-

(suite du texte page 86)

(5) Les noyaux radioactifs sont caractérisés par leur demi-vie, temps au bout duquel le nombre d'atomes radioactifs restants est égal à la moitié du nombre initial. Celle du cobalt est de 5,24 ans. Une source de cobalt perd donc 12 % de sa puissance chaque année.

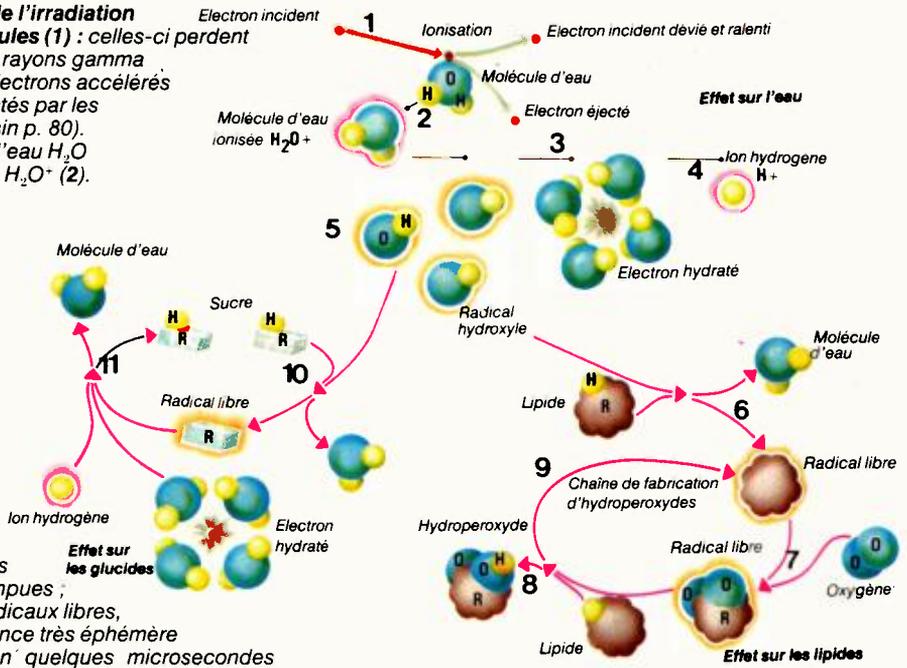
(6) FAO : Food and Agriculture Organization. OMS : Organisation mondiale de la santé. AIEA : Agence internationale de l'énergie atomique.

L'IRRADIATION TUE LES GERMES AUTANT QUE LA CUISSON, MAIS ELLE

L'effet direct et primaire de l'irradiation est l'ionisation des molécules (1) :

celles-ci perdent un électron sous l'effet des rayons gamma ou des électrons (soit les électrons accélérés de la source, soit ceux éjectés par les rayons gamma — voir dessin p. 80). Par exemple, la molécule d'eau H_2O devient la molécule ionisée H_2O^+ (2).

Cette étape physique dure très peu de temps, environ un millionième de milliardième de seconde. Les électrons éjectés (ralentis par les ionisations successives) et les ions formés réagissent ensuite chimiquement avec les molécules du milieu. Ainsi, un électron en bout de course peut s'entourer de molécules d'eau et devenir un électron hydraté (3). Des liaisons entre atomes ou groupes d'atomes qui constituent les molécules peuvent être rompues ; cette rupture donne des radicaux libres, caractérisés par une existence très éphémère car ils se recombinent en quelques microsecondes pour reformer, entre autres, la molécule initiale et réagissent en chaîne sur d'autres molécules. Ainsi la molécule d'eau ionisée H_2O^+ cède un atome d'hydrogène ionisé H^+ (4), libérant un radical libre très réactif : OH (5). Ce radical hydroxyle va modifier de façon plus ou moins étendue quelques molécules du milieu. Les molécules stables (ou produits de radiolyse) issues de la plupart des réarrangements sont en très faibles quantités et la plupart existaient déjà avant le traitement. Mais certains peuvent être indésirables. Ainsi schématiquement :



▲ **LIPIDES :** phénomènes d'oxydation ou d'hydrogénation responsables de mauvais goûts, de mauvaises odeurs ou de changements d'aspect. Les composés formés sont ceux que l'on trouve également dans les graisses chauffées.

L'effet sur les lipides. En présence d'oxygène, un radical libre OH est nocif : il réagit avec un atome d'hydrogène du lipide pour donner de l'eau et un radical lipidique libre réactif (6) qui va à son tour réagir avec l'oxygène et donner un radical oxydé réactif $R-O-O$ (7). Celui-ci va réagir avec une molécule de lipide et donner un hydroperoxyde (8) et, de nouveau, un radical libre lipidique (9). L'hydroperoxyde donne à l'aliment le mauvais goût typique du rancissement, et le radical libre rentre dans un nouveau cycle de fabrication de ces hydroperoxydes.

L'effet sur les glucides, au contraire, est anodin. Un OH réagit par exemple avec l'atome d'hydrogène d'un sucre pour donner de l'eau et un radical libre réactif R (10). Celui-ci réagit avec un électron hydraté et un atome ionisé H^+ du milieu pour reconstituer une molécule de sucre (11).

L'effet sur les protéines est également anodin aux doses utilisées dans le traitement des aliments. Les éventuelles modifications organoleptiques sont minimisées par des traitements complémentaires (trempage rapide dans de l'eau chaude, par exemple).

■ **GLUCIDES :** pas de changement significatif. Aucun produit caractéristique du traitement n'apparaît. Les grandes molécules (amidon...) sont divisées sans changer de nature.

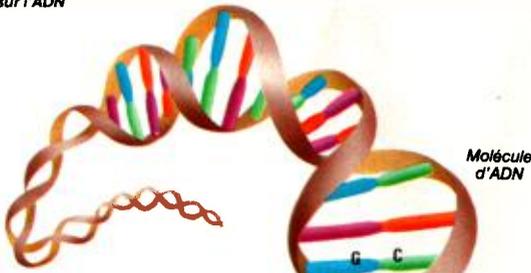
● **PROTÉINES :** pas de changement significatif dû à l'irradiation.



Le dessin ci-dessus schématise l'influence de l'irradiation sur les constituants majeurs des aliments : glucides, lipides, protéines. Les vitamines et les éléments minéraux sont plus ou moins sensibles mais, étant présents en faible quantité dans l'aliment, il sont protégés par les constituants majeurs qui sont les plus touchés. Seuls les corps très gras et riches en eau (produits laitiers) se prêtent mal à l'irradiation sauf s'ils sont préalablement congelés. Ainsi, les conditions de l'irradiation doivent être définies pour chaque aliment traité.

ALTÈRE MOINS LES ALIMENTS

Effet sur l'ADN



Effet sur les parasites

17



Absence de pourriture

(1 krad = 1000 rad = 10 Gy, unités de dose d'irradiation)

12

Cassure des deux brins

Pontage entre deux bases

13

14

Hydratation Déformation

Effet sur l'aliment

16



Maturation retardée

Molécule d'ADN

Molécule d'ADN

Dessins C. Barrué — Photos Ital

L'effet sur l'ADN est dû pour 70 % à ces OH provenant de la radiolyse de l'eau et pour 30 % à l'ionisation directe de la molécule d'ADN. Il est beaucoup plus important car il limite ses capacités de reproduction et perpétue des erreurs qui à court terme, entraînent la mort des cellules. Ainsi il apparaît des lésions de l'un ou des deux brins de la molécule (12) ; des pontages anormaux entre les bases (A, C, T, G, pour adénine, cytosine, thymine et guanine) qui sont ordonnées le long des brins (13) et constituent les "mots" du code génétique ; des boursoflures dues par exemple à l'hydratation d'une base (14)... Ces déformations annulent la complémentarité des bases qui se font face (A-T ; G-C)

et bloquent le mécanisme de reproduction de la molécule (15). Ce désordre introduit dans la cellule et cet arrêt de la prolifération cellulaire entraînent, pour l'aliment, l'arrêt de la germination ou le ralentissement de son évolution (16), et, pour les contaminants de cet aliment (microbes, œufs, larves et insectes adultes...), la stérilité et la mort (17).

L'ADN étant la cible la plus fragile, le premier effet de l'irradiation sera donc de détruire les organismes vivants parasitant l'aliment. Pour la composition nutritionnelle de la nourriture, les changements dépendent de la dose d'irradiation, de la température, de la présence d'eau et d'oxygène libres dans les cellules.

tionnel ou biologique. » Les tests toxicologiques ne devraient donc plus être nécessaires pour les traitements inférieurs à 10 kGy. C'est le cas depuis juillet dernier au Canada et depuis avril 1982 en France, où l'on n'exige plus à ces doses que des dossiers d'"efficacité", justifiant l'utilité du procédé et démontrant que les qualités de l'aliment sont intactes.

Aux Etats-Unis, la sévère Food and Drug Administration (FDA) a publié en mars 1981 une proposition de loi pour accorder : l'autorisation générale pour le traitement de tout produit jusqu'à 1 kGy (dose suffisante pour empêcher la germination des oignons et des pommes de terre et l'infestation par les insectes par exemple) ; l'autorisation jusqu'à 50 kGy si le produit entre pour moins de 0,01 % dans la ration quotidienne ; des procédures simplifiées pour les traitements compris entre 1 et 10 kGy, doses couvrant la majorité des applications alimentaires. La loi définitive devrait paraître au plus tard en 1984.

En juillet dernier, la commission du Codex Alimentarius, qui fait autorité en matière d'échanges commerciaux internationaux, a finalement adopté, après six ans de consultations, une "Norme générale internationale pour les aliments irradiés", accompagnée du code d'usages pour l'exploitation des installations de traitement. Cette décision, et d'autres au niveau de chaque nation, devrait donc accélérer la mise en application du procédé dans de nombreux pays.

Car, entre 1958 et 1981, les autorisations de traitement ont été délivrées au compte-goutte dans 24 pays pour 40 produits alimentaires. Mais sur 150 irradiateurs qui doivent exister à ce jour dans le monde, 10 seulement sont strictement tournés vers l'agro-alimentaire, c'est-à-dire équipés pour les faibles doses. Ils se trouvent au Japon, en Hollande, en Belgique, en Allemagne de l'Est, en Afrique du Sud, en Australie, en Amérique du Nord... En France, deux installations fonctionnent. L'une, Conservatome, est équipée depuis 1962 de sources de cobalt 60, d'une capacité de 3 millions de curies (en trois sources) et d'une puissance actuelle de 1,5 million de curies (7). L'autre, SODETEG-Caric (Centre d'applications des rayonnements ionisants de Corbeville), est équipée depuis 1966 d'un accélérateur linéaire d'électrons de la société CGR-Mev, d'une puissance de 7,5 kW. Mais dans les deux cas, on s'occupe surtout de la stérilisation des produits médicaux, pharmaceutiques et cosmétiques, et du traitement des matières plastiques.

Les industriels et les consommateurs français ne seraient-ils donc pas convaincus de l'intérêt de l'irradiation dans le domaine agro-alimentaire ? Jusqu'à l'année dernière, pas vraiment. Mais aujourd'hui, ils semblent plus attentifs, les uns encouragés par les exemples étrangers, les autres rassurés par leurs organisations qui sont prêtes à essayer, moyennant transparence de l'information. En

France, de par le décret de 1970, toute ionisation de produit agro-alimentaire qui n'est pas expressément autorisée est interdite. Les autorisations accordées, au nombre de trois pour les aliments à consommation humaine, ont été demandées, non par les industriels concernés, mais par Conservatome (8). Autant dire que l'utilité publique de la chose semble alors suspecte, le prestataire de service ayant un intérêt direct à trouver de nouveaux marchés.

Les deux premières autorisations, accordées en 1972 pour les pommes de terre et en 1977 pour les oignons, aulx et échalottes, ont peu servi. Dans les deux cas, il s'agit de traitement à très faible dose (jusqu'à 0,15 kGy) pour empêcher la germination au cours du stockage. Or, pour la pomme de terre, un traitement chimique à base d'IPC (isopropyl-N-phényl carbamate) est autorisé en France comme dans de nombreux autres pays. Son coût d'application est très bas, et l'ionisation n'est compétitive que si la pomme de terre est fortement valorisée ou que le traitement à l'IPC n'est pas efficace, comme en zone méditerranéenne où la température est élevée. C'est le cas au Japon, où la coopérative agricole de Shihoro a créé la première installation industrielle à des fins alimentaires en 1973, et y traite 30 000 tonnes de pommes de terre par an, ce qui permet d'étaler la durée de fonctionnement des unités de transformation adjacentes. Car, pour qu'une installation d'irradiation soit rentable, il faut qu'elle tourne au maximum pendant l'année, exigence difficile à remplir avec des produits agricoles saisonniers. Quant à l'oignon, le traitement chimique à l'hydrazide maléique, qui inhibe sa germination, est interdit en France à cause de ses potentialités cancérigènes. Mais l'usine de Conservatome n'a pourtant traité que 200 tonnes d'oignons par ionisation, malgré l'autorisation dont elle dispose. Les oignons que nous importons (la moitié de notre consommation) sont donc certainement plus souvent ionisés que ceux que nous produisons, et nous les préférons peut-être parce qu'ils ne germent pas dans notre cuisine...

La troisième autorisation concerne le traitement des épices et aromates (à une dose maximale de 11 kGy), en vue de leur décontamination microbienne. Elle a été accordée en février 1983 pour une demande déposée en... 1978 ! Elle devenait pourtant urgente. Ces produits sont en majorité importés et sont très contaminés. La Norvège, qui était contre les traitements ionisants, en est devenu un ardent défenseur à la suite notamment d'intoxications en restauration collective avec du poivre du Brésil. Pour débactériser les épices (comme de nombreux autres produits), l'alternative est d'employer l'oxyde d'éthylène dans des chambres de fumigation. La technique n'est pas aisée, les résultats aléatoires et, surtout, le gaz est toxique et peut laisser des résidus ou réagir avec la matière et former des produits indésirables, type chlorhydrines (pour cette raison, on ne peut pas l'appliquer au curry). Dans d'autres cas, ce sont des changements de cou-

(7) L'activité d'une source radioactive se mesure en becquerels (Bq). Un Bq correspond à une désintégration nucléaire par seconde. Mais on emploie encore beaucoup le curie (Ci). 1 Ci = 3,7 10¹⁰ Bq. L'activité d'un barreau peut atteindre 10 000 Ci.

(8) Il existe aussi une autorisation d'irradiation des aliments composés pour animaux de laboratoire, délivrée en 1975.

L'IRRADIATION : QUELS PRODUITS, ET À QUELLES DOSES ?

ALIMENTS		OBJECTIF DU TRAITEMENT	DOSE APPLIQUÉE kGy (*)	AUTORISATION
CATÉGORIE	EXEMPLES			
Bulbes, tubercules	Pomme de terre, igname, oignon, ail, échalotte...	<ul style="list-style-type: none"> Empêcher la germination pendant le stockage. 	0,05-0,15	Délivrée dans plus de vingt pays et appliquée surtout au Japon, en Italie et en Hongrie.
Viandes	Porc, bœuf...	<ul style="list-style-type: none"> Éliminer les vers parasites (trichines, ténias). 	0,10-0,30	Envisagée aux Etats-Unis.
Céréales,	Blé, riz... Farine de blé, de riz...	<ul style="list-style-type: none"> Steriliser les insectes pour empêcher leur prolifération. 	0,20-0,40	Pour les céréales : délivrées aux Etats-Unis, Canada, Pays-Bas, URSS, Bulgarie.
Fruits secs et légumes secs	Dattes, châtaignes, noix, noisettes, abricots, pruneaux, raisins secs, bananes séchées... Lentilles, haricots secs, fèves, pois, niébé...	<ul style="list-style-type: none"> Désinfecter en tuant toutes les formes d'insectes (œufs, larves, adultes). Remplacer les traitements chimiques type bromure de méthyle. 	0,40-1	Pour les fruits secs et légumes secs : délivrée en Afrique du Sud, URSS, Bulgarie, Pays-Bas. Envisagée aux Etats-Unis, au Canada, en France.
Fruits frais et légumes frais (*)	Fraises et autres fruits rouges, bananes, avocats, mangues, papayes, goyaves. Endives, champignons, asperges, tomates, légumes découpés, préemballés, pommes de terre pelées, frites...	<ul style="list-style-type: none"> Allonger la durée de conservation : en retardant la croissance ou la maturation, par réduction de l'activité enzymatique ; ou en tuant certains microorganismes (levures, moisissures...) responsables de la dégradation biologique (pourriture...). Remplacer les traitements chimiques type dibromoéthane. 	0,7-2,5	Délivrée dans une dizaine de pays et appliquée surtout en Afrique du Sud, Israël, Belgique, Pays-Bas, Hongrie, Tchécoslovaquie. Envisagée aux Etats-Unis pour les traitements de quarantaine sur produits importés et exportés.
Viandes, poissons, crustacés, mollusques (frais ou congelés)	Viandes découpées, poulets, filets de poisson, crevettes, cuisses de grenouilles, escargots.	<ul style="list-style-type: none"> Allonger la durée de conservation en diminuant le nombre total de microorganismes, bactéries comprises, responsables de la dégradation biologique. (= "radurisation", équivalent à une pasteurisation). Tuer les microorganismes (*) toxiques (ex. : salmonelle), sauf virus et spores de bactéries résistants. (= "radicidation"). 	0,8-3,5 2-4	Délivrée en Australie, Afrique du Sud, Pays-Bas, Israël, Canada, URSS. Envisagée aux Etats-Unis, en France.
Charcuterie	Jambon sous cellophane, semi-conserves.	<ul style="list-style-type: none"> Tuer les bactéries toxiques sporulées <i>Clostridium botulinum</i> dont certaines souches libèrent une toxine mortelle. Remplacer une partie des nitrites employés à cet effet. 	5-10	Envisagée aux Etats-Unis, en Bulgarie.
Ingédients, additifs, matières premières pour l'industrie agroalimentaire	Epices et aromates, légumes déshydratés, gommes, amidon, gélatine, colorants, produits à base d'œufs, enzymes.	<ul style="list-style-type: none"> Améliorer la propreté hygiénique par radurisation pour diminuer les risques de contamination microbienne. Remplacer les traitements chimiques type oxyde d'éthylène. 	5-10	Délivrée dans de nombreux pays, dont France, Belgique, Pays-Bas, Etats-Unis, Hongrie.
Tous produits	Emballages alimentaires pour jus de fruits, lait, vin etc. Repas congelés pour malades, cosmonautes.	<ul style="list-style-type: none"> Sterilisation permettant un stockage à long terme à température ambiante ("radappertisation") 	10-50	Délivrée aux Pays-Bas, Etats-Unis, France, Allemagne de l'Ouest, Angleterre.
Tous produits	Aucun en agroalimentaire	<ul style="list-style-type: none"> Inhiber les virus et les enzymes responsables de la dégradation biochimiques des aliments (sénescence) 	plus de 50	Nulle part. Cette information est destinée à montrer qu'aux doses autorisées, on ne bloque pas dans un aliment irradié les réactions enzymatiques qui caractérisent un produit cru.

(1) kGy = kilogray = 1 000 grays. Le gray correspond à l'absorption d'une énergie d'un joule par kilogramme de matière traitée.

(2) Irradiation souvent associée à d'autres traitements : trempage rapide dans une eau à 50 °C, atmosphère contrôlée, réfrigération.

(3) Les microorganismes résistent plus ou moins aux rayons ionisants. Cette résistance, variable avec le substrat où se trouvent les germes, est exprimée par la valeur de la dose de réduction décimale, D10 : c'est la dose qui divise le nombre de microorganismes de l'espèce considérée par 10. Voici les valeurs de la D10 pour quelques espèces de bactéries polluant les aliments : *Pseudomonas* : 0,1-0,2 ; *Escherichia coli* : 0,12-0,45 ; *Salmonelles* : 0,2-0,5 ; *Streptococcus faecalis* : 0,5-1 ; *Clostridium botulinum* : 1,5-2,5 ; en bleu : limite en dessous de laquelle des experts internationaux ont conclu en 1980 qu'il n'existait aucun risque toxicologique.

leur qui interdisent son emploi (curcuma, paprika...). Toutefois, les microbes étant plus dangereux que les résidus à dose infime, surtout pour l'industrie de transformation (fromages aux herbes, charcuterie, plats cuisinés, etc...), on attendait d'avoir une alternative pour interdire l'oxyde d'éthylène. Puisque cette alternative, l'ionisation,

est maintenant effective dans plusieurs pays, l'interdiction de l'oxyde d'éthylène ne devrait donc logiquement pas tarder.

A moins que le consommateur ne boycotte les produits irradiés. Cela n'a pas été le cas au Canada, où les associations de consommateurs ont pris en charge l'information du public, ni en Afrique du

(suite du texte page 171)

ALIMENTS IRRADIÉS

(suite du texte page 87)

Sud, où l'ionisation est mentionnée par un label de qualité "Radura" et la garantie "approuvé par le ministère de la Santé" ! Mais en France ? Un auteur très connu, dans un livre intitulé *Ces plantes qu'on assassine*, n'a-t-il pas pris parti contre l'ionisation ? Cet avis, personnel et irrationnel selon ses propres aveux, a été démenti par les résultats d'analyse : les huiles essentielles de plantes irradiées (thym, menthe, sauge...) à des doses de 10 et 25 kGy ne diffèrent pas de celles des plantes témoins. Et que dire des volailles, poissons congelés, produits à base d'œufs ! Le consommateur préférera-t-il les produits contaminés par les salmonelles animales ? Ces bactéries, appartenant à une large famille, sont stockées dans la vésicule biliaire, transmises par les excréments et sont de plus en plus fréquentes, du fait de l'élevage industriel. Or, une bactérie peut donner en 12 heures dix-sept millions de descendants ! A partir d'un seul aliment infesté dans une cuisine, l'homme a donc tôt fait de contaminer plusieurs préparations culinaires, et d'être atteint, en les consommant, de douleur abdominale, de diarrhée, de forte fièvre, sans nommer les complications graves !

L'ionisation de ces produits d'origine animale est déjà autorisée en Israël, aux Pays-Bas, en Afrique du Sud, en URSS... Au Canada, un essai porte actuellement sur 50 000 tonnes de volailles, moitié pour l'industrie, moitié pour les consommateurs, qui pourront juger eux-mêmes de la différence. Le traitement à 2-3 kGy permet de passer d'une semaine à trois semaines de conservation. Le ministère de la Pêche a également entrepris de donner à comparer du poisson frais et du poisson ionisé à un panel de 600 familles. Les tests ont en effet montré que l'ionisation à 0,8-1 kGy ajoutait une semaine à la durée de conservation du poisson frais. De quoi révolutionner les habitudes puisque, au Canada, 95 % du poisson sont consommés congelés.

Le consommateur réticent devrait savoir également que les céréales, les légumes et les fruits secs sont actuellement désinsectisés avec des poudres ou des gaz chimiques ; qu'en France, le bromure de méthyl est non pas autorisé mais "toléré" depuis... 1959 ; qu'aux Etats-Unis, on a interdit en juillet dernier l'emploi du dibromoéthane, utilisé pour l'assainissement des produits végétaux importés (traitements de quarantaine), pour le remplacer par un traitement ionisant ; que ce traitement est également envisagé pour réduire la quantité de nitrites employés comme additif en charcuterie, car ils peuvent donner, à la cuisson ou dans notre organisme, des nitrosamines à potentialité cancérigène⁽⁹⁾. Entre deux maux, le pire n'est donc pas forcément celui qu'on croit !

Pour toutes ces raisons, bien que ni l'Etat (le mi-

nistère de la Santé ou celui de l'Agriculture), ni les consommateurs ne les y obligent, les industriels français commencent à s'intéresser au procédé. Devant les exigences moindres du Conseil supérieur d'hygiène publique, qui juge les dossiers, ils espèrent donc ne plus attendre cinq ans les autorisations demandées ! Il faut dire qu'en France, contrairement à la Hollande, où l'Etat a été partie prenante dès le début pour promouvoir la technique, un cercle vicieux s'est instauré. Les ministères concernés (Consommation, Agriculture, Santé, Recherche et Industrie, Economie et Finances) sont officiellement favorables au procédé, mais n'encourage pas la délivrance d'autorisations, faute de l'existence d'un outil industriel approprié. De là, les industriels renvoient la balle et disent qu'ils ne sont pas prêts à investir tant qu'ils ne sont pas sûrs d'avoir les autorisations et l'agrément de l'opinion publique.

Pourtant, depuis la promesse, l'année dernière, d'accélérer l'étude des dossiers, six demandes d'autorisation ont été déposées par des industriels : pour les oignons, aux et échalottes pour le traitement par électrons (car les précédentes autorisations n'avaient été accordées à Conservatome que pour les rayons γ) ; pour les mélanges de céréales destinés aux produits laitiers ; la gomme arabique ; les fruits et légumes déshydratés ; la poudre de sang et de plasma sanguin utilisés en charcuterie ; les viandes séparées mécaniquement. De plus, des dossiers sur le traitement des blancs d'œuf et des fruits et légumes secs seront déposés avant la fin de cette année.

Le développement à l'étranger d'installations à vocation spécifiquement agro-alimentaire depuis deux ans a aussi contribué à stimuler les industriels français. Pour ne citer que l'exemple des Pays-Bas, l'autorisation d'ioniser est accordée actuellement pour 25³ produits. Ainsi, 40 à 70 tonnes de produits alimentaires sont traités chaque semaine à l'usine de Gammaster, à Ede (épices, fruits et légumes secs, riz, crevettes congelées, emballages alimentaires...). D'extérieur, c'est un bâtiment d'allure très nette, sans cheminées fumantes, qui pourrait n'abriter que des bureaux et un entrepôt. Et pourtant, à l'intérieur, une source de cobalt d'une capacité maximum d'un million de curies stérilise depuis 1971 du matériel médical et pharmaceutique, et une autre unité dont la capacité maximale est de 3 MCi fonctionne depuis septembre 1982. Equipée d'un système de convoyage par palettes entières autour de la source, cette seconde unité a été spécialement conçue pour les traitements à faibles doses que l'on applique en agro-alimentaire.

Cette usine est située à quelques kilomètres de Wageningen, où une unité-pilote de démonstration fonctionne depuis 1967. A cette époque déjà, une commission pluridisciplinaire fut constituée pour conseiller le ministère de la Santé et juger les demandes d'autorisation. L'unité-pilote est aujourd'hui mise au service de l'IFFIT (International Facility for Food Irradiation Technology), un organisme de coopération internationale pour l'étude de cette technologie. On y expérimente les combinaisons de procédés (chaleur, réfrigération,

(9) Ces nitrites sont actuellement nécessaires pour développer le goût et la couleur rose des salaisons et surtout pour tuer les *Clostridium botulinum*. Car certaines souches de ces bactéries libèrent une toxine des plus dangereuses qui soient : un milliardième de gramme peut entraîner la mort après atteinte du système nerveux.

ALIMENTS IRRADIÉS

(suite du texte page 171)

irradiation...). Par exemple, il a été démontré qu'une irradiation à 0,75 kGy sur des mangues d'Afrique du Sud chauffées 5 minutes à 55 °C les empêche de pourrir, retarde leur maturation et tue les insectes parasites (des expériences similaires sont faites sur les avocats, les asperges, les tomates, les champignons...).

Il n'y a pas d'exemple de cette étroite collaboration entre la recherche, l'Etat et l'industrie en France. Le projet collectif le plus avancé est la construction dans le Sud-Est d'un atelier industriel d'ionisation sur le modèle de celui de Gammaster, avec une source de cobalt d'une puissance minimum de 500 000 Ci, justifiée par l'activité régionale (ports d'importation, négoce des épices, etc...). Un atelier expérimental permettrait par ailleurs d'élargir les applications et d'acquérir le savoir-faire indispensable pour traiter les produits frais. Une association, Apional, se charge de faire aboutir le projet et de trouver le financement, de l'ordre de 30 millions de francs.

D'autres projets sont étudiés. La société Caric, par exemple, a des programmes d'expérimentation sur la châtaigne, les noix, les pruneaux, les champignons, les asperges, les fraises, les cerises, les endives et les tomates, en collaboration avec le Centre technique des fruits et légumes (CTIFL) ; sur les frites, les légumes découpés, les viandes, le pain de mie avec différentes sociétés ; sur les avocats, les citrons verts, les cuisses de grenouilles avec différents importateurs, et également sur les fleurs.

La société Iranex, qui traite près du tiers du marché mondial de la gomme arabique (utilisée en industrie alimentaire comme support d'arôme), précise que l'irradiation lui serait nécessaire pour avoir une contamination bactérienne inférieure à 500 germes totaux par gramme, spécification exigée par une clientèle de plus en plus sévère. De plus, grâce à la pénétration des rayons γ , la gomme peut être traitée dans son conditionnement final en sacs de 50 kg. Enfin, l'autorisation du traitement en Belgique crée des conditions de concurrence qui font du tort au marché français.

La société Guyomarc'h, spécialisée dans la volaille, évalue actuellement l'intérêt d'investir dans une installation d'ionisation par électrons pour assainir les viandes congelées, destinées aux industries de transformation agro-alimentaire (généralement broyées, ces viandes sont très sensibles à la contamination par les salmonelles).

La société Jacquet évoque les problèmes inhérents à la conservation du pain de mie. Le seul conservateur autorisé actuellement est le propionate de calcium. Mais, outre que cet antifongique n'est pas efficace à 100 %, il bloque également les levures qui font lever la pâte, ce qui oblige l'industriel à en employer plus. Et pour les pains stérilisés de très longue conservation, la température de cuisson n'élimine pas une bactérie, le *Bacillus subtilis*, res-

ponsable du pain "filant", qui colle lorsqu'on le coupe. L'irradiation résoudrait ces problèmes, mais l'amortissement d'une installation à électrons, si on ne compte que l'économie permise en levures et en conservateur, est évaluée à huit ans. Le jeu en vaut-il la chandelle ? En d'autres termes, la "nouveau" du produit assurera-t-elle la rentabilité de l'investissement ?

C'est pour répondre à ce genre d'interrogations et faire connaître la technique que l'Association pour la promotion industrie-agriculture (APRIA) a créé, avec l'appui scientifique du CEA, un "Club des traitements ionisants". Celui-ci réunit 17 sociétés membres, dont Bonduelle, BSN-Gervais-Danone, Gatineau industries, Olida, William Saurin, Socopa, ... et, bien sûr, les vendeurs d'installations (CGR-Mev et Conservatome).

De même, un peu partout dans le monde, les sessions d'information succèdent aux meetings internationaux pour tenter de résoudre deux problèmes importants : l'étiquetage et le contrôle des produits.

Pour l'étiquetage, l'Afrique du Sud, par exemple, a adopté l'emblème de l'institut hollandais ITAL (Institute for Atomic Sciences in Agriculture) pour son label de qualité. Ce symbole pourrait se généraliser. Mais, en attendant, la législation française impose que la nature du traitement soit mentionnée explicitement. Mais aucun consommateur n'a encore vu la mention "irradié" ou "ionisé" sur un paquet d'épices ou d'oignons, car les premiers produits pour lesquels l'irradiation s'impose sont les matières premières pour l'industrie agro-alimentaire. Si étiquette il y a, elle entre donc dans l'usine de transformation mais n'en ressort pas.

C'est d'ailleurs sans doute pour ne pas effaroucher le client qu'aucun produit de consommation directe n'est encore ionisé... en France tout au moins. Car la valse des étiquettes est plus facile au passage des frontières, et les installations belges ou hollandaises, mieux adaptées pour traiter les produits alimentaires, ont des prix plus compétitifs qu'en France (moins d'un franc par kilo d'épices à Gammaster).

Quant au contrôle, il est difficile puisque, nous l'avons vu plus haut, il n'y a pas de produits spécifiques décelables résultant de l'irradiation. Tout au plus un aliment pourrait-il se distinguer en étant trop "pur" pour être honnête (c'est-à-dire non traité), comme certains lots de crustacés importés. Mais un tel critère est bien léger, et un contrôle sérieux ne pourrait s'exercer que sur les lieux de l'installation irradiante, et non sur les produits traités.

En tout état de cause, l'ensemble des projets relatifs à l'irradiation, de même que cette "agitation" concernant la diffusion des produits irradiés, attestent de l'intérêt, économique et pratique, que les industriels portent à ce procédé. Dédaigné durant une dizaine d'années, il pourrait donc bientôt avoir "pignon sur rue", au même titre que la congélation ou la mise en conserves.

Marie-Laure MOINET ■