

MICROFICHE ETABLIE A PARTIR DE  
L'UNITE DOCUMENTAIRE  
N

جديدة منجزة حسب الوثيقة  
رقم:

92 0280

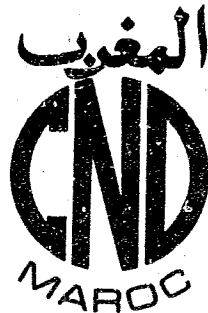
ROYAUME DU MAROC

المملكة المغربية

المركز الوطني للتوثيق  
CENTRE NATIONAL DE DOCUMENTATION

SERVICE DE REPROGRAPHIE  
ET IMPRIMERIE

B.P 826 RABAT



مصلحة الطباعة والتصوير  
ص.ب 826 الرباط

F

1

**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)**

المكتبة المركزية  
 جامعة البوادي للتحقيق  
 مدينة البوادي والاسكندرية  
 تاريخ: 02-02-90  
 99.10.6  
 0280

## **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, béta, 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:

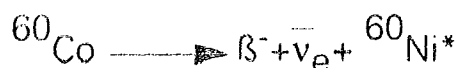


Les énergies cinétiques des rayons  $\alpha$  sont comprises entre 2 et 8 MeV et correspondent à des vitesses d'environ 15000 à 30000 km/s. Du fait de leur masse et de leur grande énergie, la longueur de leur parcours moyen est très faible: quelques centimètres dans l'air ( $R = 3,5\text{cm}$  pour des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

### 2 - Rayonnement $\beta^-$

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

Exemple:

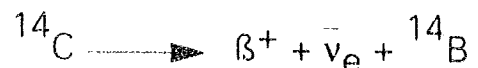


Suivant les radionuclides les énergies cinétiques des particules sont comprises entre 18 keV et 3 MeV, ce qui correspond à des vitesses proches de celle de la lumière ( $c = 300000\text{ Km/s}$ ). En tant que particules chargées légères, leur absorption dans la matière donne lieu à l'émission de rayonnement 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 $\beta^+$

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

Exemple:



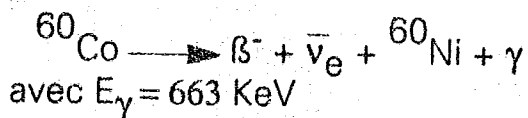
Les phénomènes observés pour les particules sont identiques à ceux cités pour les particules  $\beta^-$ , sauf qu'on peut avoir des phéno-

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 ( $\gamma$ ) dont l'énergie est comprise entre 10 KeV et 10MeV.

Exemple:



Par rapport aux particules  $\alpha$  et  $\beta$  les rayonnements  $\gamma$  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 photoélectrique:

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:

$$T = E_\gamma - \beta_l$$

$\beta_l$  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  $\sigma_c$  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 disparaître 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 créé 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  $\sigma_p$ .

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/cm<sup>3</sup> 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.

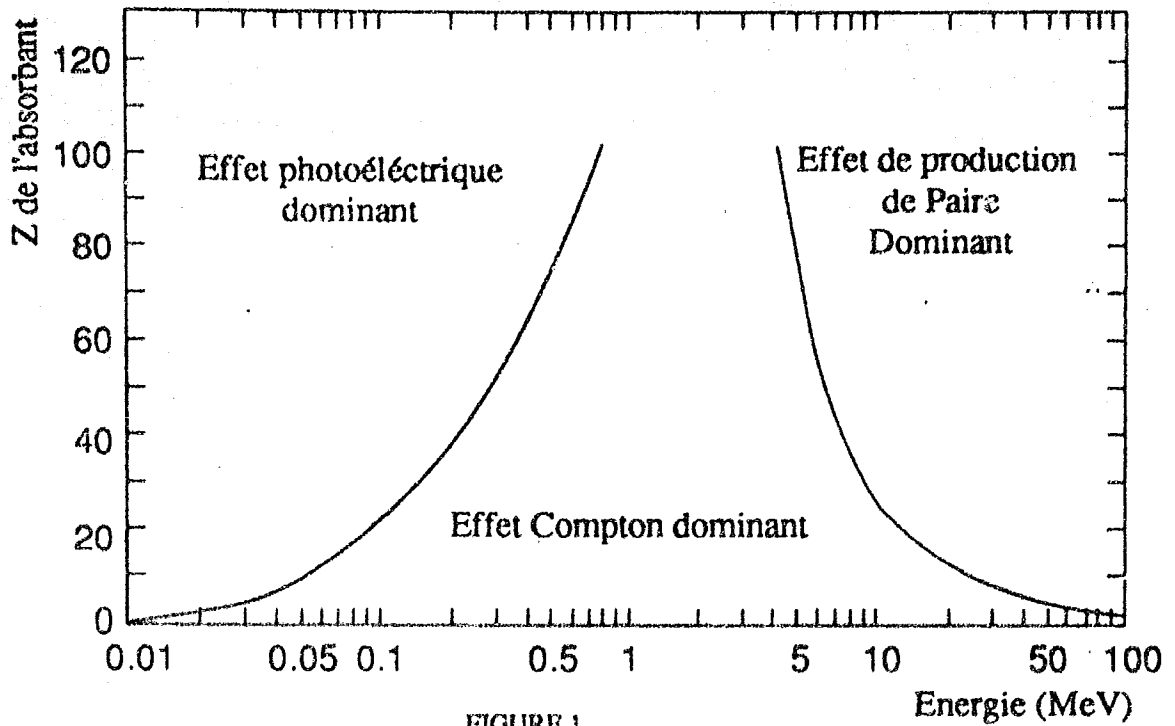


FIGURE 1

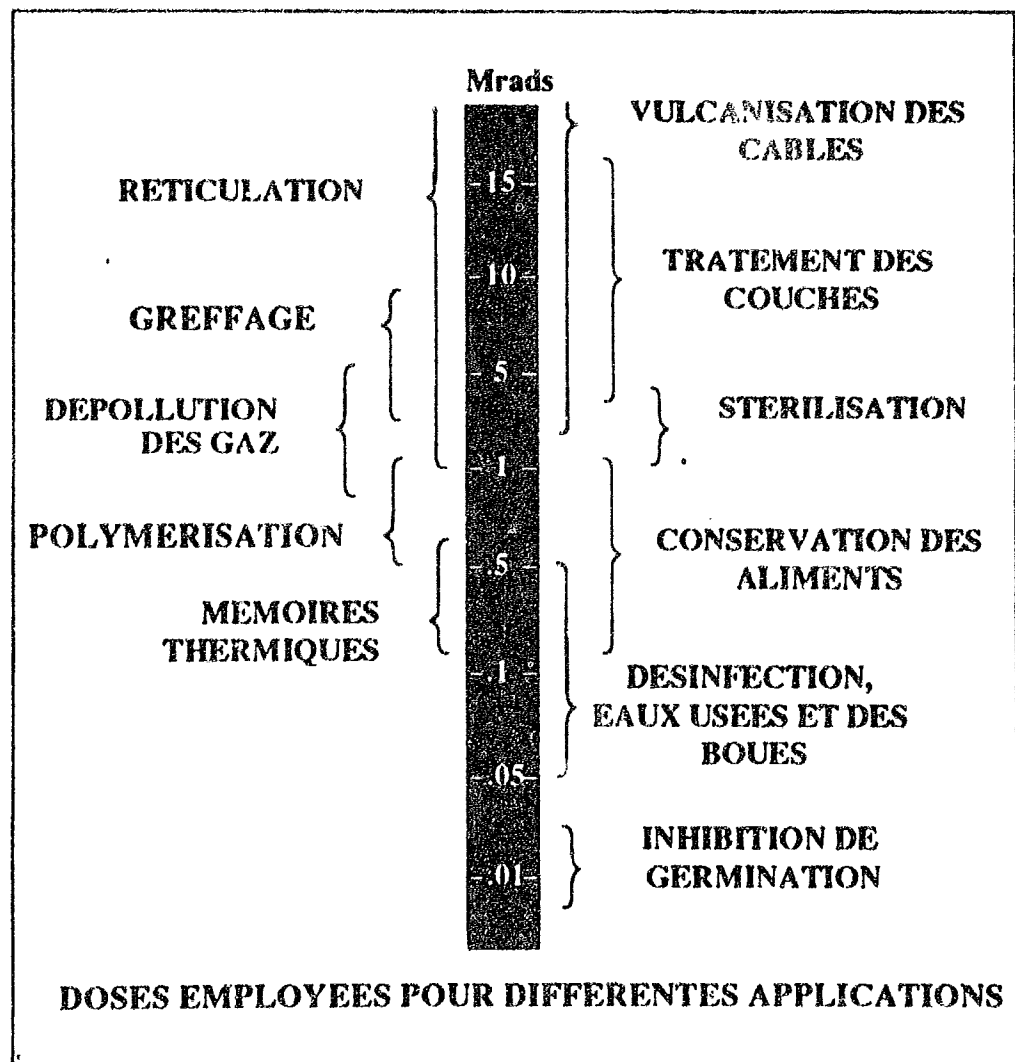


FIGURE 2

# SOURCES DE RAYONNEMENTS IONISANTS UTILISES POUR LE TRAITEMENT DES ALIMENTS

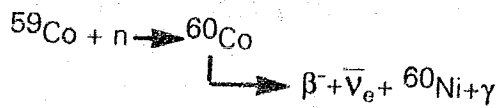
L'action des rayonnements sur les aliments conduit à une ionisation des molécules et à la formation de radicaux. Les produits de radiolyse formés sont semblables à ceux qui résultent des traitements classiques utilisant la chaleur.

Les sources de rayonnements ionisantes 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 :

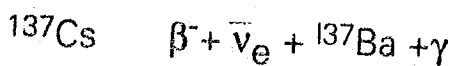
Les radio isotopes utilisés en pratique sont:

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



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

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



L'énergie du  $\gamma$  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-



ceaux 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 différents 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	$^{60}\text{Co}$ (72,2 %) $^{137}\text{Cs}$ (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 c'a rayons (le Cobalt 60 perd 12 % de son activité chaque année)	entretien des accélérations	entretien des accélérations



3

009 9 / EN 009 0 / ES 009 9 / FR

Code de langue des descripteurs (cocher obligatoirement celui qui convient)

	Etiquette	Données (à dactylographier)
Descripteurs AROVOC pour l'index restés dans Agrindex	800	IONISATION...; ENERGIE NUCLEAIRE ; CARACTERIS- (PRIMAIRE) TIVE DU MATERIEL ; PRODUIT ALIMENTAIRE
Autres descripteurs AROVOC		(Séparer les descripteurs par un point virgule (;) et un espace. Faire précéder les propositions de nouveaux descripteurs par un point d'interrogation (?))  /  (laisser un espace après la barre oblique (/))
Commentaires sur les descripteurs existants ou proposés	810	

4

009 9 /

Code de langue des termes d'indexation

Termes d'indexation du vocabulaire local	820	

5

009 X / FR

Code de langue du résumé

Langue du résumé en clair	850	
Résumé	860	Exposé présentant; la définition du phénomène d'ionisation, la classification des rayonnements ionisants ; l'explication de l'interaction des photons avec la matière, et enfin la citation des sources de rayonnement ionisants utilisés pour le traitement des aliments.

المسئولة الرئيسية  
 مدير زوايا  
 92-10-6 - 92-0280  
 23-13

**FIN**

النهاية

**12**

مشاهد

**VUES**