

REBUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID – TLEMCEM



FACULTE DES SCIENCES  
DEPARTEMENT DE CHIMIE



de recherche spectrochimie et pharmacologie structurale

## Présentation

*En vue de l'obtention du*

**Diplôme de Master**

*Spécialité: Chimie*

*Option: Chimie physique et analytique*

Présenté par :

**BOURADA Saad**

**Evaluation de la concentration de l'activité  
naturelle des céréales du blé et de l'orge  
importés par spectrométrie gamma**

Soutenu Le 21/Juin/2015

Membres de Jury :

**Président : Mr. MEKELLECHE S. M.**

**Professeur**

**Examineur : Mr. DAHMANI.B.**

**Professeur**

**Encadreur : Mr. KADUM A.**

**Professeur**

***Année Universitaire 2016/2017***

## Sommaire :

Introduction.....	1
<b>CHAPITRE I : LA RADIOACTIVITÉ NATURELLE</b>	
I -1Matières radioactives naturelles (NORM).....	4
1 -2 Radionucléides Primordiaux.....	4
1 -3 NORM terrestre .....	5
I -4 NORM cosmogoniques .....	6
I -5 Radionucléides dans la sol .....	6
I -6 Phosphates et la production d'engrais .....	7
I -7- Concentration des radionucléides naturels dans le blé.....	8
I -8 Radionucléides dans le nourriture .....	8
I- 9 Les effets du rayonnement.....	9
I-9-1 Effets somatiques .....	9
I - 9-2 Effets génétiques.....	9
<b>CHAPITRE II : LE RAYONNEMENT GAMMA</b>	
II -1 Définition.....	11
II -2 Les sources de rayonnement gamma.....	11
II -3 Types de désintégration radioactive.....	12
II-3-1 Désintégration de Particule alpha ${}^4_2\alpha$ .....	12
II-3-2 Désintégration de Particule Beta ${}^{-1}_0\beta$ .....	13
II-3-3Désintégration de Particule Gamma $\gamma$ .....	14
II-7 Interaction des rayons Gamma avec la matière .....	15
II-7 -1 Effet photoélectrique.....	15
II-7 -2 Dispersion Compton .....	15
II-7 -3 Production de paires Positron-Electro .....	17
<b>CHAPITRE III : DETECTEUR DES RAYONS GAMMA</b>	
III-1 Détection d'un rayonnement gamma .....	19
III-1- 1 Spectrométrie Gamma .....	19

III-1 -2 L'organigramme du matériaux de scintillation .....	19
III-1 -3 Détecteurs à scintillation.....	20
III-2-1 Photomultiplicateurs.....	20
III-3 NaI (Tl) des détecteurs à scintillation .....	21
III-3-1 Le principe de fonctionnement de détecteur NaI(Tl).....	22
III-4 La spectroscopie génie 2000.....	23
III-5 L'analyse des spectres Gamma .....	23
<b>CHAPITRE IV : METHODOLOGIE ET CALCULS</b>	
IV-1 Prélèvement et préparation d'échantillon.....	26
IV.1.2. La préparation et l'analyse des échantillons .....	26
IV.1.2.1.	
l'analyse .....	26
IV-2 Efficacité de NaI détecteur.....	27
IV-2-1 Le calcul de DE .....	27
IV-2-2 Exemple d'un détecteur en forme de puits.....	28
IV-3 Atténuation des rayons gamma .....	29
IV-2-1 Coefficient d'atténuation linéaire.....	29
IV-2-2 Le coefficient d'atténuation de masse.....	29
<b>CHAPITRE V : RESULTATS ET DISCUSSIONS</b>	
V-1 Calcul de l'efficacité.....	34
V-2 Dose effective annuelle .....	37
Discussion.....	40
Conclusion.....	41
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	
Bibliographie.....	42

## Liste des Tableaux :

- Tableau (I-1) : Radionucléide primordiaux .....4
- Tableau (I-2) : Caractéristiques radiologiques de NORM cosmogonique.....6
- Tableau (I-3) : Concentration des radionucléides NORM dans les roches de phosphate.....7
- Tableau (I-5) : Concentration des radionucléides dans les engrais (Bq / kg)..8
- Tableau (I-6): Concentration des radionucléides dans le sol et la plante de blé (Bq/Kg).....9
- Tableau (I-7) : Concentration des radionucléides dans les engrais (Bq/kg)..10
- Tableau (I-4) :Radioactivité naturelle dans le sol.....9
- Tableau (II -1) : Les isotopes d'uranium.....14
- Tableau (II -2): Les isotopes de thorium.....15
- Tableau (II -3):Les isotopes de potassium.....15
- Tableau (IV-1) les données des échantillons.....26
- Tableau (IV.4) : coefficients d'atténuation linéaire et de masse de NaI et Al.....31
- Tableau (V.1) : l'efficacité de quelques radionucléides précédentes.....34
- Tableau (V.2) concentrations de radionucléides dans quelque céréales importé.....35
- Tableau (V-3):Les concentration de les quartes échantillons (Bq / kg).....36
- Tableau (V-4) : la somme des concentrations.....37

- Tableau (V-5) : facteur de conversion des grains.....37
- Tableau (V-6) : taux de consommation des radionucléides.....37
- Tableau (V-7) :de Dose effective annuelle des échantillons en ( mSv/y).....37
- Tableau (V-8): Les concentrations d'activité (Bq/ kg) des céréales du pays du monde.....38

# Listes des figures

- Figure (I-1) : La désintégration radioactive du thorium et en série de l'uranium.....5
- Figure (II -1) : Désintégration de Particule alpha d'uranium-238..... 16
- Figure (II -2) : La désintégration nucléaire de  $\beta$ .....17
- Figure (II -3) : La désintégration nucléaire de  $^{40}\text{K}$  .....17
- Figure (II -4) : Désintégration de Particule gamma d'iode-131.....18
- Figure (III-1): tube photomultiplicateur.....22
- Figure (III-2): Détecteur NaI(Tl) type 2x2 CANBERRA.....23
- Figure (III-3): Schéma d'un détecteur à scintillation comprenant un cristal de scintillation couplé optiquement à un tube photomultiplicateur.....24
- Figure (III-4)cristal sodium-iodure (NaI):.....25
- Figure (IV -1): Dependence of gamma radiation intensity on absorber thickness.....31
- Figure (V-1) :Efficacité du détecteur  $2 \times 2$  NaI (Tl).....36

# Remerciements

*Tout d'abord, nous remercions le Dieu, notre Créateur de l'avoir donné les forces, la volonté et le courage d'accomplir ce travail modeste*

*Je tiens à exprimer ma toute gratitude à Monsieur KADUM.A pour ses précieux conseils et ses connaissances en physique nucléaire et son expertise scientifique que j'ai bénéficiés tout au long de la préparation de cette thèse.*

*Je remercie sincèrement le directeur du laboratoire, Monsieur Dahmani. B Professeur et Directeur de la recherche à la Faculté des sciences, Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen pour avoir accueilli son laboratoire et avoir accepté d'être le rapporteur et Examineur du jury de thèse.*

*J'exprime mes remerciements les plus respectueux à Monsieur MEKELLECHE. S.M pour avoir accepté la présidence du jury ce mémoire.*

*Je tiens à exprimer mes vifs remerciements Mme BENAÏSSA Khalida, quatreième année doctorat pour m'avoir aidée et conseillée .*

*Enfin, je remercie tous les collègues du Laboratoire de spectrochimie et de pharmacologie structurale et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin de la réalisation de ce travail.*

# *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail et ma profonde gratitude*

*A*

*Mes parents,*

*Mes frères (faïçal et rafik),*

*A mes sœurs (wahiba, son marie toufik et son fils  
rabie, salima et fadila ),*

*A toute la famille bourada,*

*A tous mes amis,*

*A tous ceux qui me sont chers.*



# Introduction

## Introduction :

Au moyen âge, les alchimistes ont essayé sans succès de changer le plomb en or. Ils pensaient qu'il serait possible de concevoir un processus chimique qui changerait un élément en un autre. Nous savons maintenant qu'il est extrêmement difficile de changer un élément dans un autre et que la chimie n'est pas la manière de le faire. Il y a environ 100 ans, Ernest Rutherford et Paul Villard ont découvert qu'il existait trois types d'émission de substances radioactives. Ils ont nommé ces rayons alpha, bêta et gamma. D'autres expériences ont montré que les émissions alpha et bêta étaient en fait des particules expulsées du noyau. On a trouvé que le rayonnement gamma était un rayonnement électromagnétique à haute énergie, émanant également du noyau. Lorsque ces désintégrations radioactives se produisent, l'atome d'origine se transforme spontanément en un atome d'un élément différent. La nature faisait déjà ce que les alchimistes avaient si mal essayé de faire! Des scientifiques comme Ernest Rutherford ont rapidement utilisé ces nouvelles particules pour étudier la nature de la matière. Plus tard, les scientifiques les ont également utilisés pour créer de nouveaux isotopes. [1]

Rutherford et Soddy ont été les premiers à suggérer que les atomes radioactifs se désintègrent dans des structures plus légères car ils émettent des rayonnements. Cette proposition a reçu le soutien puissant à la découverte que les particules  $\alpha$  étaient juste un atome ionisé de l'élément de l'hélium. Beaucoup d'éléments nouvellement découverts ont été trouvés dans différentes fractions de minerai d'uranium, et ce, l'élément le plus lourd d'origine naturelle, a été rapidement soupçonné d'être la substance mère. [2] On sait actuellement que l'uranium consiste bien sûr en un mélange d'  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  et  $^{234}\text{U}$ , le thorium et le potassium ont également été identifiés comme parents radioactifs avec certains produits de la désintégration.

La radioactivité naturelle provient de sources extraterrestres ainsi que d'éléments radioactifs dans la croûte terrestre. Environ 340 nucléides ont été trouvés dans la nature, dont environ 70 sont radioactifs et se trouvent principalement parmi les éléments lourds. Tous les éléments ayant un nombre atomique supérieur à 80 possèdent des isotopes radioactifs et tous les isotopes d'éléments plus lourds que le numéro 83 sont radioactifs. La radioactivité de la Terre comprend trois grandes catégories. Les radionucléides primordiaux ont des demi-vies suffisamment longues pour survivre depuis leur création. Les radionucléides secondaires sont dérivés de la désintégration radioactive des primordiales. Les radionucléides de cosmogonique sont continuellement produits par

## Introduction

bombardement de nuclides stables par des rayons cosmiques, principalement dans l'atmosphère. Un nombre beaucoup plus élevé d'isotopes radioactifs que ceux qui existent aujourd'hui ont été produits lorsque la matière dont l'univers est formé est née il y a plusieurs milliards d'années, mais la plupart d'entre eux ont disparu. Les radionucléides primordiaux qui existent maintenant sont ceux qui ont des demi-vies au moins comparables à l'âge de l'univers. Les radio-isotopes dont la demi-vie est inférieure à environ  $10^8$  ans sont devenus indétectables dans la trentaine de demi-vies depuis leur création, alors que les radionucléides dont la demi-vie est supérieure à  $10^{10}$  ans ont très peu diminué jusqu'à présent. Dans la plupart des endroits de la planète, la radioactivité naturelle ne varie que dans des limites étroites, mais dans certaines localités, il existe des écarts importants par rapport aux niveaux normaux en raison des concentrations anormalement élevées de minéraux radioactifs dans le sol [3].

Les radionucléides de la série de désintégration naturelle de ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ) et sont présents dans l'environnement sous différentes formes et quantités. Ces radionucléides peuvent être absorbés, avec des nutriments essentiels, par les racines des plantes et transportés vers d'autres parties de la plante. L'absorption des radionucléides dans les plantes terrestres dépend principalement des caractéristiques du sol, du type de plante et des propriétés chimiques individuelles des radionucléides dans la matrice des sols [4]. En outre, des facteurs externes tels que le climat et les pratiques agricoles peuvent également influencer l'absorption des radionucléides par les plantes.

Le but de ce travail était de mesurer la concentration de l'activité naturelle Dose effective annuelle des céréales du blé et de l'orge importée en Algérie par spectrométrie gamma.

CHAPITRE I :  
LA RADIOACTIVITÉ  
NATURELLE

# Chapitre I : La Radioactivité Naturelle

## I-1 Matières radioactives naturelles (NORM) :

NORM est l'abréviation de Naturally-Occurring Radioactive-Materials, qui est situé dans l'environnement et contient des éléments radioactifs d'origine naturelle. Les matières radioactives naturelles sont principalement constituées d'uranium et de thorium (des éléments qui génèrent eux-mêmes du radium et du radon lorsqu'ils commencent à se désintégrer) et le potassium. Ces éléments sont naturellement en désintégration [5]. Ils ont toujours été présents dans la croûte terrestre et dans les tissus de tous les êtres vivants.

## I-2 Radionucléides Primordiaux:

Radionucléides primordiaux sont laissés où le monde et l'univers ont été créés. Ils ont généralement une longue durée de vie, avec des demi-vies souvent de l'ordre de centaines de millions d'années. Radionucléides qui existent depuis plus de 30 demi-vies, ne sont pas mesurables. Les descendants ou produits de désintégration des radionucléides de longue durée sont également sous cette rubrique [6].

Tableau (I-1) Radionucléides primordiaux [7].

Radionucléide	Demi de vie (ans)	Majeur radiations	Concentration crustale typique (Bq/kg)
$K^{40}$	$1.26 \times 10^9$	$\beta, \gamma$	630
$V^{50}$	$6 \times 10^{15}$	$\gamma$	$2 \times 10^{-5}$
$Rb^{87}$	$4.8 \times 10^{10}$	$\beta$	70
$In^{115}$	$6 \times 10^{14}$	$\beta$	$2 \times 10^{-5}$
$Te^{123}$	$1.2 \times 10^{13}$	Rayons X	$2 \times 10^{-7}$
$La^{138}$	$1.12 \times 10^{11}$	$\beta, \gamma$	$2 \times 10^{-2}$
$Nd^{144}$	$2.4 \times 10^{15}$	$\alpha$	$3 \times 10^{-4}$
$Sm^{147}$	$1.05 \times 10^{11}$	$\alpha$	0.7
$Gd^{152}$	$1.1 \times 10^{14}$	$\alpha$	$7 \times 10^{-6}$
$Hf^{174}$	$2.0 \times 10^{15}$	$\alpha$	$2 \times 10^{-7}$
$Lu^{176}$	$2.2 \times 10^{10}$	$e^- \gamma$	0.04
$Re^{187}$	$4.3 \times 10^{10}$	$\beta$	$1 \times 10^{-3}$
$Pt^{190}$	$6.9 \times 10^{11}$	$\alpha$	$7 \times 10^{-8}$
$Pt^{192}$	$1 \times 10^{15}$	$\alpha$	$3 \times 10^{-6}$
$Bi^{209}$	$2 \times 10^{18}$	$\alpha$	$< 4 \times 10^{-9}$
(Séries) $^{235}\text{U}$	$0.7 \times 10^9$	$\alpha$	/
(Séries) $^{238}\text{U}$	$4.47 \times 10^9$	$\alpha$	/
(Séries) $^{232}\text{Th}$	$1.41 \times 10^{10}$	$\alpha$	/

# Chapitre I : La Radioactivité Naturelle

## I-3NORM terrestre :

NORM terrestre est constitué de matières radioactives qui sort de la croûte et du manteau de la Terre, et où les résultats de l'activité humaine dans l'exposition accrue radiologique. Les matériaux peuvent être d'origine (tels que l'uranium et le thorium) ou des produits de décomposition de ceux-ci, faisant partie de la série de la chaîne de désintégration caractéristique ou le potassium-40. Les deux chaînes les plus importantes fournissant des nucléides d'importance dans NORM sont la série de thorium et la série de l'uranium

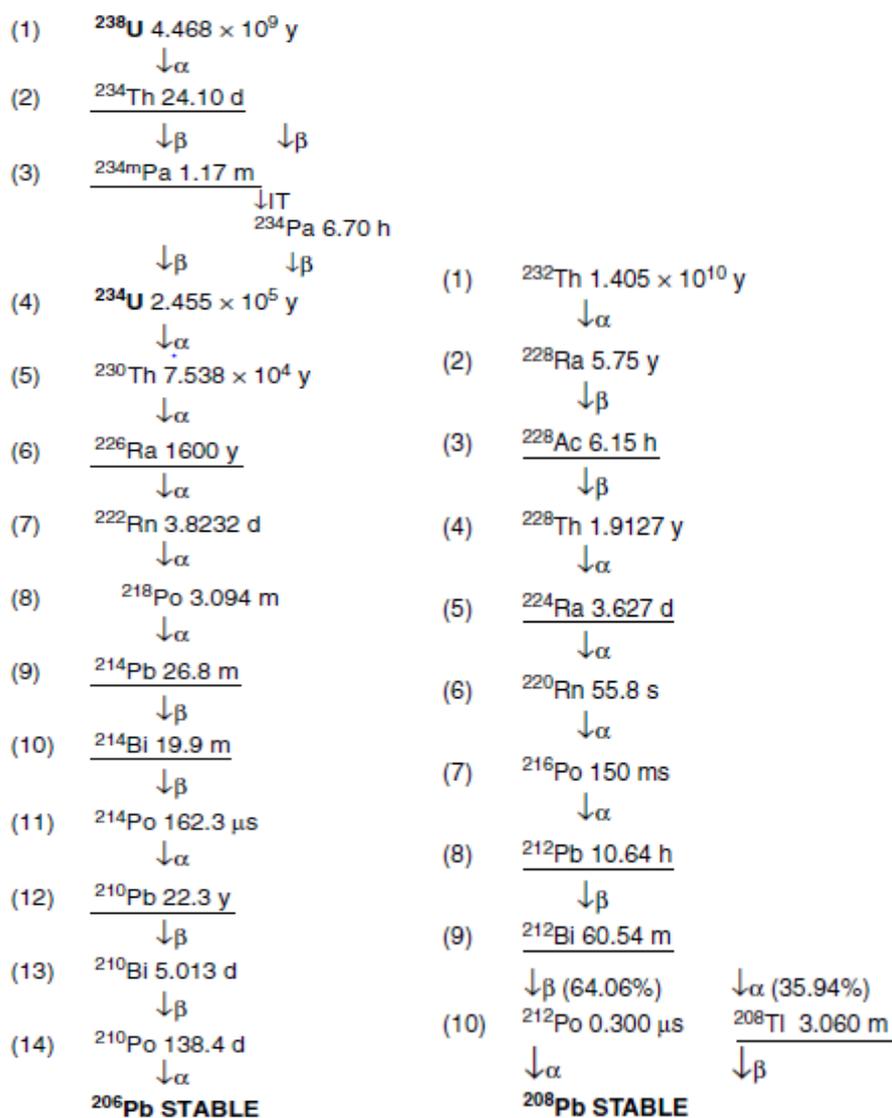


Figure (I-1) :La désintégration radioactive du thorium et en série de l'uranium [18].

# Chapitre I : La Radioactivité Naturelle

Une autre source importante de NORM terrestre est le potassium 40 ( $^{40}\text{K}$ ). La longue demi-vie de  $^{40}\text{K}$  (1,25 milliards d'années) signifie qu'il existe encore en quantités mesurables aujourd'hui. Il se désintègre en bêta, principalement au calcium-40, et forme de 0,012% de potassium naturel qui est par ailleurs composé de stable  $^{39}\text{K}$  et  $^{41}\text{K}$ . Il se trouve dans de nombreux produits alimentaires (bananes par exemple), et en effet remplit une exigence alimentaire importante, de se retrouver dans nos os. (Les humains ont environ 65 Bq / kg de  $^{40}\text{K}$  et le long de ces aliments sont donc en conséquence radioactive à un faible degré Une personne de 70 kg a 4400 Bq de  $^{40}\text{K}$ . Et 3000 Bq de carbone-14) [26].

## I-4 NORM cosmogoniques :

Le rayonnement cosmique imprègne tout l'espace, la source étant principalement à l'extérieur de notre système solaire. Le rayonnement est sous de nombreuses formes, à partir des particules lourdes à grande vitesse à photons et muons à haute énergie. La haute atmosphère interagit avec la plupart des radiations cosmiques, et produit des nucléides radioactifs. Ils peuvent avoir une demi-vie longue, mais la majorité à une demi-vie plus courte que les nucléides primordiaux [6].

**Tableau(I-2): Caractéristiques radiologiques de NORM cosmogonique[8].**

<b>Nuclide</b>	<b>mode de désintégration</b>	<b>Demi- vie</b>
$^{14}\text{C}$	$\beta^-$	5700 y
$^3\text{H}$ (tritium)	$\beta^-$	12.32 y
$^{22}\text{Na}$	$\beta^+$ + et la capture d'électrons	2.6 y
$^7\text{Be}$	capture d'électrons	53.22d

NORM et la radiation cosmique représentent plus de 85 % de l'exposition de radiation d'un 'individu moyen. La plupart de la balance est de l'exposition rattachée aux procédures médicales. (L'exposition du cycle de combustible nucléaire - en incluant des retombées radioactives de l'accident de Tchernobyl - représente moins de 0.1 %.)

## I-5 Radionucléides dans le sol :

La radioactivité naturelle qui se trouve dans un volume de sol qui est à 1 mile carré, par 1 pied de profondeur est calculé dans le tableau (I-3) (volume total est de  $7.894 \times 10^5 \text{ m}^3$ ) avec les activités énumérées. Il convient de noter que les niveaux d'activité varient

# Chapitre I : La Radioactivité Naturelle

considérablement selon le type de sol et la densité (~ 1,58 g/cm<sup>3</sup> utilisé dans ce calcul [11]).

**Tableau (I-3) : Radioactivité naturelle dans le sol[2].**

Nucléide	Activité estimée	Masse D'élément	Activité
Uranium 238	25 Bq / Kg	2,200 Kg	31 GBq
Thorium 232	40 By/ kg	12,000 Kg	52 GBq
Potassium 40	400 Bq / Kg	2000 Kg	500 GBq
Radium	48 Bq / Kg	1,7 g	63 GBq
Radon	10 KBq/m <sup>3</sup>	11 µg	7.4 GBq

## I -6Phosphates et la production d'engrais :

La roche de phosphate utilisée pour l'engrais est un NORM important tant en raison de l'uranium qu'en raison du thorium. Le phosphate est un élément chimique commun d'engrais. Il est principalement extrait d'apatite et de roches de phosphate (phosphorite) dans lequel la concentration de phosphate a été améliorée par les processus sédimentaires, ignés, s'érodant et biologiques. L'uranium peut aussi être concentré dans ces processus pour qu'un haut contenu de phosphate coïncide généralement avec le haut contenu d'uranium (50 - 300ppm). Le thorium sera présent plus probablement dans phosphorite igné. La radioactivité de ces minerais (en raison de l'uranium, le thorium et le radium) peut être aussi haute que 10MBq/kg. Les opérations d'exploitation minière de phosphate significatives surviennent dans beaucoup de pays, avec de grandes productions des Etats-Unis, le Maroc et la Chine, le total mondial étant 156 Mt en 2007[10].

**Tableau (I-4): Concentration des radionucléides dans les roches de phosphate [9].**

Pays	<sup>238</sup> U(Bq /kg)	<sup>232</sup> Th(Bq /kg)	<sup>226</sup> Ra(Bq / kg)	<sup>228</sup> Ra(Bq / kg)
USA : Florida	1500-1900	16-59	1800	-
Brésil	114-880	204-753	330-700	350-1550
Algérie	1295	56	1150	-
Maroc	1500-1700	10-200	1500-1700	-
Australie	15-900	5-47	28-90	-

# Chapitre I : La Radioactivité Naturelle

**Tableau (I-5): Concentration des radionucléides dans les engrais (Bq / kg) [10].**

Des produits	$^{238}\text{U}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{232}\text{Th}$
superphosphate normal	520-1100	110-960	15-44
superphosphate triple	800-2160	230-800	44-48
phosphate mono-ammonium	2000	20	63
Le phosphate diaïmonique	2300	210	<15
engrais PK	410	370	<15
engrais NP	920	310	<30
engrais NPK	440-470	210-270	<15

## I- 8 Concentration des radionucléides naturels dans le blé :

L'absorption réelle d'un élément par une plante du sol dépend de nombreux facteurs, en incluant le génotype de la plante, la concentration d'ions en concurrence dans le sol, la région d'adsorption des racines et la disponibilité de l'élément dans le sol pour être absorbé par Les racines de la plante [13]. Les concentrations de  $^{238}\text{U}$ ,  $^{228}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  et  $^{235}\text{U}$  en blé (racine, tige et grain) sont répertoriés dans le tableau (I-6)

**Tableau (I-6):Concentration des radionucléides dans le sol et la plante de blé (Bq/kg) [14].**

	$^{137}\text{Cs}$	$^{40}\text{K}$	$^{238}\text{U}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{228}\text{Ra}$	$^{228}\text{Th}$
Sol	0.2	1.2	2.1	0.4	0.7	0.3
Racine	0.1	3.5	1.6	0.6	0.6	0.2
Tige	0.06	0.4	0.7	0.07	0.3	0.06
Grain	0.01	0.1	0.4	0.02	0.05	0.02

## I -7Radionucléides dans la nourriture :

Les niveaux de base de radionucléides dans les aliments varient et dépendent de plusieurs facteurs, en incluant le type de nourriture et de la région géographique où la nourriture a été produite. Les radionucléides communs dans la nourriture sont le potassium 40 ( $^{40}\text{K}$ ), le radium 226 ( $^{226}\text{Ra}$ ) et l'uranium 238 ( $^{238}\text{U}$ ) et leur progéniture associée. En général,  $^{40}\text{K}$  est l'isotope radioactif naturel le plus communément se produisant. D'autres isotopes radioactifs naturels existent dans les concentrations beaucoup inférieures et naissent de la nourriture d'uranium et de thorium [32].

# Chapitre I : La Radioactivité Naturelle

**Tableau (I-7) :Radionucléides dans les aliments (Bq/ kg Poids frais).[12]**

	échantillon	Pays	<sup>40</sup> K	<sup>137</sup> Cs	<sup>226</sup> Ra	<sup>232</sup> Th
1	Bœuf	Brésil	106.0	0.071	0.094	0.142
2	Poulet	France	52.4	0.083	0.675	0.195
3	Riz	Pakistan	49.6	0.026	0.042	0.056
4	lait en poudre	Allemagne	610	3.202	.0.064	.0.094
5	lait en poudre	France	434.4	0.123	0.05	<0.142
6	beurre	Pays-Bas	6.4	0.180	0.298	0.826

## **I- 9Les effets du rayonnement:**

Si possible, l'exposition aux rayonnements ionisants doit être évitée. Lorsque le rayonnement alpha, bêta ou gamma traverse une cellule corporelle, il peut transformer une des molécules dans la cellule en une paire d'ions; Par exemple, si le rayonnement ionise une molécule d'eau, alors un ion hydrogène et un ion hydroxyde seraformé. Ces ions sont très réactifs et peuvent attaquer l'ADN qui forme les chromosomes dans le noyau de la cellule. Cela peut provoquer la mort de la cellule ou de diviser et de reproduire à un rythme anormalement rapide. Lorsque ce dernier se produit, une tumeur cancéreuse peut se former. Les effets d'une dose de rayonnements ionisants peuvent être divisés en deux groupes: les effets somatiques à court terme et les effets génétiques à long terme.

### **I- 9-1 Effets somatiques :**

Les effets somatiques surviennent lorsque des cellules corporelles ordinaires sont endommagées et dépendent de la taille de la dose. Des doses très élevées conduisent à des symptômes quasi immédiats, des doses plus faibles peuvent entraîner des symptômes qui se développent des années plus tard.

### **I -9-2 Effets génétiques :**

Lorsque les cellules des organes reproducteurs (ovaires ou testicules) sont endommagées, le corps subit des effets génétiques. Les cellules des organes reproducteurs se développent[1].

CHAPITRE II :  
LE RAYONNEMENT  
GAMMA

## Chapitre II : le rayonnement gamma

### II -1. Définition :

Le rayonnement gamma est un rayonnement électromagnétique qui n'a pas de masse et charge électrique. Il est semblable à la lumière visible et les rayons X dans sa nature. Le rayonnement gamma est différent de tout autre rayonnement électromagnétique en fonction de sa longueur d'onde, la fréquence et l'origine. Le rayonnement gamma est un type de rayonnement très pénétrant. Il est généralement émis immédiatement après l'éjection d'une particule alpha ou bêta du noyau d'un atome. Puisqu'il n'a pas ni masse ni charge, il peut pénétrer dans le corps humain, mais sera absorbé par des matériaux plus denses comme le béton ou le plomb. Ils peuvent être détectés par le détecteur d'iodure de sodium.

### II -2 Les sources de rayonnement gamma :

Les sources de rayonnement gamma naturel peuvent être facilement divisées en 3 groupes en fonction de leur origine. Le premier groupe comprend  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  et  $^{232}\text{Th}$  qui sont soupçonnés d'avoir une demi-vie du même ordre que l'âge de la terre ( $5 \cdot 10^9$  années). Le deuxième groupe comprend des isotopes radioactifs du premier groupe. Ceux-ci ont des demi-vies allant des petites fractions de seconde à  $10^4 - 10^5$  ans. Le troisième groupe comprendrait des isotopes créés par des causes externes, tels que l'interaction des rayons cosmiques avec la Terre et son atmosphère [15].

Tableau (II-1) : les isotopes d'uranium. [17]

Isotopes	Demi-vie (années)	Abondance Naturelle (%)	Activité Spécifique (GBq/g)	Modes de Désintégration	Energies des radiations		
					Alpha ( $\alpha$ )	Beta ( $\beta$ )	Gamma ( $\gamma$ )
$^{232}\text{U}$	72	0,00	814	$\alpha$	5,3	0,017	0,0022
$^{233}\text{U}$	$16 \cdot 10^4$	0,00	0,363	$\alpha$	4,8	0,006	0,0013
$^{234}\text{U}$	$24 \cdot 10^4$	0,0055	0,233	$\alpha$	4,8	0,013	0,0017
$^{235}\text{U}$	$7 \cdot 10^8$	0,72	$8.14 \cdot 10^{-5}$	$\alpha$	4,4	0,049	0,1600
$^{236}\text{U}$	$2 \cdot 10^7$	0,00	$2.42 \cdot 10^{-3}$	$\alpha$	4,5	0,011	0,0016
$^{237}\text{U}$	$45 \cdot 10^8$	99,30	$1.26 \cdot 10^{-5}$	$\alpha$	4,2	0,010	0,0014

## Chapitre II : le rayonnement gamma

Tableau (II-2): les isotopes de thorium. [17]

Isotopes	Demi-vie
$^{227}\text{Th}$	18,68 d
$^{228}\text{Th}$	1,9116 y
$^{229}\text{Th}$	7340 y
$^{230}\text{Th}$	$7,538 \cdot 10^4 \text{y}$
$^{231}\text{Th}$	25,52h
$^{232}\text{Th}$	$14,110^4 \text{y}$
$^{233}\text{Th}$	22,3 m
$^{234}\text{Th}$	24,10 d
$^{235}\text{Th}$	7,1 m
$^{236}\text{Th}$	37,5 m

Tableau (II-3): les isotopes de potassium [17].

Isotopes	Masse atomique (ma/u)	Abandance naturelle (Atome %)
$^{39}\text{K}$	38,9637	93,25
$^{40}\text{K}$	39,9618	0,01
$^{41}\text{K}$	40,9618	6,73

### II -3 Types de désintégration radioactive :

#### II-3-1 Désintégration de Particule alpha $\alpha$

Lorsqu'un noyau lourd subit une désintégration radioactive, il peut éjecter une particule alpha. Une particule alpha est un morceau de matière chargée positivement. Elle se compose de deux protons Et deux neutrons qui ont été éjectés du noyau d'un atome radioactif. Une particule alpha est identique à un noyau d'hélium et peut aussi être écrite sous la forme de  ${}^4_2\text{He}^{2+}$ ,  $\alpha^{2+}$ , ou simplement  $\alpha$

## Chapitre II : le rayonnement gamma



**Figure (II-1): Désintégration de Particule alpha d'uranium-238 [1].**

L'uranium-238 est radioactif et peut se désintégrer en émettant une particule alpha à partir de son noyau. Cela peut être représenté dans une équation nucléaire dans laquelle les changements qui se produisent dans les noyaux peuvent être vus. Les électrons ne sont pas considérés dans ces équations-seulement des nucléons. L'équation pour l'alpha-décroissance de l'uranium-238 est:



Dans le processus de désintégration, le noyau parent  ${}_{92}^{238}\text{U}$  a spontanément émis une particule alpha ( $\alpha$ ) et a changé en un élément complètement différent,  ${}_{90}^{234}\text{Th}$ . Le thorium-234 est appelé le noyau de la fille. L'énergie libérée est principalement de l'énergie cinétique transportée par la particule alpha en mouvement rapide. Quand un atome change en un élément différent, on dit qu'il subit une transmutation nucléaire. Dans les transmutations nucléaires, la charge électrique est conservée - considérée comme une conservation du nombre atomique. Dans l'exemple ci-dessus  $92 = 90 + 2$ . Le nombre de nucléons est également conservé:  $238 = 234 + 4$ .

### II-3-2 Désintégration de Particule Beta $\beta$ :

La dégradation bêta est un type de désintégration radioactif caractérisée par l'émission de particules  $\beta^+$  ou  $\beta^-$  (rayonnement), a une masse de  $5.48 \cdot 10^{-4}$  uma, elles sont très rapidement explorées et provoquent une ionisation moins intense et c'est En comparant plus de pénétration si on compare les particules alpha et parce qu'elles ont une masse faible, elles ne se déplacent pas en ligne droite et se dévient facilement et provoquent l'émission de X-Rays appelés rayonnement de freinage. Les particules bêta peuvent se déplacer plus loin que la particule alpha, à quelques mètres de l'air ou une feuille d'aluminium est nécessaire pour arrêter.

## Chapitre II : le rayonnement gamma

Le processus de désintégration bêta peut simplement être exprimé par les équations suivantes:



Avec  $\bar{\nu}$  est un électron antineutrino et  $\nu$  est un électron neutrino, le positron a la même masse de l'électron mais la charge électrique est de signe opposé[16].

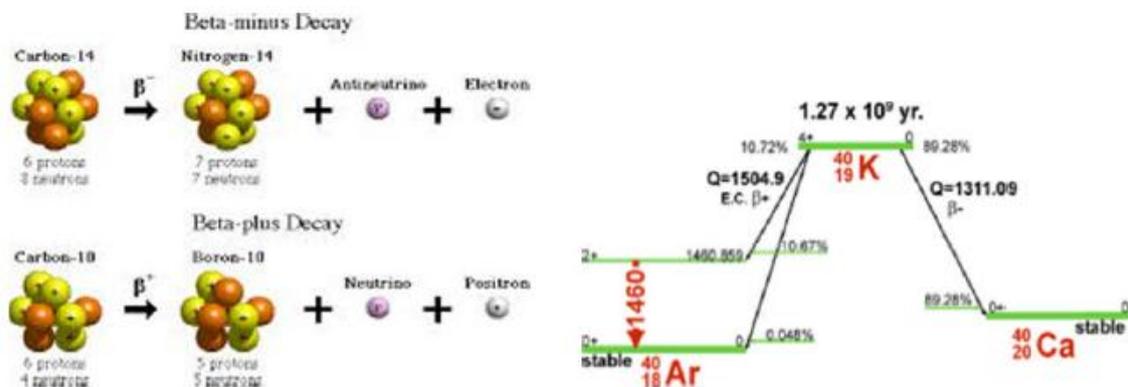


Figure II.2 La désintégration nucléaire de  $\beta$ . Figure II.3 La désintégration nucléaire de  ${}^{40}\text{K}$

### II-3-3 Désintégration de Particule Gamma $\gamma$ :

Généralement, après qu'un radio-isotope a émis une particule alpha ou bêta, le noyau de la fille détient un excès d'énergie. Les protons et les neutrons dans le noyau de la fille se réarrangent ensuite légèrement et déchargent cet excès d'énergie en libérant le rayonnement gamma (rayonnement électromagnétique à haute fréquence). Les rayons gamma - comme toute lumière - n'ont pas de masse et sont déchargés et leur symbole est  ${}^0_0\gamma$ . Étant une forme de lumière, les rayons gamma se déplacent à la vitesse de la lumière. Un exemple courant d'émetteur de rayons gamma est l'iode-131. L'iode-131 se désintègre par émission bêta et gamma pour former du xénon-131, comme le montre la Figure (II-4)

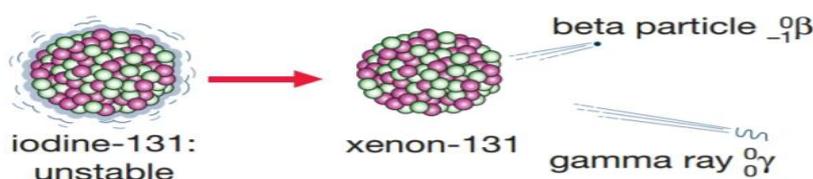
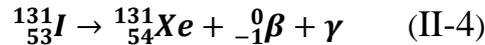


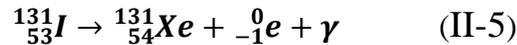
Figure (II-4) : Désintégration de Particule gamma d'iode-131 [1].

## Chapitre II : le rayonnement gamma

L'équation de cette désintégration est:



Ou



### II-5 L'énergie des rayonnements alpha, bêta et gamma :

L'énergie des objets en mouvement tels que les voitures et les balles de tennis est mesurée en joules. Cependant, les rayonnements alpha, bêta et gamma ont des quantités d'énergie si petites que le joule est inapproprié. L'énergie des émissions radioactives est généralement exprimée en électrons-volts (eV). Un électronvolt est l'énergie qu'un électron gagnerait si elle était accélérée par une tension de 1 volt. [1].

### II-7 Interaction des rayons gamma avec la matière :

#### II-7 -1 Effet photoélectrique :

Dans l'effet photoélectrique, un photon subit une interaction avec un électron qui est lié dans un atome. Dans cette interaction le photon incident disparaît complètement et un photoélectron énergétique est éjecté par l'atome d'une de ses coquilles liées. L'énergie cinétique du photoélectron éjecté ( $E_e$ ) est égale à l'énergie du photon incident ( $h\nu$ ) moins l'énergie de liaison du photoélectron dans sa coquille d'origine ( $E_b$ ).

$$E_e = h\nu - E_b \quad (\text{II-6})$$

Par conséquent, les photoélectrons ne sont émis que par l'effet photoélectrique si le photon atteint ou dépasse une énergie seuil - l'énergie de liaison de l'électron - la fonction de travail du matériau. Pour les rayons gamma avec des énergies de plus de cent keV, le photoélectron emporte la majeure partie de l'énergie du photon incident -  $h\nu$ . À des valeurs faibles de l'énergie des rayons gamma, l'effet photoélectrique domine. Le mécanisme est également renforcé pour des matériaux de grand nombre atomique Z. Il n'est pas simple de dériver une expression analytique pour la probabilité d'absorption

## Chapitre II : le rayonnement gamma

photo-électrique de rayons gamma par atome sur toutes les gammes d'énergies de rayons gamma.

### II-7 -2 Dispersion Compton :

La diffusion de Compton est la diffusion inélastique ou non classique d'un photon (qui peut être un rayon X ou un rayon gamma) par une particule chargée, habituellement un électron. Dans la diffusion de Compton, le photon gamma incident est dévié d'un angle  $\Theta$  par rapport à sa direction initiale. Cette déformation entraîne une diminution de l'énergie (diminution de la fréquence des photons) du photon et est appelée effet Compton. Le photon transfère une partie de son énergie à l'électron de recul. L'énergie transférée à l'électron de recul peut varier de zéro à une grande fraction de l'énergie rayonnante gamma incidente, car tous les angles de diffusion sont possibles. [19]

Le calcul détaillé montre que si un photon d'énergie  $E$  est dévié de sa direction d'origine par un angle  $\theta$ , la nouvelle énergie de photons  $E'$  est donnée par:[20]

$$E'_{\gamma} = \frac{E_{\gamma}}{1 + (E_{\gamma}/mc^2)(1 - \cos\theta)} \quad (\text{II-7})$$

La diminution de la quantité de mouvement du photon doit être traduite en diminution de la fréquence (augmentation de la longueur d'onde  $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda$ ). Le décalage de la longueur d'onde a augmenté avec l'angle de diffusion selon la formule de Compton:

$$\Delta\lambda = (\lambda' - \lambda) = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos(\theta)) \quad (\text{II-8})$$

$\lambda$  : est la longueur d'onde initiale du photon

$\lambda'$  : est la longueur d'onde après diffusion,

$h$  : est la constante de Planck =  $6,626 \times 10^{-34}$  J.s

$m_e$  : est la masse de repos électronique (0.511 MeV)

$C$  : est la vitesse de la lumière

$\theta$  : est l'angle de diffusion.

## Chapitre II : le rayonnement gamma

### II-7 -3 Production de paires Positron-Electron

En général, la production de paires est un phénomène de la nature où l'énergie est directement convertie en matière. Le phénomène de la production de paires peut être envisagé de deux manières différentes. Une façon est comme une particule et une antiparticule et l'autre est comme une particule et un trou. La première voie peut être représentée par la formation d'électrons et de positons, à partir d'un paquet d'énergie électromagnétique (énergie photon - rayons gamma)

Par la matière. C'est l'une des façons possibles pour les rayons gamma d'interagir avec la matière. À des énergies élevées, cette interaction domine.

Pour que la production de paires électron-positron se produise, l'énergie électromagnétique du photon doit être supérieure à une énergie de seuil, ce qui équivaut à la masse restante de deux électrons. L'énergie seuil (la masse de repos totale des particules produites) pour la production de paires électron-positron est égale à 1,02MeV ( $2 \times 0,511\text{MeV}$ ) car la masse restante d'un seul électron équivaut à 0,511MeV d'énergie. Si l'énergie du photon d'origine est supérieure à 1,02MeV, toute énergie au-dessus de 1,02MeV est selon la loi de conservation divisée entre l'énergie cinétique du mouvement des deux particules.

CHAPITRE III :  
DETECTEUR DES  
RAYONS GAMMA

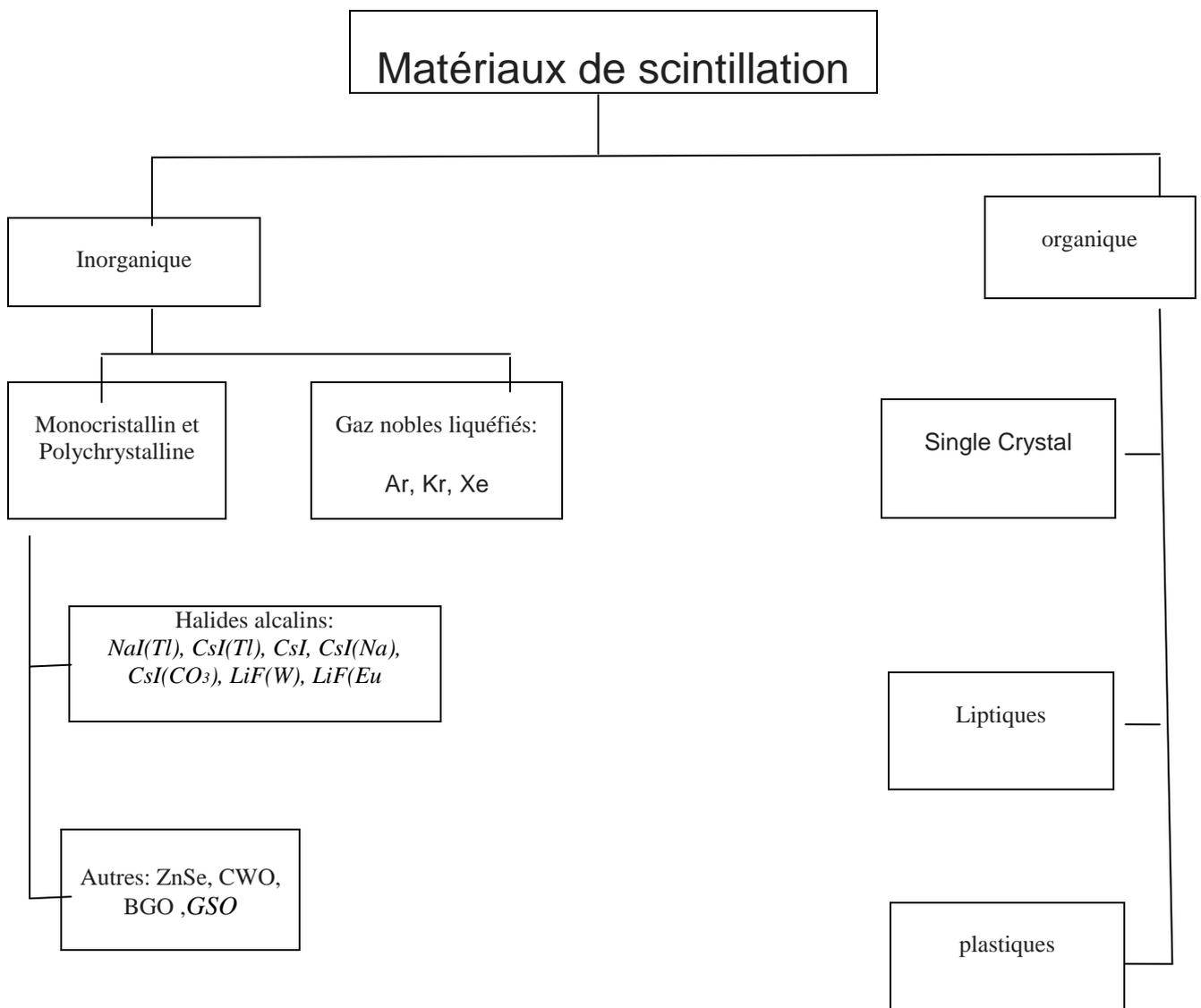
# Chapitre III : DETECTEUR DES RAYONS GAMMA

## III-1 Détection d'un rayonnement gamma :

### III-1 -1 Spectrométrie Gamma :

Le rayonnement gamma est émis lorsque les noyaux atomiques se désexcitent, ce qui peut parfois se produire en raison de désintégration Alpha ou bêta. La particule gamma, qui sont des photons, peut être détectée par l'intermédiaire de leur interaction avec la matière et leurs énergies peuvent être déterminées.

### III-1 -2 L'organigramme des matériaux de scintillation [20].



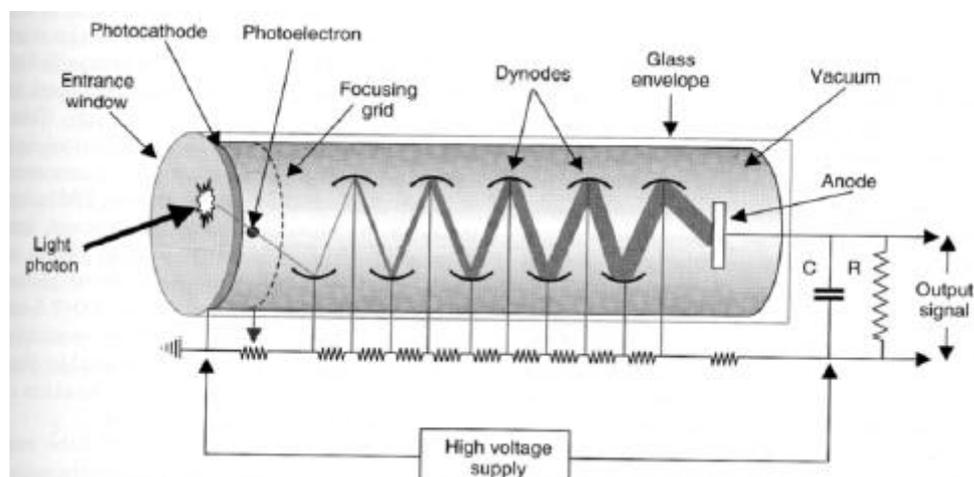
## Chapitre III : DETECTEUR DES RAYONS GAMMA

### III-1 -3 Détecteurs à scintillation :

Comme son nom l'indique, ces détecteurs contiennent un matériau de scintillation. Ce matériau de scintillation peut être solide, liquide ou gazeux et peut être organique ou inorganique. Dans les deux cas, le matériau de scintillement émet de la lumière à la suite d'une interaction avec les rayonnements ionisants. La quantité de lumière émise est proportionnelle à l'énergie des rayonnements ionisants absorbés dans le scintillateur. Certains des matériaux de scintillation inorganiques courants sont le sulfure de zinc (ZnS), l'iodure de lithium (LiI), l'iodure de sodium (NaI) et l'iodure de césium (CsI). Les deux derniers matériaux sont les plus couramment utilisés. Un bon matériau à scintillement doit être transparent, de grande taille "pour une meilleure sensibilité", capable de produire une grande sortie de lumière proportionnelle à l'énergie gamma incidente [21].

### III-2-1 Photomultiplicateurs :

En plus du composant d'un PMT et du mécanisme opérationnel. On peut voir que la lumière émise est dirigée vers une photocathode où la lumière sera convertie par effet photoélectrique en électrons avec une énergie presque égale à la lumière incidente. Ces électrons éjectés sont trop petits et l'énergie à traiter par l'électronique. Dans le PMT, ces électrons sont multipliés par l'énergie et les nombres grâce à un processus d'accélération entre plusieurs dynodes en raison d'une chute de tension significative entre chaque dynode. La quantité d'électrons générée à la fin de ce processus de multiplication est proportionnelle à la quantité d'énergie déposée par le rayon gamma. Par conséquent, les détecteurs de scintillation sont utilisés dans la spectroscopie. Le nombre exact d'électrons générés est une fonction du gain appliqué [22].



**Figure (III-1): Tube Photomultiplicateur.**

## Chapitre III : DETECTEUR DES RAYONS GAMMA

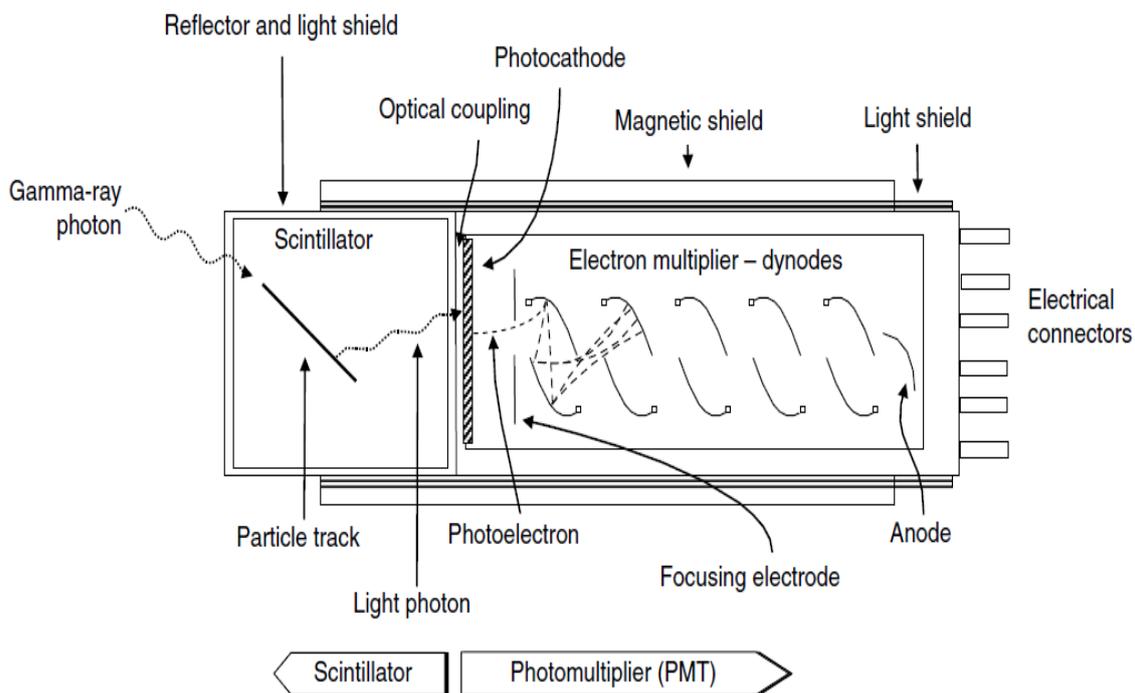
### III-3 NaI (Tl) des détecteurs à scintillation :

Un rayon gamma interagissant avec un scintillateur émet une impulsion de lumière, qui est convertie en une impulsion électrique par un tube photomultiplicateur. Le photomultiplicateur se compose d'une photocathode, une électrode de focalisation et de 10 ou plus de dynodes qui multiplient le nombre d'électrons les frappent chacun plusieurs. Les propriétés du matériau de scintillation nécessaire à des bons détecteurs sont la transparence, la disponibilité en grande dimension, et une grande sortie de lumière proportionnelle à l'énergie des rayons gamma. Relativement peu de matériaux ont de bonnes propriétés pour les détecteurs. Thallium activé NaI et cristaux CsI sont couramment utilisés. Le Z élevé d'iode dans NaI donne une bonne efficacité pour la détection de rayons gamma. Une petite quantité de Tl est ajoutée afin d'activer le cristal, de telle sorte que la désignation est généralement NaI (Tl) pour le cristal. Les meilleures gammes réalisables résolution de 7,5% -8,5% pour le 662 keV rayons gamma de  $^{137}\text{Cs}$  de 3 pouces de diamètre et de 3 pouces en cristal de long, et est légèrement pire pour les tailles petites et grandes. De nombreuses configurations de détecteurs NaI sont disponibles dans le commerce, allant de cristaux pour les mesures de rayons X dans lequel le détecteur est relativement mince (pour optimiser la résolution au détriment de l'efficacité à des énergies plus élevées), de gros cristaux avec de multiples photo tubes. Les cristaux construits avec un puits à permettre le comptage des échantillons faibles géométrie  $4\pi$  presque sphérique sont également une configuration largement utilisé[23].



Figure (III-2): Détecteur NaI(Tl) 2x2 pouce CANBERRA

## Chapitre III : DETECTEUR DES RAYONS GAMMA



**Figure (III-3): Schéma d'un détecteur à scintillation comprenant un cristal de scintillation couplé optiquement à un tube photomultiplicateur [24].**

### III-3-1 Le principe de fonctionnement de détecteur NaI(Tl) :

Le résultat de l'interaction du rayon gamma incident avec le matériau de scintillation. Si l'énergie transférée vers l'électron est supérieure à l'énergie d'ionisation, alors l'électron passe à la bande de conduction sinon l'électron existe dans un état excité. Dans les deux cas, un trou est créé dans la bande de valence. Si le cristal utilisé est pur, alors, dans le processus de désactivation, un photon est émis avec une énergie très élevée qui n'est pas visible pour le tube photomultiplicateur, PMT. Si certaines impuretés, connues sous le nom d'activateur, sont ajoutées à Les niveaux d'énergie supplémentaires en cristaux sont ajoutés dans la bande interdite. Le trou qui a été créé dans la bande de valence se transforme en nouveaux niveaux d'énergie ajoutés. Ainsi, dans le processus de désactivation, un photon est libéré avec une énergie égale à la différence entre les niveaux d'énergie nouvellement créés et la bande de conduction. Étant donné que les niveaux d'énergie créés sont plus proches de la bande de conduction, le photon émis à moins d'énergie, ce qui le rend visible pour le PMT [25].

## Chapitre III : DETECTEUR DES RAYONS GAMMA

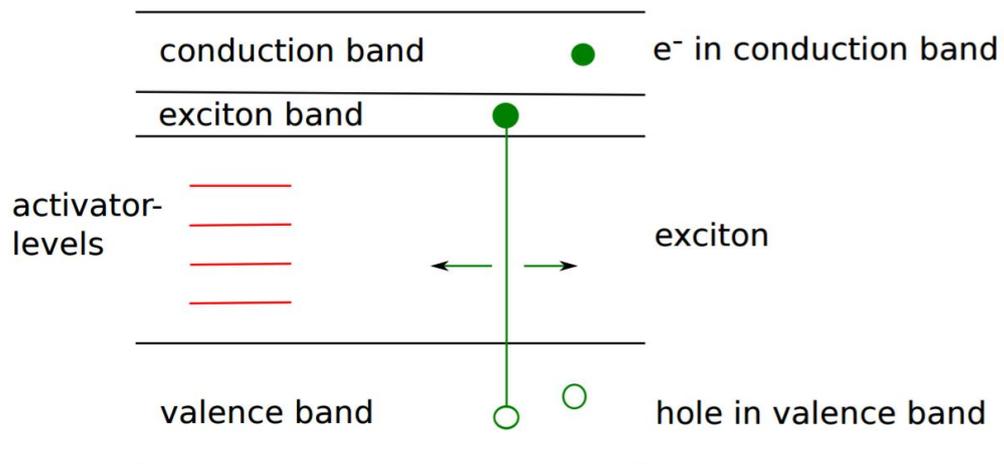


Figure (III-4): cristal sodium-iodure (NaI) [26].

**CHAPITRE IV :**  
**METHODOLOGIE ET**  
**CALCULS**

## Chapitre IV : METHODOLOGIE ET CALCULS

### IV-1 Prélèvement et préparation d'échantillons:

Notre échantillon est le blé dur et l'orge importé de différents pays, on a 3 échantillons de blé dur et un seul échantillon de l'orge

Ces échantillons sont:

**Tableau IV-1 les données des échantillons.**

échantillons	La marque	Date d'expiration	Le pays
blé dur	pate alimentaire « Gnacchi »	07/03/2018	Italie
blé dur	Sabarot	12/082017	France
blé dur	pate alimentaire « Itaplasta »	17/11/2019	Italie
Orge	/	/	France –rouen- importé par le port d'oran

#### IV.1.2. La préparation et l'analyse des échantillons :

On fait un broyage pour les 4 échantillons jusqu'à devenu poudre, ensuite on fait un tamisage avec un tamis de 1 mm de diamètre qui va exclure les éléments gros, et un séchage avec une température de 100°C pendant 24h pour éliminer complètement l'humidité. On les garde dans des flacons bien fermés pendant 4 semaines pour atteindre l'équilibre radioactif séculaire ou pour le taux de décroissance des filles deviennent égal à celle de la société mère.

##### IV.1.2.1. l'analyse :

On fait l'analyse de ces échantillons par le détecteur de notre laboratoire NaI (TI) type 2x2 Canberra, à l'aide de La spectroscopie génie 2000 est un programme d'acquisition et d'analyse gamma qui est relié à l'appareil. L'analyse se fait par l'étalonnage de l'appareil « background » avant chaque analyse d'échantillon pour éliminer les effets du rayonnement du bruit de fond. À partir de mesurer la radioactivité induite par le rayonnement du bruit de fond, chaque mesure prend 24 heures du temps, les spectres correspondants sont enregistrés dans le PC relié, on prend les énergies de certains radionucléides et on note les frappes pour calculer les concentrations d'activité.

## Chapitre IV : METHODOLOGIE ET CALCULS

La concentration d'activité (A) en (Bq/ kg), pour un radionucléide avec un pic photoélectrique à l'énergie E, est obtenu par l'équation suivante:

$$A = \frac{N}{I_{\gamma} \epsilon M T} \quad (\text{IV : 1})$$

A: La concentration de l'activité d'un certain nucléide radioactif à la série de désintégration.

N : Le nombre net d'aire de pic soustraire fond de l'échantillon.

$\epsilon$ : L'efficacité du détecteur.

$I_{\gamma}$ : La probabilité d'émission d'un pic spécifique de photo énergie.

T: Le temps pour collecter le spectre de l'échantillon.

M : La masse de l'échantillon.

### IV-2 Efficacité de NaI détecteur [27].

L'efficacité du comptage du détecteur (DE) concerne la quantité de rayonnement émis par une source radioactive à la quantité mesurée dans le détecteur.

$$DE = G \times I \times M \quad (\text{IV : 2})$$

#### IV-2-1 le calcul de DE :

Il y a trois facteurs,  $G$ ,  $I$  et  $M$  qui affectent l'absorption efficace des photons N émis par la source. Leur produit est l'efficacité du détecteur de Plus précisément :

$G$  = la fraction de tout l'espace que le détecteur sous-tend.

À moins que le détecteur entoure complètement la source, l'angle solide du facteur géométrique est inférieur à 1.

$I$  = La fraction des photons transmis par les matériaux qui atteignent la surface du détecteur. Il y a des pertes en raison de l'absorption par le matériau dans le chemin du photon. L'air, les matériaux du boîtier du détecteur et de réflecteurs de lumière autour du détecteur sont possibles amortisseurs.

$M$  = la fraction des photons absorbés par le détecteur.

Le détecteur n'est pas toujours suffisamment épais pour arrêter le rayonnement

## Chapitre IV : METHODOLOGIE ET CALCULS

### IV-2-2 Exemple d'un détecteur en forme de puits

Considérons un détecteur de NaI (TI) de 2 pouces de diamètre 2 pouces de hauteur avec un diamètre 0,75 pouce de 1,44 pouce de puits profonds. Une source 60 keV de  $^{241}\text{Am}$  au fond du puits. Dans ce cas, il est plus facile de calculer la fraction de l'espace non sous-tendu, puis pour soustraire cette valeur de 1 pour obtenir la fraction G sous-tendue à un angle optique.

La fraction non sous-tendue à un angle optique est la zone du trou de diamètre 0,75 à la fin du mur une distance de 1,44 pouce :

$$1 - G = (\pi r^2) / (4 \pi R^2) \quad (\text{IV} : 3)$$

$\pi r^2$  = surface du trou de la face du détecteur,

$4 \pi R^2$  = aire de sphère avec un rayon égal à la distance entre la source et le trou.

$$1 - G = (\pi * 0,375 \text{ po} * 0,375 \text{ po}) / (4 * \pi * 1,44 \text{ po} * 1,44 \text{ po}) \quad (\text{IV} : 4)$$

$$1 - G = 0,0170, G = 0,983$$

Et sous-tend ce détecteur ou intercepte 98 % de tout l'espace.

Pour calculer  $I$ , considérons seulement les effets de 0,010 pouces de revêtement en aluminium. Pour plus de matériel, il n'y a tout simplement plus de facteurs dans l'équation suivante :

$$I = \exp - (\mu x d) \quad (\text{IV} : 5)$$

$\mu = 0,7 \text{ cm}^{-1}$ , le coefficient d'atténuation

$d = 0,025 \text{ cm}$  (0,010 pouce), l'épaisseur du récipient en aluminium.

$$I = (0,983)$$

Dans ce cas, l'atténuation en intervenant premières n'est qu'un 1,7 % d'effet.

La fraction des photons absorbés par le détecteur  $M$  est

calculée en soustrayant la fraction qui passe par le détecteur de 1 :

$$M = 1 - \exp - (\mu * d) \quad (\text{IV} : 6)$$

Puis l'efficacité du détecteur devient :

$$\begin{aligned} DE &= G x I x M \\ &= 0,983 x (0,983) x (1,0) \\ &= 0,966 \text{ ou } 97 \% \text{ efficace pour } 60 \text{ keV} \end{aligned}$$

## Chapitre IV : METHODOLOGIE ET CALCULS

### IV-3 Atténuation des rayons gamma :

La section transversale totale de l'interaction d'un rayon gamma avec un atome est égale à la somme des trois sections transversales partielles mentionnées:

$$\Sigma = \sigma f + \sigma C + \sigma p \quad (\text{IV : 7})$$

- $\sigma f$  - Effet photoélectrique
- $\sigma C$  - Compton diffusant
- $\sigma p$  – production de Paire

Selon l'énergie des rayons gamma et le matériau absorbant, l'une des trois sections partielles peut devenir beaucoup plus grande que les deux autres. À des valeurs faibles de l'énergie des rayons gamma, l'effet photoélectrique domine. La diffusion de Compton domine aux énergies intermédiaires. La diffusion de Compton augmente également avec la diminution du nombre atomique de matière, donc l'intervalle de domination est plus large pour les noyaux légers. Enfin, la production de paires d'électrons-positrons domine à des énergies élevées.

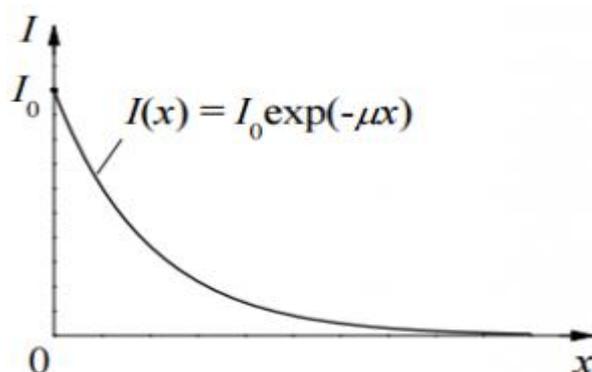
Sur la base de la définition de la section transversale d'interaction, on peut déduire la dépendance de l'intensité des rayons gamma sur l'épaisseur du matériau absorbant. Si les rayons gamma mono énergétiques sont colmatés dans un faisceau étroit et si le détecteur derrière le matériau seulement détecte les rayons gamma qui traversent ce matériau sans aucune interaction avec ce matériau, alors la dépendance devrait être simple atténuation exponentielle des rayons gamma. Chacune de ces interactions élimine le photon du faisceau soit par absorption, soit par diffusion loin du sens du détecteur. Par conséquent, les interactions peuvent être caractérisées par une probabilité fixe d'occurrence par unité de longueur de trajet dans l'absorbeur. La somme de ces probabilités est appelée coefficient d'atténuation linéaire:

#### IV-2-1 Coefficient d'atténuation linéaire :

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu x} \quad (\text{IV : 8})$$

## Chapitre IV : METHODOLOGIE ET CALCULS

Où  $I$  est l'intensité après l'atténuation,  $I_0$  est l'intensité incidente,  $\mu$  est le coefficient d'atténuation linéaire ( $\text{cm}^{-1}$ ) et  $X$  l'épaisseur physique de l'absorbeur (cm)[28].



**Figure (IV -1): Dépendance de l'intensité du rayonnement gamma sur l'épaisseur de l'absorbeur**

### IV-2-2 Le coefficient d'atténuation de masse :

Le coefficient d'atténuation linéaire est le coefficient d'absorption plus simple à mesurer expérimentalement, mais il n'est généralement pas compilé en raison de sa dépendance à la densité du matériau absorbant. Par exemple, à une énergie donnée, les coefficients d'atténuation linéaire de l'eau, de la glace et de la vapeur sont tous différents, même si le même matériau est impliqué.

Les rayons gamma interagissent principalement avec les électrons atomiques, donc le coefficient d'atténuation doit être proportionnel à la densité électronique  $P$ , qui est proportionnelle à la masse volumique du matériau absorbant. Cependant, pour un matériau donné, le rapport entre la densité électronique et la densité apparente est une constante,  $z / A$ , indépendante de la densité dans le bloc.

Le rapport entre le coefficient d'atténuation linéaire et la densité de masse est appelé coefficient d'atténuation de masse, et a les dimensions de la surface par unité de masse ( $\text{cm}^2 / \text{g}$ ). Les unités de ce coefficient se rapportant au fait que l'on peut penser que c'est la section efficace des électrons par unité de masse de l'absorbeur.

La section transversale est la probabilité d'un rayon gamma en interaction avec un seul atome. En utilisant le coefficient d'atténuation de masse.

$$I = I_0 e^{-\mu \rho L} = I_0 e^{-\mu \rho X} \quad (\text{IV : 9})$$

## Chapitre IV : METHODOLOGIE ET CALCULS

Le coefficient d'atténuation de masse est indépendant de la densité, ce coefficient est le plus souvent sous la forme d'un tableau que le coefficient d'atténuation linéaire, car il quantifie la probabilité d'interaction des rayons gamma d'un élément individuel

$$\mu = \sum \mu_i w_i \quad (\text{IV :10})$$

Où

$\mu_i$  = coefficient d'atténuation massique du ième élément.

$w_i$  = fraction du poids du ième élément.

L'équation dernière utilisée pour calculer le coefficient d'atténuation massique pour des matériaux composites [16].

## Chapitre IV : METHODOLOGIE ET CALCULS

Tableau IV.4 : coefficients d'atténuation linéaire et de masse de NaI et Al [29].

Radioisotopes	Gamma energy, keV	Probability	w1 = 0.153	w2 = 8.146	$\mu_m = \sum \mu_i w_i$	reference (NIST)	$\mu_m$ (NaI) average	$\mu$ (NaI) = $\mu_m \rho$ $\rho = 3.67$ g/cm <sup>3</sup>	$\mu$ (NaI) for low energy from reference	$\mu$ (Al), cm <sup>-1</sup> (NIST)	$\mu$ (Al), cm <sup>-1</sup> average
(A)											
<sup>238</sup> U parent											
<sup>226</sup> Ra	186.10	3.51	0.12	0.50	0.41	0.42	0.42	1.54	1.45	0.34	0.34
	241.98	7.12	0.11	0.25	0.21	0.27	0.24	0.89	0.86	3.1	3.1
	295.21	18.15	0.10	0.16	0.14	0.15	0.15	0.5	0.62	0.29	0.29
	351.92	3.51	0.09	0.13	0.11	0.13	0.12	0.44	0.48	0.26	0.26
	609.31	44.10	0.77	0.08	0.07	0.08	0.07	0.28		0.20	0.20
	768.63	4.76	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	0.24		0.18	0.18
<sup>214</sup> Pb	295.10	19.24	0.10	0.16	0.15	0.15	0.14	0.54	0.62	0.29	0.28
	325.00	37.20	0.09	0.14	0.13	0.14	0.13	0.50	0.53	0.28	0.27
	351.93	35.34									
<sup>214</sup> Bi	609.30	46.36	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.28		0.20	0.20
	1764.5	15.80	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.15		0.12	0.12
	1120.3	15.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.18		0.15	0.15
<sup>234</sup> Th	63.280	4.47	0.20	7.3	6.01	6.10	6.05	22.2	20.94	0.7	0.7
	92.370	2.60	0.15	2.60	2.14	2.22	2.18	8.00	7.40	0.49	0.49
<sup>235</sup> U	185.70	57.25	0.12	0.51	0.43	0.42	0.43	1.57	1.46	0.34	0.34
	142.70	10.96	0.13	0.60	0.50	0.51	0.51	1.87	2.40	0.38	0.38

## Chapitre IV : METHODOLOGIE ET CALCULS

<sup>232</sup> Th parent											
<sup>228</sup> Ac	338.3	11.40	0.09	0.15	0.13	0.14	0.139	0.51	0.50	0.26	0.26
	911.2	27.70	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.22		0.18	0.18
	969.8	5.20	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.21		0.17	0.17
<sup>212</sup> Bi	727.0	11.80	0.07	0.07	0.07	0.07		0.25		0.19	0.19
<sup>212</sup> Pb	115.1	0.62	0.14	1.80	1.49	1.50	1.49	5.48	4.30	0.43	0.43
	300.0	3.40	0.10	0.16	0.14	0.15	0.12	0.55	0.60	0.28	0.28
	238.6	43.60	0.11	0.15	0.22	0.19	0.20	0.75	0.87	0.29	0.30
<sup>208</sup> Tl	583.2	84.50	0.07	0.08	0.07	0.08	0.07	0.28		0.21	0.21
	2651.0	99.79	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.14		0.05	0.05
<sup>228</sup> Ra	338.32	11.26	0.09	0.15	0.13	0.14	0.13	0.51	0.50	0.27	0.27
	911.07	26.60	0.07	0.06	0.05	0.06	0.06	0.22		0.18	0.18
	969.11	16.23	0.06	0.05	0.06	0.05	0.05	0.21		0.17	0.17
(C)											
<sup>60</sup> Co	1173.0	100.0	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05	0.19		0.15	0.15
<sup>60</sup> Co	1332.0	100.0	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04	0.18		0.14	0.14
<sup>134</sup> Cs	604.70	97.10	0.08	0.07	0.76	0.08	0.07	0.28		0.21	0.21
	795.50	85.40	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.23		0.18	0.18
<sup>137</sup> Cs	661.60	85.00	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.27		0.19	0.19
(D) <sup>40</sup> K	1460.8	10.66	0.05	0.04	0.03	0.04	0.04	0.14		0.13	0.13

**CHAPITRE V :**

**RESULTATS ET**

**DISCUSSIONS**

## Chapitre V : RESULTATS ET DISCUSSIONS

### V-1 Calcul de l'efficacité

En utilisant des formules empiriques dans le chapitre précédent et les valeurs de coefficients d'atténuation linéaire et de masse pour le cristal sodium-iodure (NaI) et l'aluminium (Al-comme un conteneur) pour calculé l'efficacité de comptage du détecteur

$$DE = G \times I \times M$$

$$G = 0.983, I = e^{-\mu \cdot th}, M = 1 - e^{-\mu \cdot d}$$

**Tableau V.1 : l'efficacité de quelques radionucléides précédents[29].**

Radio nucléides	Séries désintégration	Energie de Photo pic	<i>I</i>	<i>M</i>	<i>G</i>	<i>DE</i>
<sup>226</sup> Ra	<sup>214</sup> Bi	609.3	0,9948	0,3296	0.983	0,3224
		1120.3	0,9961	0,2335	0.983	0,2286
		1764.5	0,9968	0,2014	0.983	0,1974
	<sup>214</sup> Pb	295.2	0,9930	0,408	0.983	0,5770
		325	0,9932	0,4706	0.983	0,5168
<sup>232</sup> Th	<sup>212</sup> Pb	238.6	0,9925	0,2918	0.983	0,6908
		338.3	0,993	0,4843	0.983	0,5035
	<sup>228</sup> Ac	911.6	0,9956	0,7312	0.983	0,2630
		969.1	0,9957	0,738	0.983	0,2558
		583	0,9946	0,6527	0.983	0,3395
	<sup>208</sup> Tl	2614	0,9986	0,8187	0.983	0,1779
		<sup>212</sup> Bi	727	0,9950	0,6941	0.983
<sup>40</sup> K		1460.8	0,9965	0,8113	0.983	0,1847
<sup>137</sup> Cs		661.7	0,9951	0,6811	0.983	0,3119
<sup>60</sup> Co		1173.2	0,996	0,758	0.983	0,2369
		1332.5	0,9963	0,7718	0.983	0,2234
<sup>235</sup> U		143.8	0,9904	0,0699	0.983	0,9054
		163.33	–	–	0.983	–
		185.7	0,9914	0,106	0.983	0,8708

## Chapitre V : RESULTATS ET DISCUSSIONS

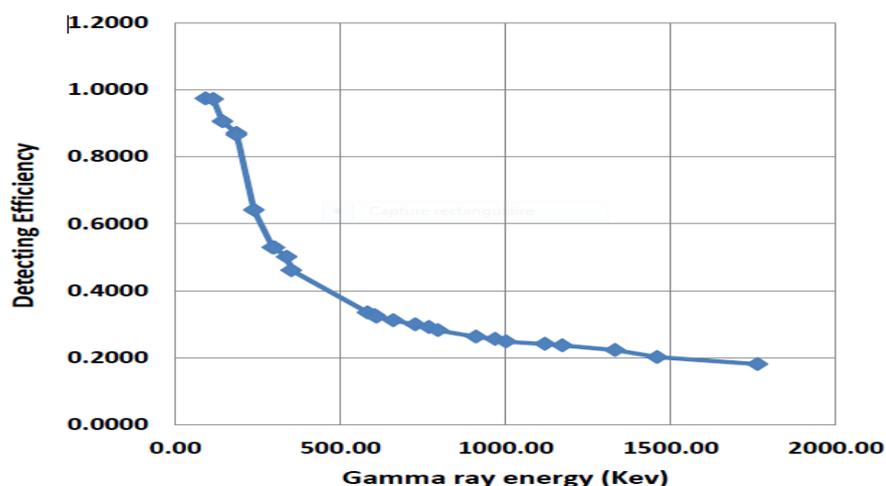


Figure (V-1) :Efficacité du détecteur NaI (Tl)2 × 2 [30].

Tableau V.2 concentrations de radionucléides dansquelque céréale importée

Radio nucléides	Séries désintégration	Energie de Photo pic	Concentration d'activité de certains radionucléides dans quelque céréales importé			
			Blé dur Pate gnocchi	Blé dur sabarot	Blé dur pate itaplasta	Orge de rouen
<sup>238</sup> U	<sup>214</sup> Bi	609.3	-	0,24553453	0,24368841	-
		1120.3	-	2,84172803	7,30730064	2,84172803
		1764.5	0,70409817	0,31594149	0,86658237	1,32695425
	<sup>214</sup> Pb	295.2	0,60107574	0,26533974	0,77977394	0,65387294
		351.9	0,36946297	0,73892594	-	-
<sup>232</sup> Th	<sup>212</sup> Pb	238.6	3,35620674	4,3708739	0,70246188	2,04884714
		338.3	1,00596409	2,88071534	1,21935041	2,61398244
	<sup>228</sup> Ac	911.6	0,70358147	0,74140843	0,54470824	1,23126757
		969.1	0,92057857	0,28017609	0,3602264	3,43215704
	<sup>208</sup> Tl	583	-	0,35229241	0,14494316	0,14796281
	<sup>212</sup> Bi	727	0,41758201	-	0,41758201	-
<sup>40</sup> K		1460.8	1,75592674	-	0,21949084	1,79250855
<sup>137</sup> Cs		661.7	0,24315282	0,3273211	0,34914251	0,34914251
<sup>60</sup> Co		1173.2	0,25186217	0,00839541	0,23027398	0,03777933
		1332.5	0,06827327	0,15045405	0,09861694	0,39826072
<sup>235</sup> U		143.8	0,7001295	1,32246683	1,15021274	3,03389448
		185.7	0,22593413	0,18218708	0,0930317	0,18024892
		202	9,14254591	16,3398693	1,5561780	12,5953159

## Chapitre V : RESULTATS ET DISCUSSIONS

**Tableau (V-3): Les concentrations de la série de radionucléides (Bq / kg).**

échantillons	A( <sup>238</sup> U)	A( <sup>232</sup> Th)	A( <sup>40</sup> K)
Pate gnacchi	0,70409817	3,35620674	1,75592674
Blé sabarot	2,84172803	4,3708739	-
Pate itaplasta	7,30730064	1,21935041	0,21949084
Orge de rouen	2,84172803	2,61398244	1,79250855

### Explication :

Le tableau (V.2) nous donne les concentrations d'activité de la série de <sup>238</sup>U, la série de <sup>232</sup>Th, <sup>226</sup>Ra, <sup>40</sup>K, <sup>137</sup>Cs, <sup>60</sup>Co et <sup>235</sup>U

L'activité spécifique moyenne de la série d'U-238 est calculée à partir des raies gamma 609.3, 1764.5 et 295.2 de (<sup>214</sup>Bi), 295.2 et 351.9 de (<sup>214</sup>Pb) KeV. et Pour la série de <sup>232</sup>Th a partir des raies 238.6 de (<sup>212</sup>Pb) et 338.3, 911.6 et 969.1 de (<sup>228</sup>Ac) KeV, et pour le <sup>226</sup>Ra a partir des raies gamma 186.10KeV, et pour le <sup>40</sup>K a partir de raie gamma 1460.8 KeV.

Le Tableau (V-3) donne les concentrations d'activités des éléments radioactifs les plus importants dans les quatre échantillons.

### V-2 Dose effective annuelle [31].

$$D_{rf} = C_r * A_{rf} * R_f \quad (V : 1)$$

An fait la somme des concentrations pour <sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th et <sup>40</sup>K de Tableau (V.2)

**Tableau (V-4) : la somme des concentrations**

échantillons	<sup>238</sup> U	<sup>232</sup> Th	<sup>40</sup> K
Pate gnacchi	1.67	6.4	1.76
Blé sabarot	4.41	8.82	0
Pate itaplasta	9.2	3.37	0.22
Orge de rouen	4.82	9.46	1.79

C<sub>r</sub> : Le facteur de conversion des grains

**Tableau (V-5) : facteur de conversion des grains (UNSCEAR (2000))**

enfant	Child	Adult
45	90	140

## Chapitre V : RESULTATS ET DISCUSSIONS

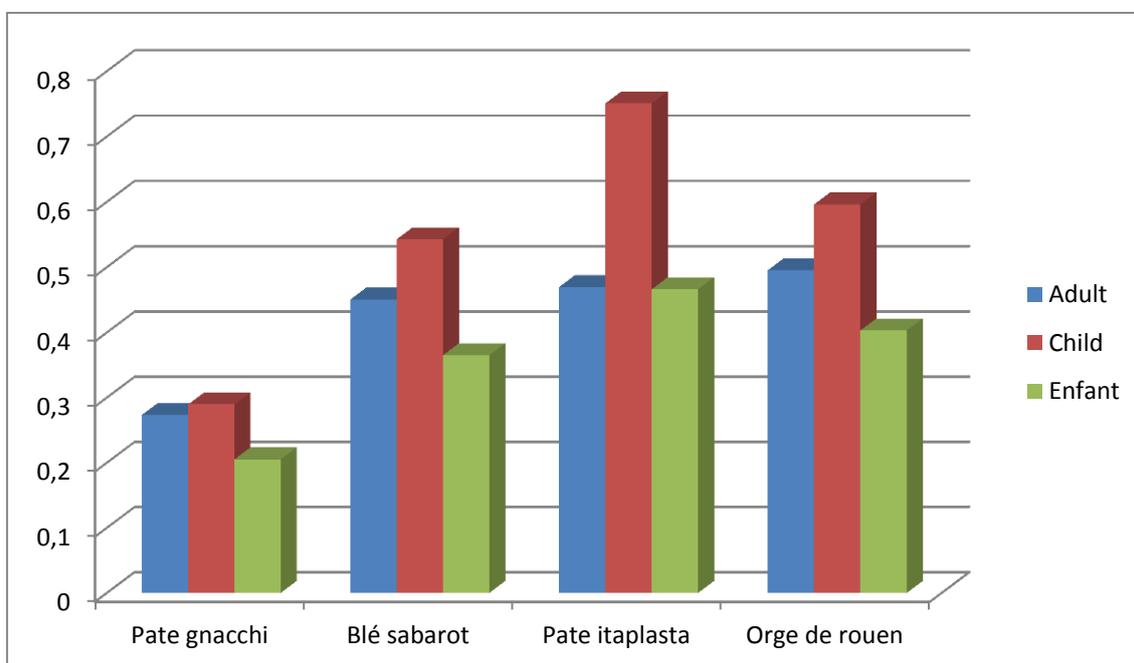
R<sub>f</sub> : Le taux de consommation

**Tableau (V-6) : taux de consommation des radionucléides(UNSCEAR 2000)**

catégorie	<sup>238</sup> U	<sup>232</sup> Th	<sup>40</sup> K
enfant	960	450	42
Child	800	290	13
adulte	280	230	6.2

**Tableau (V-7) : deDose effective annuelle deséchantillons en ( mSv/y)**

échantillons	Adult	Child	Enfant
Pate gnacchi	0,27307168	0,2893392	0,2050704
Blé sabarot	0,450436	0,542502	0,365067
Pate itaplasta	0,46934496	0,7506144	0,4660983
Orge de rouen	0,49510972	0,5960403	0,4031721



**Histogramme deDose effective annuelle deséchantillons en ( mSv/y)**

## Chapitre V : RESULTATS ET DISCUSSIONS

**Tableau (V-8): Les concentrations d'activité (Bq/ kg) des céréales du pays du monde**

échantillon	Les pays	<sup>40</sup> K (Bq /kg)	<sup>226</sup> Ra (Bq/ kg)	<sup>232</sup> Th (Bq/ kg)	Références
Orge	Allemagne	124.6	0.432	<0.037	[12]
Blé	Kazakhstan	99.4	1.100	<0.035	[12]
Blé	Etats-Unis	87.0	0.210	0.195	[12]
Blé	France	146.3	0.570	<0.035	[12]
Blé	inde	102.9 ±9.8	0.7±0.1	1.1±.02	[33]
Blé	inde	125.0±5.9	-	0.16±0.02	[33]
Blé	Belgique	0.1	0.02	0.02	[14]

### Discussion:

- 1) L'étude a démontré que la concentration d'activité des céréales (blé et l'orge) était faible et ne dépasse pas les niveaux admissibles prévus par les réglementations internationales qui sont 400 (Bq/kg) pour le <sup>40</sup>K, 30 (Bq/kg) pour le <sup>232</sup>Th, et 35 (Bq/kg) pour le <sup>226</sup>Ra(UNSCEAR 2000).
- 2) le calcul de Dose effective annuelle montre que ces céréales (Tableau (V-7)) ne représente aucun risque pour la santé de la population, parce qu'ils ne dépassent pas la limite de norme ICRP (**International Commission on Radiological Protection**) de 1.0 (mSv/y) .
- 3) Les quartes types d'échantillons de céréale contiennent <sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th, <sup>40</sup>K avec des différentes quantités d'être le plus grand de <sup>238</sup>U dans la pâte itaplasta 7,30(Bq/ kg), de <sup>232</sup>Th dans le blé sabarot 4,37 (Bq / kg), et de <sup>40</sup>K dans l'orge de rouen.
- 4) les valeurs de la concentration d'activité des radionucléides de cette étude sont comparés à ce que les valeurs indiquées dans le tableau (V.8).

## **Conclusion:**

### **Conclusion :**

Les céréales comme le blé constituent une partie importante de l'alimentation quotidienne de l'être humaine, et comme l'Algérie parmi les grands importateurs des céréales, Il est très important d'avoir un contrôle de qualité des grains importés par la détection des rayons gamma. L'objet de cette étude est de mesurer l'activité spécifique dans  $^{238}\text{U}$  ( $^{226}\text{Ra}$ ),  $^{232}\text{Th}$  et  $^{40}\text{K}$  existant dans quatre types d'échantillon de blé et l'orge par spectrométrie gamma et l'estimation du débit de la dose gamma de ces radionucléides.

La spectrométrie gamma est un outil puissant pour l'étude expérimentale de la radioactivité naturelle et pour déterminer la concentration élémentaire dans les différentes céréales.

D'une manière générale, les résultats restent inférieurs aux normes internationales de radioactivité contrôlées par les institutions internationales d'énergie atomique. Ensuite, on constate que les céréales importées (le blé et l'orge) ne posent ni une contamination éventuelle ni une menace pour la santé humaine.

# BIBLIOGRAPHIE

## Bibliographie:

### Bibliographie

- [1] Nuclear Physics and Radioactivity Area of Study 1.  
scunderwood.wikispaces.com/file/view/Nuclear Phys and radioactivity
- [2] Nuclear Radiation Physics. Fourth edition, Prentice- Hall Inc., Englewood Cliffs  
Ralph E. Lapp & Howard L. Andrews, New Jersey (1972).
- [3] Merrill E, Thomas F. Gesell From, Environmental Radioactivity from Natural,  
Industrial & Military Sources, Fourth Edition p. 134,(1997).
- [4]Patric L, Alain M, Mikael H, Joël G, Gerd M, Raquel. G de Orduña, Natural  
radioactivity in winter wheat from organic and conventionalagricultural systems greger,  
Journal of Environmental Radioactivity V102, p.163,(2010).
- [5] Canadian Association of Petroleum Producers: Guide for Naturally Occurring  
Radioactive Material (NORM) CCSN ( 2013).
- [6] Argonne National Laboratory, Web page on the Naturally Occurring Radioactive  
Materials (NORM) program on the website for Environmental Science Division  
(/ZS/\$www.evs.anl.gov), last accessed July (2011)
- [7] Merrill. E, Thomas F. Gesell From, Environmental Radioactivity from Natural,  
Industrial & Military Sources, Fourth Edition p. 137(1997).
- [8]Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency's (Arpansa's) Radiation  
Health and Safety Advisory Council web page on Naturally Occurring Radioactive  
Material, last accessed July( 2011)
- [9] Technical reports series no : 419 Extent Of Environmental Contamination By  
Naturally Occurring Radioactive Material (Norm) And Technological Options For  
Mitigation, p.90,(2003).
- [10] Technical reports series no : 419 Extent Of Environmental Contamination By  
Naturally Occurring Radioactive Material (Norm) And Technological Options For  
Mitigation, p.100,(2003).
- [11] Stuart Hunt and Associates Ltd, A Brief Discussion about Naturally Occurring  
Materials(NORM)[online],USA:SHA, from  
<http://www.stuarthunt.com/Downloads/Docs/NormText.pdf> [Accessed 31 Aug 2008]
- [12] Hosseinia.T, Fathivandb. A.A,Baratic.H, Karimi.M ,Measurement of natural and  
artificial radionuclide concentrations inimported foodstuffs in Iran, p. 4,(2001).
- [13] Patric .L, Alain.M, Mikael. H, Joël .G, Gerd .M, Raquel .G de Orduña, Natural  
radioactivity in winter wheat from organic and conventionalagricultural systems greger,  
Journal of Environmental RadioactivityV 102,p.167,(2010).

## Bibliographie:

- [14] ] Patric .L, Alain.M, Mikael. H, Joël .G, Gerd .M, Raquel .G de Orduña, Natural radioactivity in winter wheat from organic and conventional agricultural systems greger, Journal of Environmental Radioactivity V102,p.168,(2010).

- [15] Benichou Saida, thèse : Radiation naturelle des matériaux de construction

en sable de la cote W. Tlemcen, p.12,13,28,32,(11/09/2013) avec modification

- [16] Benaissa Khalida, thèse : Radiation naturelle des matériaux de construction, Ciment de Beni Saf p.14,15,38(11/09/2013) avec modification
- [17] Natural radioactivity, Radiation Information networks "Radioactivity in Nature", [http:// www.physics.isu.edu/radinf/natural.html](http://www.physics.isu.edu/radinf/natural.html).
- [18] Gilmore R, Gordon. Practical gamma-ray spectrometry 2nd Edition.p.316 ( 2008).
- [19] Marc Séguin, Chapitre 5.2 – La nature corpusculaire de la lumière La quantité de mouvement du photon Physique XXI Tome C , P. 8
- [20] Igor Nemchenok, ORGANIC SCINTILLATORS, p.5
- [21] Marvin J. Weber, Inorganic scintillators: today and tomorrow, Journal of Luminescence V100 (2002).
- [22] Gilmore R, Gordon. Practical gamma-ray spectrometry 2nd Edition. p.220(2008)
- [23] Experiment IV-3 Gamma-Ray Spectroscopy Using NaI(Tl), AN34 Experiments in Nuclear Science Laboratory Manual Fourth Edition.
- [24] Gilmore R, Gordon. Practical gamma-ray spectrometry 2nd Edition. p.211(2008)
- [25] Nicholas.T, Sheldon.L, Measurement Detection Of Radiation, Fourth Edition p.196 (2015)
- [26] Prof. Dr. Johanna. S, Detectors in Nuclear and Particle Physics p.4 (09/06/2015),
- [27] Saint-Gobain Ceramics & Plastics, Efficiency calculation for selected Scintillators, Inc. 2002-9
- [28] ] Daniel. R. McAlister, Ph.D. Gamma Ray Attenuation Properties of Common Shielding Materials (2013).
- [29] Kadum\*. A, and Dahmani.B, Efficiency Calculation of NaI(Tl) 2 × 2 Well-Shaped Detector p.430-432(15/05/2014).

## Bibliographie:

- [30]Abdulrahman K, Abdelhakim H. Bensaoula, Benamar.D, Measurement of Natural Radioactivity in Cement of Tlemcen -Algeria by Using Well-Shape NaI(Tl) Detector,p.189,(2013).
- [31] Pulhani\*.A, Dafauti.S, Hegde.A.G,R.M. Sharma, Mishra.U.C, Uptake and distribution of naturalradioactivity in wheat plants from soil, p.343,(10/08/2004).
- [32] Nuclear accidents and radioactive contamination of foods. p.1 ( 30 March 2011).
- [33] Pulhani\*.A, Dafauti.S, Hegde. A.G,R.M. Sharma, Mishra. U.C, Uptake and distribution of natural radioactivity in wheat plants from soil, p.338, (10/08/2004)

## الملخص :

يعرض هذا العمل دراسة وافية عن النشاط الإشعاعي الطبيعي لبعض الحبوب المستوردة من الخارج لأنه في الآونة الأخيرة بدأت تظهر طفرات جينية في بعض النباتات و لهذا الغرض تم جمع عينات من القمح و الشعير لبلدان مختلفة و تحديدا فرنسا و إيطاليا و قد تم تحليلها بواسطة مطياف جاما لقياس النشاط الإشعاعي باستخدام كاشف أيود الصوديوم المطعم بالثاليوم.

متوسط تركيز النشاط الإشعاعي للنويدات  $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$ : في العينة الأولى و هو القمح الصلب للعجينة الإيطالية gnacchi هي (0.704, 3.356, 1.755) بكريل على الكيلو غرام علالتوالي, والعينة الثانية القمح الصلب ل sabarot الفرنسية هي (2.8414, 3.370, 0.219) بكريل على الكيلو غرام علالتوالي, والعينة الثالثة القمح الصلب للعجينة الإيطالية itaplasta هي (7.3071, 2.219, 0.219) بكريل على الكيلو غرام علالتوالي, والعينة الرابعة الشعير المستورد من rouen الفرنسية هي (2.8412, 6.613, 1.792) بكريل على الكيلو غرام علالتوالي. أما الجرعة السنوية الفعالة للعينات الأربع فهي (0.495, 0.450, 0.273)  $\text{mSv/y}$  علالتوالي بالنسبة للبالغ و (0.289, 0.542, 0.750, 0.596)  $\text{mSv/y}$  علالتوالي بالنسبة للصغير و (0.367, 0.466, 0.403, 0.205)  $\text{mSv/y}$  علالتوالي بالنسبة للرضيع.

من خلال قياس تركيز النشاط الإشعاعي و حساب الجرعة السنوية الفعالة في عينات الحبوب وجدناها أقل من الحد الأدنى العالمي  $1.0 \text{ mSv/y}$  إذا نستنتج أن هذه الحبوب يمكن استهلاكها بشكل آمن ولا تسبب أي خطر على صحة الإنسان

## Résumé

ce travail Présente l'étude approfondie de la radioactivité naturelle pour certains céréales importés , car il a récemment commencé à des mutations génétiques qui apparaissent dans certaines plantes et à cet effet a été analysé par un spectromètre de mesure d'activité gamma, alors ont été prélevés des échantillons de blé et de l'orge pour des différents pays, en particulier la France et Italie sont analysé par le détecteur NaI(Tl) .

Les concentrations moyennes de radioactivité des nucléides: K-40, Th-232, U-238 dans le premier échantillon : le blé dur de la pate gnacchi (Italie) est (0,704, 3,356, 1,755) Bq / kg, respectivement, le second échantillon : le blé précuit Sabarot( France) sont ( 2,841 4,370, -) Bq / kg respectivement, la troisième échantillon blé dur de la pâte itaplasta est (7,307 1,219, 0,219) Bq / kg respectivement, et le quatrième échantillon l'orge importée de Rouen (la France) sont (2,841 2,613, 1,792) Bq /kg respectivement résultats.

A partir du calcule des concentrations de l'activité et le calcul de la dose efficace annuelle dans les échantillons de grain, nous avons trouvé les sont inférieurs aux normes internationales de radioactivité contrôlées par les institutions internationales d'énergie atomique **1.0 mSv/y**, Ensuite, on constate que les céréales importées (le blé et l'orge) peuvent être consommés en toute sécurité et ne posent pas une menace pour la santé humaine.

## Summary:

This work presents the in-depth study of natural radioactivity for some imported cereals, as it has recently begun genetic mutations that appear in some plants and for this purpose was analyzed by a spectrometer measuring gamma activity, Samples of wheat and barley for different countries, in particular France and Italy are analyzed by the NaI (Tl) detector.

The mean concentrations of radioactivity of the nuclides: K-40, Th-232, U-238 in the first sample: durum wheat from gnacchi paste (Italy) is (0.704, 3.356, 1.755) Bq / kg, Sample: Precooked wheat Sabarot (France) are (2,841 4,370, -) Bq / kg respectively, the third durum wheat sample of the itaplasta dough is (7,307 1,219, 0,219) Bq / kg respectively and the fourth sample imported barley Of Rouen (France) are (2,841 2,613, 1,792) Bq / kg respectively.

From the calculation of the concentrations of activity and the calculation of the annual effective dose in the grain samples, we found the results are lower than the international standards of radioactivity controlled by the international atomic energy institutions. 1.0 mSv / y , Secondly, imported cereals (wheat and barley) can be safely consumed and pose no threat to human health.

