



Institut des  
Sciences  
Vétérinaires- Blida



Université Saad  
Dahlab-Blida 1-

Projet de fin d'études en vue de l'obtention du

## Diplôme de Docteur Vétérinaire

**Procédures du contrôle radioisotopique des denrées alimentaires  
d'origine animale en Algérie**

Présenté par :

**Larbi Bouamrane Ihsane et Leir Hafidha**

Devant le jury :

<b>Président(e) :</b>	NEBRI R.	Maitre-Conférence B	ISV Blida
<b>Examineur :</b>	MERDJA .	Maitre-Conférence B	ISV Blida
<b>Promoteur :</b>	AKLOUL K.	Maitre-Assitant A	ISV Blida

**Année : 2016-2017**

## REMERCIEMENTS

Ce mémoire n'aurait pas été possible sans l'intervention, consciente, d'un grand nombre de personnes.

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.

- En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur **Dr K. AKLOUL**, ses précieux conseils et son aide pendant la période du travail.
- Nos vifs remerciements vont également aux **membres du jury** pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.
- Nous remercions le directeur du centre de recherche nucléaire d'Alger de nous avoir accueillies.
- A Mr **A. BADREDDINE** directeur de la division DRROCM, qui a accepté de diriger notre travail et nous a guidé avec compétence et gentillesse, sincères remerciements.
- A Madame **N. HAMITOUCHE** chef du service SAI, Mr **A. BENBOURENANE** ainsi que l'ensemble du personnel du service.
- Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à **tous les professeurs** qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études.
- Nous remercions enfin tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre, ont contribué à la réussite de ce travail et qui n'ont pas pu être cités ici.



Merci

## **DÉDICACES**

### **❖ Larbi bouamrane ihsane**

A mes chers parents et grand parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

A ma chère sœur pour ses encouragements permanents, et son soutien moral,

A mon cher frère, pour son appui et son encouragement,

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux, et le fruit de votre soutien infailible,

Merci d'être toujours là pour moi.

A Madame Sebatti Bahia, qui nous a accompagné tout au long de notre cursus ,un grand merci  
Enfin, je remercie particulièrement mes collègues et amis, qui ont rendu cette formation très sympathique.

### **❖ Leir Hafidha**

Je dédie ce projet de fin d'étude à mes chers parents pour leur patience leur amour leur soutien et leur encouragement

A ma famille mes amis.

A Mr Larbi Bouamrane Salim qui nous a accompagnées durant la période de stage.

## Résumé

Lors de rejets accidentels de radionucléides, la chaîne alimentaire peut être contaminée ; l'analyse radioisotopique permet ainsi l'identification et la quantification des radioéléments par la technique de spectrométrie gamma.

En Algérie, le Centre de Recherche Nucléaire d'Alger (CRNA), est le seul apte à réaliser l'analyse. Le contrôle de la qualité et de la sécurité des denrées alimentaires fait partie du rôle du vétérinaire sanitaire. Afin d'initier le contrôle radioisotopique dans la formation vétérinaire, il est nécessaire de connaître les risques nucléaires, la Radioactivité, la Radioécologie et la réglementation.

**Mots-clés** :Radioactivité - Contrôle radioisotopique – Radioélément - Spectrométrie gamma - Contamination

## ملخص

الإطلاق العرضي للأنوية المشعة قد يؤدي إلى تلوّث السلسلة الغذائية، تحليل النظائر المشعة يسمح بتحديدتها وتقديرها , مركز البحث النووي في الجزائر هو الوحيد القادر على أداء هذا التحليل .  
مراقبة سلامة و جودة المواد الغذائية يعد دور من ادوار المفتش البيطري. ولإدخال مراقبة النظائر المشعة في التعليم البيطري من الضروري معرفة المخاطر النووية، النشاط الإشعاعي، الإيكولوجيا الإشعاعية و القوانين الخاصة بالأشعة.

**الكلمات الرئيسية**: النشاط الإشعاعي -مراقبة النظائر المشعة -النظائر المشعة - تحليل النظائر المشعة - التلوّث.

## Abstract

In case of accidental releases of radionuclides, the food chain can be contaminated, thus the radioisotopic analysis allows the identification and quantification of radioelements by the gamma spectrometry technique.

Centre de Recherche Nucléaire d'Alger (CRNA) In Algeria, is the only one able to carry out the analysis.

The Control of the quality and safety of foodstuffs is part of the role of the health veterinarian. In order to initiate the radioisotopic control in the veterinary training it is a necessity to know the nuclear risks, the radioactivity, the radioecology and the regulation.

**Keywords:** Radioactivity - Radioisotopic control - Radioelement - Gamma Spectrometry - Contamination.

## Sommaire

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction	

### **Partie bibliographique**

1-Historique .....	3
2-Généralités .....	3
2-1 Définition de la radioactivité .....	3
2-2 Grandeurs dosimétriques et unités .....	4
2-2-1 L'activité .....	4
2-2-2 Période radioactive .....	4
2-3 Les sources de radioactivité .....	5
2-3-1 Sources naturelles .....	5
2-3-2 sources artificielles .....	6
3-Irradiation et contamination radioactive .....	7
3-1 Irradiation .....	7
3-2 Contamination radioactive .....	7
4- Contamination radioactive de la chaine alimentaire terrestre .....	7
4-1 Mécanismes de transfert des radionucléides aux denrées alimentaires d'origine animale	8
4-2 Effet des pratiques zootechniques sur le transfert des radionucléides .....	9
4-2-1 Herbivores en pâture .....	9
4-2-2 Animaux élevés en batterie .....	9
4-3 Impact de la transformation des produits sur la contamination radioactive .....	10
4-3-1 Transformation du lait .....	10
4-3-2 Transformations diverses .....	10
5- Contamination de la chaine alimentaire aquatique .....	10
5-1 Milieu marin .....	10
5-2 Milieu fluvial .....	11
6- Risques encourus lors d'une contamination radioactive sur la santé humaine .....	11

6-1 Principaux contaminants et leurs métabolismes .....	12
7-Réglementation .....	13
7-1 Réglementation internationale .....	13
7-2 Réglementation algérienne .....	14
8-Contribution des services vétérinaires dans le contrôle de la radioactivité a l'échelle internationale .....	16

### **Partie expérimentale**

1-Objectif .....	19
2-Organigramme du service d'analyse Radioisotopique .....	19
3- Procédures et fonctionnement du service d'analyse radioisotopique .....	20
3-1 Réception des échantillons .....	21
3-2 Analyse radioisotopique des échantillons .....	22
3-3 Etablissement des certificats d'analyses .....	22
3-4 Types de certificats délivrés .....	23
3-5 Enregistrement des certificats d'analyses .....	24
4- Matériel et méthode .....	26
4-1 Principe de La spectrométrie gamma .....	26
4-2 Présentation d'une chaine de spectrométrie gamma .....	27
4-2-1 Détecteur semi conducteur .....	28
4-2-2 Préamplificateur .....	29
4-2-3 Amplificateur .....	29
4-2-4 Convertisseur analogique -numérique (ADC) .....	29
4-2-5 Analyseur multicanaux (ou MCA pour Multi Channel Analyser) .....	29
4-2-6 Logiciel de traitement et d'analyse du signal .....	30
4-2-7 Haute tension .....	31
5- Procédure de calibration des chaines .....	31
5-1 Calibration en énergie .....	31
5-2 Calibration en efficacité .....	32
6- Préparation des standards .....	33
7- Application .....	34
7-1 Analyse d'un standard de poudre de lait .....	34



Résultats .....	35
7-2 Exemple de procédure de traitement d'un échantillon de poudre de lait .....	36
8-discussion .....	38
Conclusion et perspective .....	39
Références bibliographiques .....	40

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Demi vie d'un atome radioactif .....	5
<b>Figure 2</b> : Modèle métabolique chez l'animal .....	9
<b>Figure 3</b> : Bilans de la circulation des radionucléides dans l'environnement conduisant à l'exposition de l'Homme .....	12
<b>Figure 4</b> : Localisation du CRNA .....	20
<b>Figure 5</b> : Exemple d'une demande d'analyse effectué par un inspecteur vétérinaire. ....	22
<b>Figure 6</b> : Exemple d'un certificat de non contamination communiqué par le CRNA .....	23
<b>Figure 7</b> : Spectres de lait en poudre obtenue en 2012 par le logiciel génie 2000 .....	27
<b>Figure 8</b> : Spectre a la sortie d'un analyseur multicanaux .....	27
<b>Figure 9</b> : Représentations de la chaine de spectrométrie gamma .....	28
<b>Figure 10</b> : Détecteurs semi conducteurs dans la salle de comptage.....	29
<b>Figure 11</b> : Analyseur multicanaux.....	30
<b>Figure 12</b> : Ordinateurs pc reliés a leurs détecteurs respectifs dans la salle de Spectro gamma.....	31
<b>Figure 13</b> : Schéma descriptif de la chaine de spectrométrie gamma .....	31
<b>Figure 14</b> : Courbe d'efficacité en fonction de l'énergie des pics photoélectriques. ....	33
<b>Figure 15</b> : Détecteur utilisé pour l'analyse de la poudre de lait relié avec son Pc respectif. ....	34
<b>Figure 16</b> : Spectre d'activité de l'eu 152 (2 pics d'énergies différentes accompagnés de la courbe d'efficacité).....	35
<b>Figure 17</b> : Exemple d'une demande d'analyse.....	36
<b>Figure 18</b> : Exemple d'une fiche de renseignement.....	37
<b>Figure 19</b> : Spectre d'activité de l'échantillon de poudre de lait analyses.....	38

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1:</b> Ordres de grandeur de la radioactivité naturelle moyenne de quelques produits courants .....	5
<b>Tableau 2 :</b> Décroissances radioactive dans la viande .....	9
<b>Tableau 3:</b> NMA dans les produits laitiers fixés par la FAO et le Codex Alimentarius .....	14
<b>Tableau 4:</b> Concentrations radioactives maximales exigées par la réglementation Algérienne pour la poudre de lait industrialisée.....	15
<b>Tableau 5:</b> Résultats de recherche du radionucléide gamma dans la poudre de lait d'importation par spectrométrie gamma .communiqué par le CRNA .....	25
<b>Tableau 6:</b> Sources radioactifs utilisées dans la calibration en énergie avec leurs énergies et accompagnées de leurs canal respectif .....	32
<b>Tableau7:</b> Eléments constitutif pour l'élaboration de la courbe d'efficacité .....	32
<b>Tableau 8:</b> Activité naturelle et artificielle dans un standard de lait.....	35

## Liste des abréviations

<b>A :</b>	Nombre de masse
<b>AIEA :</b>	Agence Internationale de l'Énergie Atomique
<b>Am :</b>	Américium
<b>Bq :</b>	Becquerel
<b>COMENA :</b>	Commissariat de l'énergie atomique en Algérie
<b>Cpm :</b>	Coup par minute
<b>Cps :</b>	Coup par seconde
<b>CRNA :</b>	Centre de Recherche Nucléaire d'Alger
<b>CRNB :</b>	Centre de Recherche Nucléaire de Birine
<b>CRND :</b>	Centre de Recherche Nucléaire de Draria
<b>CRNT :</b>	Centre de Recherche Nucléaire de Tamanrasset
<b>Cs :</b>	Cesium
<b>CVL :</b>	Central weighbridge Veterinary Laboratory.
<b>CIPR :</b>	Commission Internationale de la Protection Radiologique
<b>Ci :</b>	Curie
<b>DAN :</b>	Division Application Nucléaire
<b>DES :</b>	Département de l'Environnement et de la Sureté
<b>DPR :</b>	Division Physique Radiologique
<b>DRO :</b>	Département de Radioprotection Opérationnelle
<b>DRROCM :</b>	Division de Dosimétrie des Rayonnements Ionisants
<b>DTN :</b>	Division des Techniques Nucléaires
<b>EURATOM :</b>	Communauté européenne de l'énergie atomique
<b>FAO :</b>	Food and Agriculture Organization
<b>I :</b>	Iode
<b>KBq :</b>	Kilo Becquerel
<b>Kev :</b>	Kilo électron volte
<b>Mev :</b>	Méga électron volte
<b>Mca :</b>	Multi chanel analyseur
<b>Msv :</b>	Méga Sievert
<b>N :</b>	Nombre d'atome

**NMA :** Niveau Maximal Admissible  
**OMS :** Organisation Mondial de la Sante  
**SAI :** Service d'Analyse Isotopique  
**Sv :** Sievert  
**Z :** Numéro Atomique

## Introduction

L'énergie nucléaire est une source qui permet de produire de l'électricité de manière économique ; l'un de ces inconvénients reste l'opinion publique, réticente vis-à-vis du nucléaire. Cette méfiance qui s'était endormie a connu un réveil brutal en 1986, lors de l'accident de Tchernobyl. Engendrant la dispersion des radioéléments dans l'atmosphère, et polluant les végétaux, les animaux et l'homme: dernier maillon de la chaîne alimentaire(Blanquets, 2009).

Pour cela La connaissance des techniques d'élevages, des procédés industriels utilisées dans la fabrication des produits alimentaires sont des paramètres déterminants dans l'installation des plans de surveillances de la radioactivité.

En Algérie le commissariat à l'énergie atomique (COMENA) chargé du développement de la recherche nucléaire est doté d'une structure au niveau du centre de recherche nucléaire d'Alger (CRNA) qui effectue le contrôle radioisotopique des denrées alimentaires demandé par les services douaniers et frontaliers vétérinaires.

L'objet principal de notre étude est de faire connaître le procédé de l'analyse radioisotopique qui reste encore très méconnue dans la formation vétérinaire, et ce dans le but de protéger la santé publique et d'établir par la suite une traçabilité de l'ensemble de nos produits.

# Partie bibliographique

## 1-Historique :

La radioactivité fut découverte en 1896 par Henri Becquerel, scientifique français. Ce dernier laisse par hasard des composés d'uranium au voisinage d'une plaque photographique dans le même tiroir et constate que la plaque est impressionnée. En 3 semaines d'expériences, il démontra que l'émission était produite par tous les composés de l'uranium, y compris les non fluorescents, tandis qu'elle n'était produite par aucune des substances fluorescentes non uraniques étudiées.

Les sels d'uranium présentent une phosphorescence invisible de longue durée, se distinguant de la phosphorescence ordinaire car ne nécessitant pas d'activation par le rayonnement solaire. Il s'agit de la radioactivité (**Dutreix, 1996 ; Molinié et Boudia, 2006**).

## 2-Généralités :

L'atome est le constituant fondamental de la matière : il est formé d'un noyau contenant des protons et des neutrons, autour duquel gravitent des électrons. Le nombre d'électrons est égal au nombre de protons (numéro atomique Z) et détermine les propriétés chimiques des atomes. Le nombre de protons et de neutrons du noyau (nombre de masse A) détermine la stabilité de l'atome (**FNSEA-CNIEL, 1990**).

La nomenclature s'écrit de la façon suivante :



### 2-1 Définition de la radioactivité :

La **radioactivité** est la propriété qu'ont certains noyaux d'atomes (atomes radioactifs) à se désintégrer de manière naturelle et spontanée, en émettant des rayonnements ionisants : rayonnement  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$ . Cela leur permet d'évoluer vers un état de plus grande stabilité.

Les rayons  $\alpha$  sont des noyaux légers d'hélium constitués de 2 neutrons et 2 protons.

-Les rayons  $\beta$  sont des électrons négatifs ou positifs.

-Les rayonnements électromagnétiques : rayons  $\gamma$  et rayons X : ils sont émis lors du retour à l'état fondamental du noyau ayant subi des transformations radioactives : ce sont des photons de grande énergie sans charge ni masse. L'allure du spectre d'énergie des rayonnements  $\gamma$  émis par un noyau est caractéristique du noyau émetteur. L'énergie des rayons  $\gamma$  varie de quelques KeV (kilo électronvolt) à quelques MeV.



La plupart du temps, un radionucléide va se désintégrer en émettant soit des particules  $\alpha$  et des photons  $\gamma$ , soit des particules  $\beta$  et des photons  $\gamma$  : on a alors une perte d'énergie du radionucléide et un changement de numéro atomique : par exemple l'or 198 instable va se transformer en mercure 198 tout en émettant une particule et un photon  $\gamma$ .

Les isotopes radioactifs d'un corps ont le même numéro atomique (mêmes propriétés chimiques) mais un nombre de masse différent (plus ou moins de neutrons) **(FNSEA-CNIEL, 1990)**.

## 2-2 Grandeurs dosimétriques et unités :

### 2-2-1 Activité :

L'activité représente le nombre d'atomes radioactifs qui se désintègrent pendant une unité de temps et s'exprime en BECQUEREL (Bq) :

1 Becquerel = 1 transformation nucléaire par seconde

1 Ci (curie : ancienne unité) =  $3,7 \cdot 10^{10}$  Bq

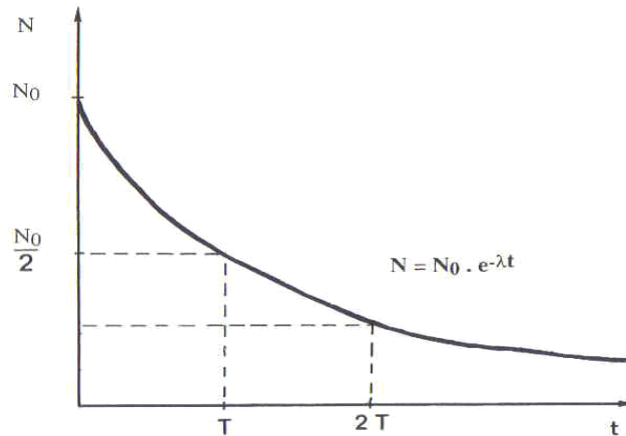
Dans l'exemple ci-dessus, un kBq (kilo becquerel) d'or 198 donne 1000 particules et 1000 photons  $\gamma$  par seconde **(De la Vaissière *et al.*, 2016)** .

### 2-2-2 Période radioactive :

La période radioactive est la durée au bout de laquelle la moitié des atomes du radionucléide initialement présents a disparu. Elle s'exprime en unité de temps : en général jours ou années. De ce fait, le nombre d'atomes de l'espèce radioactive diminue inexorablement ainsi que le nombre de désintégrations par seconde, que l'on appelle activité de la source radioactive et le nombre de rayonnements émis.

Le nombre d'atomes (N) d'une source radioactive décroît exponentiellement en fonction du temps (t) (Fig. 1).

On en déduit la période (T) :  $T = \ln 2 / \lambda$  .



**Figure 1 : Demi vie d'un atome radioactif (Ferrieu, 1993)**

Avec :  $N_0$  = nombre de noyaux de la source radioactive à l'instant  $t_0$  pris comme initial ;

$\lambda$  : constante radioactive ( $s^{-1}$ ): rapport du nombre de noyaux désintégrés par unité de temps sur le nombre de noyaux initialement présents dans la source : elle est caractéristique de l'isotope radioactif (FNSEA-CNIEL, 1990).

## 2-3 Sources de radioactivité :

### 2-3-1 Sources naturelles :

Depuis toujours, la radioactivité est présente de manière naturelle dans l'environnement et l'homme lui-même.

**Tableau 1:** Ordres de grandeur de la radioactivité naturelle moyenne de quelques produits courants (FNSEA-CNIEL, 1990 ; Ferrieu 1993)

Produits	Activité radioactive
Eau de pluie	0,5 Bq / litre
Eau de mer	10 Bq / litre
Terre	900 Bq / kg
Pommes de terre	150 Bq / kg
Lait	40 Bq / litre
Viande ou poisson	100 Bq / kg

L'organisme humain contient environ 4500 Bq de potassium 40 et 3700 de carbone 14.

On compte trois sources externes de radioactivité naturelle :

-les rayonnements cosmiques : c'est-à-dire le rayonnement solaire et le rayonnement galactique, qui apportent une dose moyenne de 0,4 mSv/an (unité utilisée pour donner une évaluation de l'impact des rayonnements sur l'homme) . La radioactivité augmente avec la latitude et l'altitude.

-les rayonnements atmosphériques : activation de l'air par les neutrons cosmiques et émanations gazeuses des familles radioactives naturelles. Par exemple, le radon est un gaz naturel issu du thorium et de l'uranium. On le suspecte d'augmenter les risques de cancer du poumon au-delà d'un certain seuil de concentration.

-les rayonnements telluriques sont dus aux radionucléides primordiaux qui étaient présents lors de la formation de la terre, seuls subsistent donc ceux dont la période est au moins égale à 300 millions d'années, tels que le potassium 40 ou l'uranium 238.

Il existe également une source interne de radioactivité naturelle qui est apportée par les aliments et par l'air respiré : par exemple chaque aliment nous apporte du potassium naturel qui contient 0,11% de potassium 40 radioactif. Cet apport quotidien est estimé à 100 Bq/jour pour un régime européen normal (**Laurent , 1985**).

### 2-3-2 Sources artificielles :

Les sources artificielles de la radioactivité sont assez nombreuses :

-retombées radioactives : dues aux nombreux tirs expérimentaux atmosphériques qui se sont succédé dans l'hémisphère nord entre 1950 et 1960, ainsi qu'à ceux qui ont suivi, moins nombreux, dans l'hémisphère sud. La contribution de ces tirs à la pollution radioactive des sols n'est pas négligeable (**Wright et al., 2003**) .

-irradiations domestiques et de loisir : par exemple, 15 jours de vacances au ski ou un aller-retour Paris New York en avion apportent 0,05 mSv .

-utilisation industrielle : sources scellées (jauges radioactives, gammagraphie, analyses chimiques, stérilisation de produits alimentaires ou pharmaceutiques, contrôle de colis suspects...) et sources non scellées (détection de fuites dans des canalisations enterrées, étude du mouvement des sédiments marins, étude de la vitesse du déplacement de produits dans des circuits d'usines chimiques...) .

-utilisation médicale : part la plus importante de l'irradiation d'origine humaine : ensemble des

actes de radiodiagnostic (radiographie : 1,2 mSv, administration de traceurs radioactifs : 6,8 mSv pour une angiographie, mammographie), de radiothérapie et de médecine nucléaire.

-mise en jeu des sources naturelles par l'activité humaine : exploitation de l'uranium.

-installations nucléaires

-expositions professionnelles: personnel médical, vétérinaire (**Doucet et al, 2006**).

### 3-Irradiation et contamination radioactive :

#### 3-1 Irradiation :

On parle d'irradiation lorsque la source radioactive est située à l'extérieur du corps des personnes exposées. Dans ce cas, plus la distance entre la source et la personne est importante, plus l'exposition par irradiation est faible.

#### 3-2 Contamination radioactive :

On parle de contamination lorsque la source radioactive pénètre à l'intérieur du corps des personnes exposées, soit par inhalation, soit par ingestion, ou par blessure avec des objets contaminés. Les particules séjourneront plus ou moins longtemps dans le corps en fonction de leur taille et des éléments radioactifs concernés, avant d'être éliminées dans les urines et/ou dans les selles.

Lorsque les particules radioactives sont déposées sur la peau ou sur les vêtements sans avoir pénétré dans le corps, on parle de contamination externe. Celle-ci peut être éliminée par déshabillage et en douchant les personnes exposées (**anonyme,2016a**) .

### 4- Contamination radioactive de la chaîne alimentaire terrestre :

Les radionucléides déposés au cours des essais nucléaires atteignent diversement l'ensemble de la chaîne alimentaire. La connaissance des voies de transferts des radionucléides aux produits animaux et des caractéristiques chimique des radioéléments (mobilité, concentration, durée de vie) est indispensable sur l'évaluation de l'impact des rejets dans les différentes composantes de l'environnement. (Air, eau, sols, denrées) (**Mantovani et al, 1990**).

L'Iode 131, le Césium 137 et le Strontium 90 constituent l'essentiel de la contamination de la chaîne alimentaire car ils sont significativement transférés aux parties consommables : racines (pommes de terre, carottes, etc.), graines de céréales ou fruits, bien assimilés par les animaux. Pour la plupart des autres radionucléides, moins mobiles dans l'environnement, l'atteinte a été limitée aux légumes à feuilles : salades, épinards, etc.

Le lessivage du sol par la pluie diminue la radioactivité (**Renaud et al., 2007**).

## 4-1 Mécanismes de transfert des radionucléides aux denrées alimentaires

### d'origine animale :

L'absorption intestinale des radionucléides est plus importante chez les monogastriques (cheval) et les oiseaux (poule) que chez les ruminants (vache, chèvre et mouton) (**Fesenko et al., 2007a**).

Une partie de la dose absorbée franchira la barrière gastro-intestinale, subira un cycle entéro-hépatique et se localisera au niveau de différents organes, alors que la fraction restante se trouvera éliminée rapidement (**Moizant, 1993**).

Les voies métaboliques de l'excrétion sont :

-**l'excrétion sudorale** qui semble négligeable.

-**l'excrétion urinaire** qui est la voie prépondérante d'élimination chez les monogastriques.

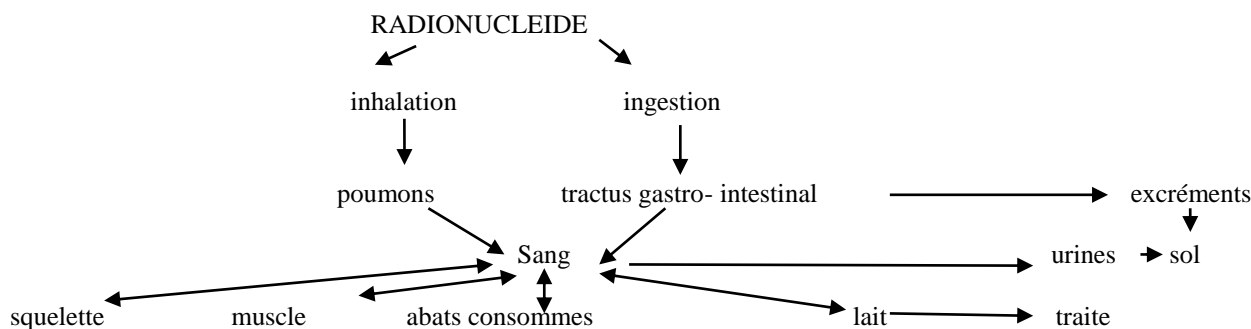
-**l'excrétion fécale** : essentielle chez les polygastriques.

-**les œufs chez les oiseaux**.

-**la sécrétion lactée** : peu importante en quantité, mais primordiale du fait de l'alimentation lactée humaine (**Ferrieu et al., 1993**).

L'excrétion des radionucléides dans le lait obéit à une loi pluri-exponentielle avec une phase d'augmentation du radionucléide dans le lait, un pic atteint au bout d'une durée variable en fonction du radionucléide considéré, de la durée et de la quantité des administrations du radionucléide, puis une décroissance (sauf si l'on continue de donner le radioélément à l'animal) (**Michon et Madelmont, 1992 ; Adrian, 1969**).

Le lait de brebis et de chèvre a présenté une tendance à contenir des taux d'iode <sup>131</sup> plus élevés que le lait de vache (**Morris, 1988**).



**Figure 2:** Modèle métabolique de la contamination radioactive chez l'animal. (Rieunau, 1995 et Moizant, 1993)

## 4-2 Effet des pratiques zootechniques sur le transfert des radionucléides :

### 4-2-1 Herbivores en pâture :

Pour les femelles laitières en phase de lactation en libre pâture, les transferts des radioéléments tels que l'iode, le césium et le strontium vont être décelés très rapidement dans le lait.

En l'absence de contre-mesures, les activités vont décroître dans le lait avec une période de 5 à 6 jours pour les iodes et de 10 à 20 jours pour les césiums et les strontiums (Madelmont, 1993).

Pour les races à viande sur le point d'être vendues pour la boucherie, la décroissance est plus lente (Tab 2).

**Tableau 2 :** Décroissances radioactive dans la viande (FNSEA-CNIEL, 1990 ; Madelmont, 1993)

Radioisotope	Délais pour que les niveaux d'activité aient décru dans la viande .
Iode	5 à 7 jours
Strontium	60 à 100 jours
Césium	30 jours

### 4-2-2 Animaux élevés en batterie :

Pour tous les animaux en élevage hors sol les transferts directs sont pratiquement inexistant car ils reçoivent quasi exclusivement des produits préalablement stockés (FNSEA-CNIEL, 1990 ;

Madelmont, 1993).

## 4-3 Impact de la transformation des produits sur la contamination radioactive :

### 4-3-1 Transformation du lait :

L'efficacité de ces transformations ne sont pas très importante, hormis dans le cas de la fabrication du beurre. La radioactivité est en effet très peu fixée sur la matière grasse du lait. Contrairement à celle de la transformation du lait en fromage ou la radioactivité est plus importante mais comme la consommation moyenne du fromage étant beaucoup plus faible que celle du lait, le résultat de la transformation peut se révéler positif en termes de diminution d'activité ingérée (**FNSEA-CNIEL, 1990**).

### 4-3-2 Transformations diverses :

Certains procédés comme l'extrusion (fabrication industrielle des pâtes alimentaires), la concentration, la cuisson et le salage peuvent augmenter la contamination des denrées alimentaires d'origine animale, alors que d'autres mise en conserve, vinification la diminuent (**Streiff, 1996**).

## 5-Contamination de la chaine alimentaire aquatique :

Les radionucléides libérés dans les eaux douces ou salées par des rejets accidentels atmosphériques ou liquides atteignent les poissons :

-par voie branchiale.

-par ingestion.

-par voie transcutanée.

L'activité des poissons augmente avec le temps de séjour dans l'eau véhiculant des radioéléments, jusqu'à obtenir un point d'équilibre.

Le niveau de contamination du poisson entier peut être très supérieur à celui des filets qui, parfois, sont seuls consommés (**FNSEA-CNIEL, 1990 ; Naudy, 1990**).

Pour les chaînes aquatiques, on distingue le milieu marin et celui des eaux douces.

### 5-1 Milieu marin :

Lors des catastrophes nucléaires, il est admis que l'océan est l'accepteur final des

radionucléides , qu'ils y soient directement rejetés ou lors de retombées atmosphériques.

Le plancton et la carapace des Crustacés sont les organismes marins qui concentrent le plus de radionucléides.

La radioactivité peut être modifiée par certains paramètres **(Streiff, 1996)**:

-**l'augmentation de la température de l'eau** favorise la fixation par l'organisme des radionucléides.

-**L'augmentation de la teneur en sel** de l'eau provoque dans la plupart des cas une baisse du taux de fixation des radionucléides.

-Les **variations de pH** entraînent également une variation physicochimique des éléments et donc une modification de l'absorption de ceux-ci.

-**L'augmentation de la luminosité** aboutit à une augmentation du transfert des radionucléides, surtout chez les organismes autotrophes. Le sédiment joue un rôle de décontaminant par emprisonnement dans ses mailles cristallines de différents radionucléides.

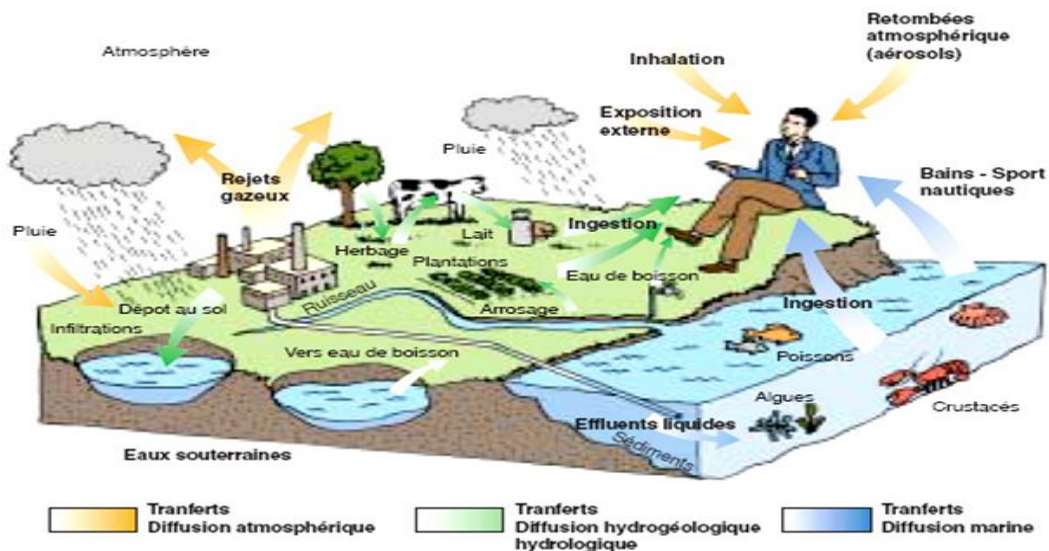
### 5-2 Milieu fluvial :

La principale caractéristique du milieu fluvial est la dilution des radionucléides diminuant ainsi le facteur de concentration (capacité du produit à se concentrer tout au long de la chaîne) **(Streiff, 1996)** .

### 6- Risques encourus lors d'une contamination radioactive sur la santé humaine :

Les effets dus aux rayonnements (figure 3) sont dits « somatiques » lorsqu'ils se manifestent chez l'individu exposé lui-même et « héréditaires » lorsqu'ils affectent sa descendance. (Michon, 1993).





**Figure 3:** Bilans de la circulation des radionucléides dans l'environnement conduisant à l'exposition de l'Homme (anonyme, 2017)

Une contamination très forte tue les cellules et provoque des maladies mais souvent la mort. Un niveau de contamination moins élevé entraîne des mutations dont les effets sont peu prévisibles. Certaines personnes souffriront de cancers, ou donneront naissance à des enfants atteints de malformations.

En cas de contamination encore plus faible, les scientifiques sont en désaccord sur l'étendue des risques, car on continue de découvrir des effets inattendus de la radioactivité.

Par conséquent, "toute dose de rayonnement comporte un risque cancérigène et génétique" (Anonyme, 2016b).

### 6-1 Principaux contaminants et leurs métabolismes :

Le principal contaminant et le plus dangereux est l'iode 131. Il a une période physique de 8 j ce qui est peu; donc, très rapidement, ce radionucléide va disparaître de l'organisme, mais il faut savoir qu'il est produit en quantités relativement importantes et, d'autre part, il se fixe électivement sur la thyroïde et subit une irradiation intense. Sous forme d'hormone thyroïdienne, il circule dans le sang; et enfin, il est éliminé par le rein ou par les voies biliaires, mais il risque alors d'être réabsorbé par l'intestin.

On voit l'importance chez le jeune enfant chez qui la thyroïde est très active et dont le lait est la nourriture principale.

Le deuxième contaminant, par ordre d'importance, est le Sr 90 dont la période physique est de

28 ans ; il est un alcalino-terreux et suit, de ce fait, le métabolisme du calcium. L'organisme distingue mal calcium et strontium; en cas de pénurie, le strontium est métabolisé et absorbé puis fixé dans les os. La moelle osseuse, qui est l'organe hémopoïétique par excellence, va de ce fait" être soumise à un rayonnement certes de faible énergie, mais intense, car le radionucléide est situé très près de l'organe sensible.

L'enfant qui construit son squelette à partir du calcium du lait se trouve donc menacé.

A côté du Sr 90 se trouve le Sr 89 qui a le même métabolisme, mais qui est beaucoup moins dangereux, car sa période physique est courte: 50 j.

Le Cs 137 dont la période physique est de 30 ans est chimiquement très voisin du potassium, c'est un alcalin: son métabolisme est identique, il se fixe à l'intérieur de la cellule, principalement dans le muscle et dans l'appareil génital, d'où un certain danger pour les cellules nobles de l'organisme.

L'importance des autres radionucléides est mineure par rapport à celle du Strontium, du Césium et de l'Iode (**Morre 1968**).



## 7-Réglementation :

### 7-1 Réglementation internationale :

La Commission Internationale de la Protection Radiologique(CIPR)(organisation non-gouvernementale) est sollicité pour déterminer les seuils de tolérance lors de l'exposition de la chaîne alimentaire humaine. , ils prennent en compte la dose de l'exposition antérieure, et préviennent l'exposition des futures doses, en se basant sur les données du régime alimentaire national, incluant la quantité et la fréquence de consommation des différents aliments

**( MORRIS, 1988).**

La Commission du Codex Alimentarius a adopté des limites indicatives pour les radionucléides (règlement EUROTOM3954/87 ,2218/89) contenus dans les denrées alimentaires à destination humaine à la suite d'une situation d'urgence (situation résultant d'accidents ou d'actes de malveillance) nucléaire ou radiologique, appelées niveaux maximales admissibles (NMA) .

**Tableau 3:** NMA dans les produits laitiers fixés par la FAO et le Codex Alimentarius

Radioéléments	Activité radioactive (Bq /Kg)
Césium 134 et 136	1000
Iode 131	500
Strontium 90	125
Plutonium et Américium	30

Lorsque les niveaux de radionucléides dans les aliments ne dépassent pas les limites indicatives Correspondantes, les aliments doivent être considérés comme sûrs pour la consommation humaine. Si les limites indicatives sont dépassées, c'est aux gouvernements de décider si et dans quelles circonstances les radionucléides naturels ne sont pas pris en considération car ils ne sont pas associés à des situations d'urgence.

Ajoutons aussi que le règlement EURATOM (communauté européenne de l'énergie atomique) précise que les NMA sont plus faibles pour les enfants que pour les adultes.

Les gouvernements peuvent décider d'adopter des valeurs différentes pour utilisation interne sur leur propre territoire lorsque les hypothèses concernant la distribution des aliments qui ont été retenues par exemple en cas de contamination Radioactive étendue (**Codex Alimentarius, 1995**).

### 7-2 Réglementation Algérienne :

Le Décret Présidentiel 05-117 concernant le contrôle isotopique des produits alimentaires stipule notamment que :

Art. 90. — Le commissariat à l'énergie atomique est chargé du contrôle permanent de la radioactivité sur le territoire national. Il doit s'assurer le concours des organismes compétents pour l'établissement du réseau national de surveillance radiologique. Dans les conditions normales, le contrôle prévu, ci-dessus, comporte :

- 1) la détermination régulière de la radioactivité de l'air, des eaux, du sol et de la chaîne alimentaire ;
- 2) l'évaluation des doses éventuellement reçues par la population. Le commissariat à l'énergie atomique transmet les résultats et les conclusions aux autorités compétentes

Art. 92. — Les importateurs de produits alimentaires soumis au contrôle préalable sur les

niveaux de contamination radioactive doivent procéder à cette opération avant réception de ces produits.

Art. 93. — Les analyses isotopiques sont effectuées par le commissariat à l'énergie atomique qui doit se prononcer au plus tard dans les quarante-huit heures (48h) sur les niveaux de contamination radioactive

Les contrôles portent sur les échantillons prélevés selon les modalités et techniques d'échantillonnage inhérentes à chaque type de produit.

.Art. 94. — La commercialisation et la consommation des produits alimentaires importés sont subordonnées aux résultats indiquant que les niveaux de contamination ne dépassent pas les tolérances maximales fixées par arrêté du ministre chargé du commerce.

Art. 95. — Les importateurs sont tenus d'exiger de leurs fournisseurs pour chaque cargaison un certificat d'analyses isotopiques, délivré par l'autorité compétente en la matière du pays duquel relève la marchandise, attestant du niveau de contamination radioactive dans les produits importés.

Le gouvernement algérien a fixée des valeurs limites pour la poudre de lait, par l'arrête interministériel du 2 avril 2000, modifiant et complétant l'arrête du 27 octobre 1999 relatif aux spécifications du lait en poudre industriel et aux conditions et à la modalité de présentation, sa détention, son utilisation et sa commercialisation, et exige dans l'article 7 que les concentrations radioactives maximales doivent être comme suit :

**Tableau 4:**Concentrations radioactives maximales exigées par la réglementation Algérienne pour la poudre de lait industrialisée

<b>Radioéléments</b>	<b>Activité radioactive (Bq /Kg)</b>
Césium-134	202
Césium-136	267
Iode-131	67
Plutonium -239	1
Américium-241	1
Strontium -90	67

Ces valeurs Algériennes sont beaucoup plus faibles à celles fixées par l'OMS (organisation

Mondiale de la Santé ) et le FAO (Food and Agriculture Organisation ) ; ceci explique que, plus la valeur des nucléides trouvés dans la poudre de lait sont faibles, plus la qualité du produit est assurée (Kabir,2014).

Les autres denrées alimentaires obéissent aux normes internationales imposées par les différents organismes chargés de la surveillance de la radioactivité, (1000Bq/kg) (AIEA,codexalimentarius,OMS).

## 8-Contribution des services vétérinaires dans le contrôle de la radioactivité a l'échelle internationale :

Outre son rôle dans le maintien de la santé et du bien-être du bétail, le vétérinaire doit également prendre en compte la radioactivité pénétrant dans la chaîne alimentaire sous la forme de produits animaux contaminés par des composés radioactifs.

L'absorption de certains radionucléides par le tractus gastro-intestinal et leur passage dans des tissus consommables et le lait ont lieu chez des ruminants paissant sur désherbages contaminés.

Les plans de surveillance et la programmation stratégique dépendent, dans chaque pays, de la façon dont sont perçus les problèmes posés par la libération des radionucléides, des contraintes politiques, des considérations commerciales et des ressources disponibles.

Le rôle joué par les différents Services Vétérinaires dans leurs plans de surveillance nationaux est extrêmement variable. En Angleterre et au Pays de Galles, par exemple, le Service Vétérinaire officiel est responsable de l'analyse régulière des productions laitières et agricoles ; au Canada, on ne pratique pas d'exams de routine des animaux, mais les produits animaux sont inclus dans le programme d'échantillonnage réalisé par la Direction de la Protection de la Santé ; aux Philippines, l'exposition des animaux aux rayonnements est surveillée indirectement, par un contrôle de l'environnement des animaux.

Pour réagir à un incident, on doit pouvoir identifier les radio-isotopes libérés, le site des dépôts et leur intensité, la localisation des produits contaminés, les conséquences probables de cette contamination, et d'identifier les groupes de population exposés à des risques particuliers.

En Angleterre et en pays de Galle par exemple Les échantillons collectés sont, pour l'essentiel, des denrées alimentaires, Le lait, des céréales et de légumes ainsi que des tissus d'animaux et un nombre limité d'échantillons de sols et de fèces. Tous les échantillons sont envoyés au Laboratoire Vétérinaire Central de Weybridge (CVL).

Une unité centrale, à Londres, collationne et évalue les données produites par le CVL, de même que celles produites par le laboratoire chargé de surveiller l'environnement aquatique.

Le programme de surveillance a été étendu de manière à contrôler les productions à l'échelle nationale lors de l'accident de Tchernobyl

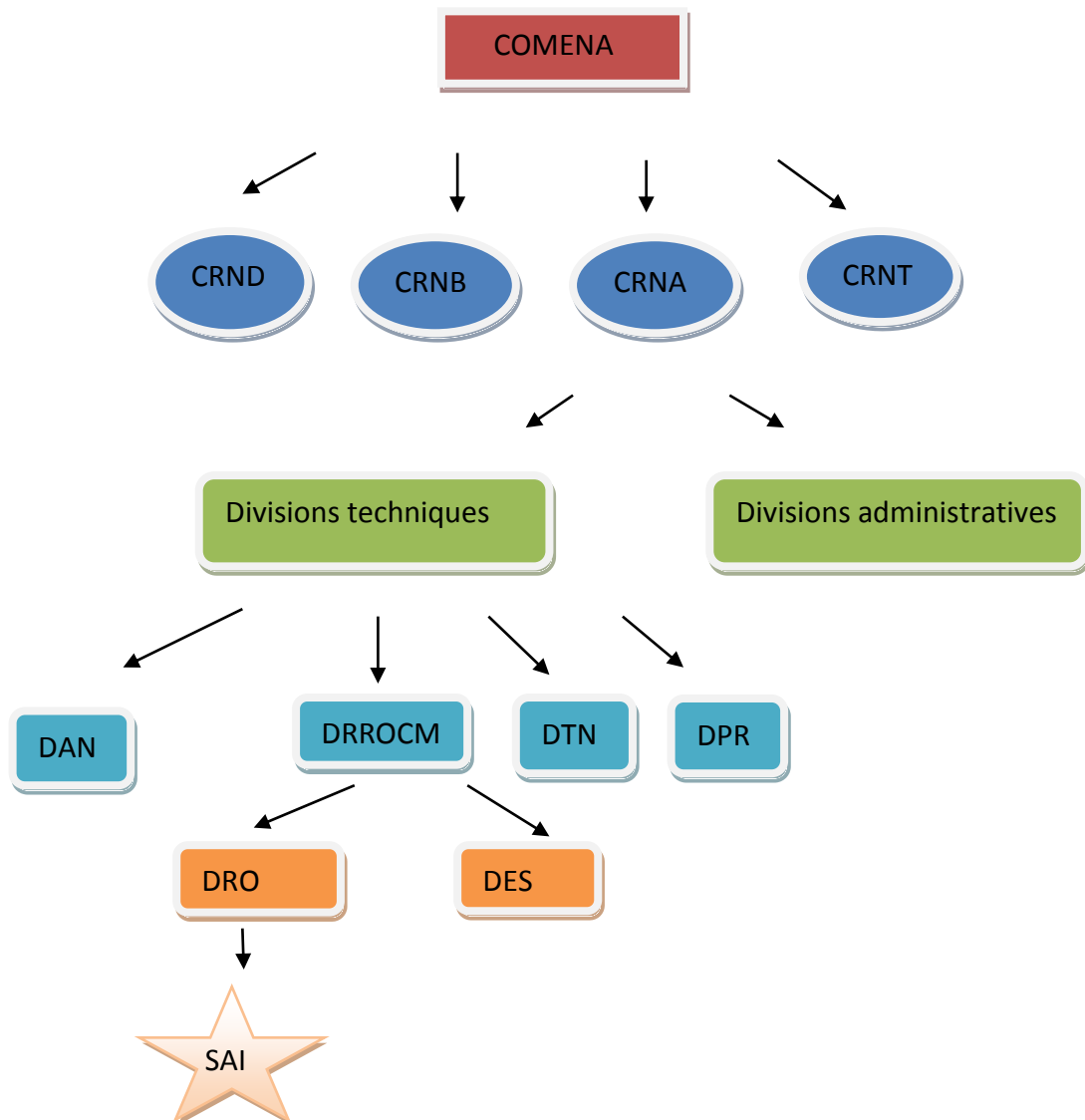
Une carte des dépôts de radioactivité au Royaume-Uni a ainsi été établie(**Morris, 1988**).

# Partie expérimentale

## 1-Objectif :

L'intérêt de cette étude est de permettre au vétérinaire algérien d'intégrer le domaine de la radioprotection, en l'initiant au contrôle radioisotopique, afin d'établir la traçabilité des produits Algériens.

## 2-Organigramme du Service d'Analyse Radioisotopique :





Le **CRNA** est une entité opérationnelle d'études et de recherche chargée de la réalisation des programmes de développement dans le domaine de l'énergie et des techniques nucléaires.



**Figure 4** : Localisation du CRNA

Le SAI est une structure associée au CRNA chargée de mesurer l'activité radioactive des denrées alimentaires.

### **3- Procédures et fonctionnement du service d'analyse radioisotopique :**

Le service des analyses isotopiques obéit à deux types de procédures :

- Procédures administratives
- Procédures techniques

### 3-1 Réception des échantillons:

- Les échantillons sont déposés par le demandeur au niveau du S.A.I.
- Les échantillons à analyser doivent être accompagnés d'une demande d'analyse.
- La demande doit mentionner toute les informations sur l'échantillon.
- Le formulaire de réception référencé est rempli par la personne ayant procédé à la réception de l'échantillon.
- La demande est enregistrée au niveau du service sur un registre d'arrivée/départ.
- Après réception et vérification de la conformité de l'échantillon, le demandeur est orienté vers le Service Facturation du CRNA.

A la réception des échantillons, ces derniers sont acceptés s'ils répondent à certains critères :

- L'échantillon doit être scellé.
- L'emballage de l'usine ne doit pas être ouvert ou endommagé.
- La quantité de l'échantillon est de 1 Kg pour les produits solides et de 3 litres pour les produits liquides.
- Les informations nécessaires à l'identification de l'échantillon tel que le code d'usine, le numéro du lot, et la date de fabrication et de péremption doivent apparaître sur celui-ci.

Le conditionnement des produits à analysés n'est pas obligatoire quelque soit leurs nature, il n'influence pas sur les résultats de l'analyse.

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**DEMANDE D'ANALYSE  
HYGIENE ALIMENTAIRE**

Référence: EL/CFRAM/16 N° dossier: 3345  
 Date de l'échantillonnage: 21.09.16 Date de réception:

Demandeur Nom: ELASSA Prénom: HOUCINE  
 AVN: 84010 Fonction: IUPF  
 Adresse: PORT D'ORAN Tél/Fax:  
 Propriétaire/Importateur/Exportateur: Nom: Prénom:  
 Raison sociale: EURL MEDITERRANEAN SEAFOOD N° Agrément:  
 Adresse:  
 Commune: ORAN Wilaya: ORAN Tél/Fax:  
 Fournisseur: NORES MARIN Code usine:  
 Adresse:  
 Origine: ESPAGNE Destination: ORAN  
 Date d'arrivée: 21.09.16 Date de départ: 02.08.16  
 Bateau: JSP SLEIPNER

Contrôle  
 Suspicion  
 Autre

**Données alimentaires**

Nature: MERLAN CONGEELE  
 Quantité globale: 01 Kg  
 Nombre d'échantillons: 01  
 N° de lot:  
 Marque:  Conditionnement:  
 N° de conteneurs: MNBU 352 535/7  
 Date de fabrication: 06/12/16  
 Date de péremption: 06/12/16  
 Date de congélation:  
 Condition de conservation:  Température ambiante  Réfrigéré  Congelé  Surgelé

**Eau**

Puits  Robinet  Source  Bâche  Abreuvoir  Sonde  Autre  
 Nombre d'échantillons:

**Aliment du Bétail**

Type d'aliment: Espèce de destination:  
 Catégorie:  Démarrage  Croissance  Finition  Pondeuse  Autre  
 N° de lot: Date de péremption:  
 Date de production:

Analyses demandées:  isotopique CRNA  
 Bactériologique  
 Physico-chimique

Fait le: \_\_\_\_\_  
 Signature de l'inspecteur: \_\_\_\_\_  
 Inspecteur: \_\_\_\_\_

Figure 5 : Exemple d'une demande d'analyse effectué par un inspecteur vétérinaire

### 3-2 Analyse radioisotopique des échantillons.

### 3-3 Etablissement des certificats d'analyses :

Les résultats d'analyses sont souvent remis au client sous forme d'un certificat dénommé « **Certificat de non contamination** ».

Bien que le terme employé "non contamination" reste ambiguë, et ce par la quasi persistance dans la nature d'un phénomène appelé : la radioactivité naturelle.

Sur le Certificat d'Analyse Radioisotopique sont mentionnées les informations concernant :

- La demande d'analyse, le nom du dépositaire et la date de dépôt.
- Les échantillons analysés.

- Le propriétaire du produit.
- Les résultats d'analyse.

محافظة الطاقة النووية


 مركز البحث النووي بالجزائر  
 01: Boulevard Frantz Fanon, BP 399, Alger-Casah, Alger  
 02: 399, شارع فرانتز فانون، الجزائر  
 03: (213) 021 43 44 44 Fax: (213) 021 43 42 80  
 04: (213) 021 43 42 80 فاكس (213) 021 43 44 44

**Le Directeur Général**  
 N/Réf.: 579/DG/CRNA/2004 Alger, le 24 Mai 2004

**CERTIFICAT DE NON-RADIOACTIVITE**

Le Directeur Général du Centre de recherche Nucléaire d'Alger certifie que les analyses effectuées sur les échantillons, dont les spécifications sont données ci-dessous, ne révèlent pas de traces de radioactivité (Certificat d'Analyse n° 558/BR/SAI/04 en date du 24/05/2004).

**Spécifications des échantillons analysés:**

Echantillon(s) déposé(s) : le 22/05/2004 par : Centrale Laitière Mellal, Oran  
 Nombre : Trois (03) échantillons  
 Demandeur : IVPF, Oran,  
 Référence de la demande : 658/04/IVPF du 08/05/2004  
 Importateur : CENTRALE LAITIERE MELLAL,  
 Lotissement EAK, n° 72 Bernardville, Bir El Djir, Oran  
 Produits : POUDRE DE LAIT P/TRANSFORMATION  
 Codes : 74 (06/03/2004) -- 76 (08/03/2004) & 77 (10/03/2004)  
 Origine : FRANCE  
 Navire : CIMIL du 19/04/2004  
 Destination : ALGERIE (CENTRALE LAITIERE MELLAL,  
 Lotissement EAK, n° 72 Bernardville, Bir El Djir, Oran)

Le présent certificat est délivré pour servir et valoir ce que de droit.

**Le Directeur Général**


**Figure 6 :** Exemple d'un certificat de non contamination communiqué par le CRNA

### 3-4 Types de certificats délivrés :

- Certificat interne (ficheN°01) pour les produits d'importation) signé par l'opérateur et le chef de service
- Certificat interne (ficheN°02) pour les produits d'exportations signé par l'opérateur et le chef de service
- Certificat de non contamination radioactive concernant les produits non contaminés de couleur rose pour le client signé par le directeur de division.
- Certificat d'analyse radioisotopique concernant les produits contaminés de couleur jaune pour le client signé par le directeur de division.

- Certificat de non contamination radioactive concernant les produits destinés à l'exportation de couleur verte pour le client signé par le directeur de division.

En cas de présence de radioactivité dans l'échantillon analysé, le résultat est rapporté dans un tableau inclus les informations suivantes :

- Le numéro d'échantillon qui est le code ou le numéro du lot.
- Les radioéléments détectés.
- L'activité en Becquerel par unité de masse (Bq/Kg), de volume (Bq/L) et de surface (Bq/Cm<sup>2</sup>).

Lorsque l'activité ne peut être donnée en termes de ces unités, le résultat d'analyse est donné en coups par unité de temps (cps, cpm).

Les certificats d'analyses radioisotopiques, sont remis au plus tard 48 heures après réception des échantillons.

### 3-5 Enregistrement des certificats d'analyses :

Pour chaque demandeur un fichier est créé où sont enregistrés ces certificats d'analyses. Ces fichiers sont gardés pour une durée de 5 ans.

Les informations enregistrées sont les suivantes :

- Le numéro attribué à la demande lors de la réception.
- Les informations concernant les échantillons.
- Les informations concernant le demandeur et / ou le propriétaire du produit.
- Le nom et la date arrivée/départ du navire.
- Le nombre d'échantillons.

Le registre annuel est ouvert le premier janvier et clôturé le 31 décembre de chaque année.

**Tableau 5:** Résultats de recherche du radionucléide gamma dans la poudre de lait d'importation par spectrométrie gamma .communiqué par le CRNA.

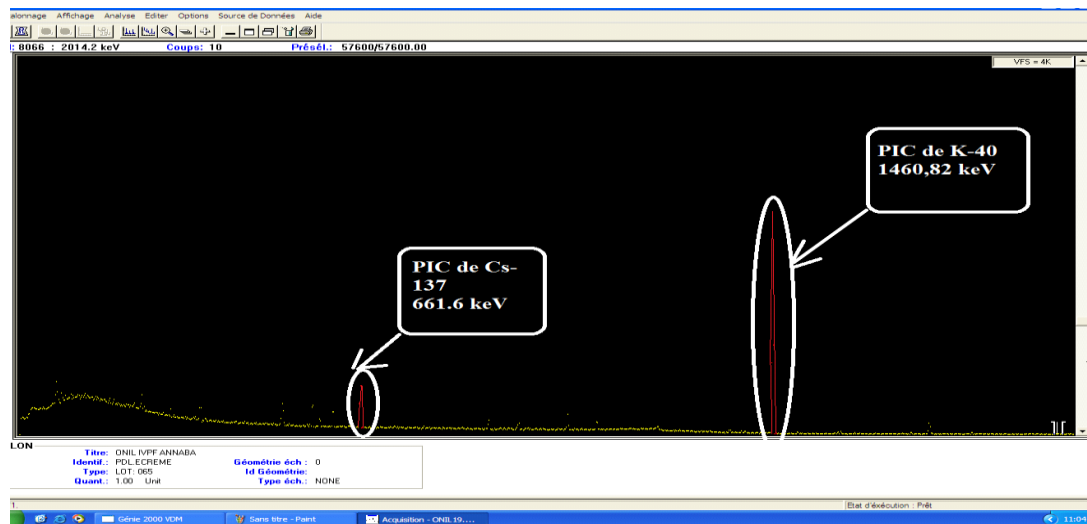
N°	N° de TC	N° de code	Date de Production	Origine	Référence bulletin d'analyse	Radioactifs gamma
01	ECMU1253016	50036UTS	27/11/2003	FRANCE	34/DG/CRNA/2004 DU 08/01/2004	Pas de trace
02	ECMU1296487	5000464LL	12/12/2003	FRANCE	74/DG/CRNA/2004 DU 19/01/2004	Pas de trace
03	ECMU1116625	500069RN6	28/01/2004	FRANCE	226/DG/CRNA/2004 DU 25/02/2004	Pas de trace
04	IPX43327804	5210	02/02/2004	FRANCE	380/DG/CRNA/2004 DU 31/03/2004	Pas de trace
05	IPX43437798	500107RVZ	23/03/2004	FRANCE	523/DG/CRNA/2004 DU 09/05/2004	Pas de trace
06	NCU2106208	76	28/03/2004	FRANCE	579/DG/VRNA/2004 DU 24/05/2004	Pas de trace
07	CLH42999489	500139RCM	13/05/2004	FRANCE	718/DG/CRNA/2004 DU 28/06/2004	Pas de trace
08	ECMU1557636	500149RPH	08/06/2004	FRANCE	805/DG/CRNA/2004 DU 25/07/2004	Pas de trace
09	ECNU1587369	500182RD2	24/07/2004	FRANCE	990/DG/CRNA/2004 DU 05/09/2004	Pas de trace
10	IRXU3301100	500198RBM	13/08/2004	FRANCE	1198/DG/CRNA/2004 DU 23/10/2004	Pas de trace
11	ECMU814662	500204R132	24/08/2004	FRANCE	1199/DG/CRNA/2004 DU 23/10/2004	Pas de trace
12	ECMU476880	500269RTK	11/11/2004	FRANCE	227/DG/CRNA/2005 DU 28/02/2005	Pas de trace
13	ECMU1397814	500273RTS	18/11/2004	FRANCE	319/DG/CRNA/2005 DU 19/03/2005	Pas de trace
14	ECMU204808	DUS	18/03/2005	FRANCE	532/DG/CRNA/2005 DU 03/05/2005	Pas de trace
15	ECMU1598580	50037703	25/04/2005	FRANCE	729/DG/CRNA/2005 DU 06/06/2005	Pas de trace
16	CLHU2669722	50034ECF	06/05/2005	FRANCE	885/DG/CRNA/2005 DU 09/07/2005	Pas de trace
17	NSIU2084081	DPY	22/06/2005	FRANCE	1157/DG/CRNA/2005 DU 20/08/2005	Pas de trace
18	MSCU393540	500424	03/06/2005	FRANCE	1388/DG/CRNA/2005 DU 02/10/2005	Pas de trace
19	NSCU1576948	500463EB3	25/08/2005	FRANCE	1535/DG/CRNA/2005 DU 14/11/2005	Pas de trace
20	TGHU2753783	500516ETC	03/11/2005	FRANCE	1675/DG/CRNA/2005 DU 26/12/2005	Pas de trace
21	ECMU16597/0	500413EPR	17/06/2005	FRANCE	68/DG/CRNA/2006 DU 22/01/2006	Pas de trace
22	NSCU623481/0	522DTX	21/11/2005	FRANCE	0053/DG/CRNA/2006 DU 17/01/2006	Pas de trace
23	NSCU168842/4	53560045	16/12/2005	FRANCE	216/DG/CRNA/2006 DU 01/03/2006	Pas de trace

24	NSCU351889/6	500616HUC	03/03/2006	FRANCE	546/DG/CRNA/2006 DU 08/05/2006	Pas de trace
25	NARU200632/5	500622HUI	10/03/2006	FRANCE	628/DG/CRNA/2006 DU 23/05/2006	Pas de trace
26	MSCU1357/3	31210031	01/05/2006	FRANCE	828/DG/CRNA/2006 DU 01/07/2006	Pas de trace
27	INBU513087/0	70530023	20/02/2007	FRANCE	589/DG/CRNA/2007 DU 30/04/2007	Pas de trace
28	JAY4/085829	055	11/02/2007	FRANCE	709/DG/CRNA/2007 DU 21/05/2007	Pas de trace
29	ECMU4588775	R073510	05/2007	FRANCE	1151/DG/CRNA/2007 DU 01/09/2007	Pas de trace
30	ECMU4380375	R073511	06/2007	FRANCE	1465/DG/CRNA/2007 DU 30/10/2007	Pas de trace
31	CLHU4767672	73230009	19/11/2007	FRANCE	1740/DG/CRNA/2007 DU 18/12/2007	Pas de trace

#### 4- Matériel et méthode :

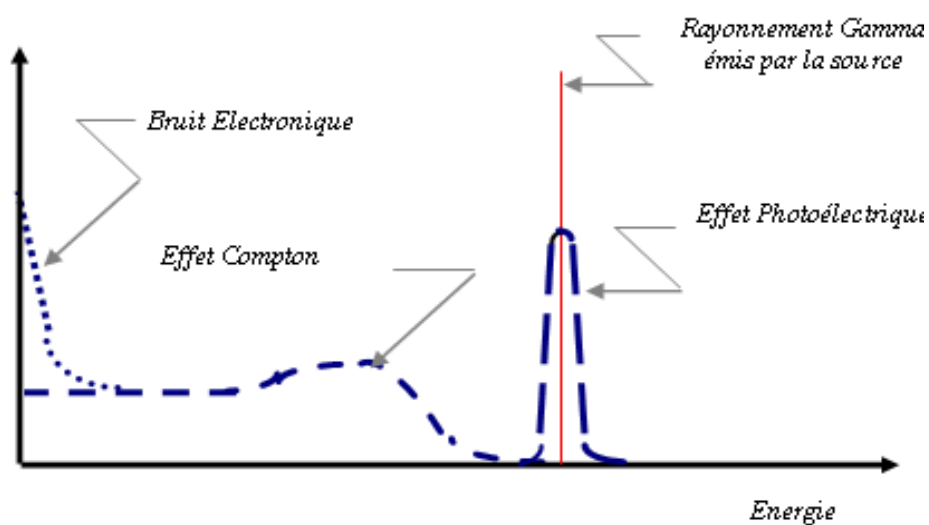
##### 4-1 Principe de La spectrométrie gamma :

La spectrométrie est une technique de mesure nucléaire très utilisée, pour identifier des éléments radioactifs présents dans un échantillon radioactif, par la mesure de l'énergie des rayonnements gamma émis. Ce type de rayonnement est commode à mesurer : en effet on a une absorption très faible du rayonnement  $\gamma$  dans les aliments, par rapport aux rayonnements  $\alpha$  et  $\beta$  absorbés en totalité dans l'échantillon non préparé convenablement (auto absorption). Pour doser un radionucléide émetteur  $\alpha$  ou  $\beta$  pur on doit au minimum procéder à une mise en solution et à une séparation chimique préalable du radioélément. Pour la plupart des radionucléides artificiels, qui sont émetteurs  $\gamma$ , on recourra donc à une méthode basée sur la mesure des photons  $\gamma$  émis pour évaluer les niveaux de contamination d'un aliment, grâce à des détecteurs à base de germanium capables de distinguer des rayonnements  $\gamma$  d'énergie voisine. Les mesures par spectrométrie gamma permettent de construire des spectres : histogrammes donnant la population de photons détectés en fonction de leur énergie. L'identification des radioéléments présents dans l'échantillon contaminé s'effectue à partir de l'énergie du pic et son activité à partir de la surface de l'air du pic.



**Figure 7 :** Spectres de lait en poudre obtenue en 2012 par le logiciel génie 2000

Si on considère une source radioactive mono-énergétique (émettant une seule énergie), théoriquement le spectre devrait montrer une seule raie, mais l'interaction du rayonnement avec la matière donne lieu à des effets combinés (effet Compton, effet de matérialisation..) qui viennent se superposer avec l'événement dont on a besoin (effet photoélectrique).



**Figure 8 :** Spectre à la sortie d'un analyseur multicanaux

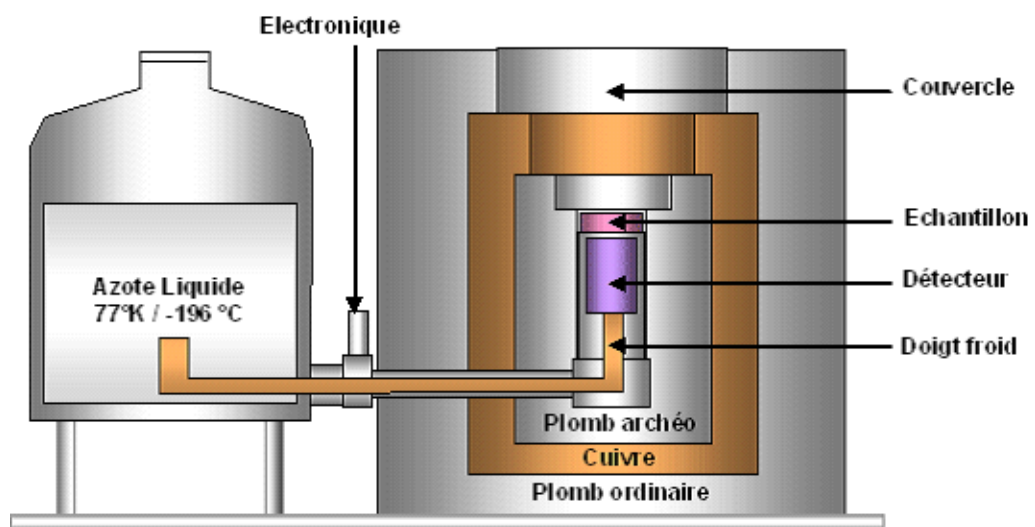
#### 4-2 Présentation d'une chaîne de spectrométrie gamma :

Le service dispose de cinq chaînes de spectrométrie gamma, chaque chaîne est constituée des modules suivants :

- Détecteur germanium Hyper-pur.
- Enceinte blindée.



- Préamplificateur.
- Amplificateur.
- Haute tension.
- Analyseur multicanal (MCA).
- Convertisseur analogique.
- Carte mémoire tampon.
- Un microordinateur.
- Logiciel d'acquisition et de traitement.



**Figure 9 :** Représentations de la chaîne de spectrométrie gamma

#### 4-2-1 Détecteur semi conducteur :

Ce détecteur composé d'un cristal unique de germanium hyper pur connecte à un préamplificateur. Le dépôt d'énergie émet des rayons gamma, leurs interactions se traduisent par la création de porteurs de charges. Ces charges sont ensuite mobilisées grâce à un champ électrique, produit par une alimentation haute tension continue de l'ordre de quelques milliers de volts, conduisant à la génération d'un courant. Il fonctionne à basse température (77 K) obtenue à partir de l'azote liquide, ce qui assure une insensibilité aux variations de haute tension et de température intérieure, et présentent une excellente résolution en énergie.



**Figure 10:** Détecteurs semi-conducteurs dans la salle de comptage

**4-2-2 Préamplificateur :** est le premier dispositif rencontré en sortie du détecteur. Son rôle est de réaliser une première amplification du signal généré par l'interaction du gamma avec le cristal.

**4-2-3 Amplificateur :** exploite les impulsions sortant du préamplificateur. Il adapte tout d'abord l'amplitude du signal incident à une gamme de tension exploitable par l'étage suivant. Il réalise ensuite une mise en forme, le plus souvent gaussienne.

**4-2-4 Convertisseur analogique -numérique (ADC):**

Convertit le signal électrique envoyé précédemment par l'amplificateur en un système de codage numérique, traité ensuite par un analyseur multicanaux

**4-2-5 Analyseur multicanaux (ou MCA pour Multi Channel Analyser) :**

Permet enfin de trier les impulsions en fonction de leur amplitude. Il est doté de mémoires permettant de stocker ces données dans des canaux correspondant à des intervalles de tension et de les transmettre en ligne vers un ordinateur. Les enregistrements ainsi obtenus sont des histogrammes qu'on appelle « spectres différentiels de hauteur d'impulsion ». La plupart du temps, le logiciel utilisé pour l'acquisition des données permet également de réaliser une première analyse qualitative et quantitative des spectres.



**Figure 11:** Analyseur multicanaux

#### **4-2-6 Logiciel de traitement et d'analyse du signal :**

Le logiciel de spectrométrie Génie 2000 propose, l'acquisition, la visualisation et l'analyse de données spectrométriques sur les ordinateurs PC. Il permet de contrôler plusieurs détecteurs de façon indépendante et se connecte en réseau aisément. Son fonctionnement par fenêtres le rend très convivial et de nombreux programmes exécutables d'utilisation simple peuvent y être ajoutés.

Le Génie 2000 permet de visualiser en temps réel la sortie de l'analyseur multicanaux, à savoir un spectre avec en abscisse le numéro de canal et en ordonnée le nombre de coups dans ce canal.

La visualisation du spectre photoélectrique s'effectue généralement après un temps de comptage déterminé par le manipulateur.

Ce temps de comptage varie en fonction de la présence ou non de la radioactivité dans l'échantillon analysé, de la nature du produit qui est de : 2 h pour les produits laitiers ; 16 h pour les viandes et de 1h pour les produits congelés, pour éviter d'abîmer le détecteur.

Il peut aller jusqu'à 48 h lors de recherche scientifique, lorsque la contamination est très peu significative.



Figure 12: Ordinateurs pc reliés a leurs détecteurs respectifs dans la salle de Spectro gamma

#### 4-2-7 Haute tension :

Elle est réglée sur une différence de potentiel de 2500 V consigné par le producteur de détecteur

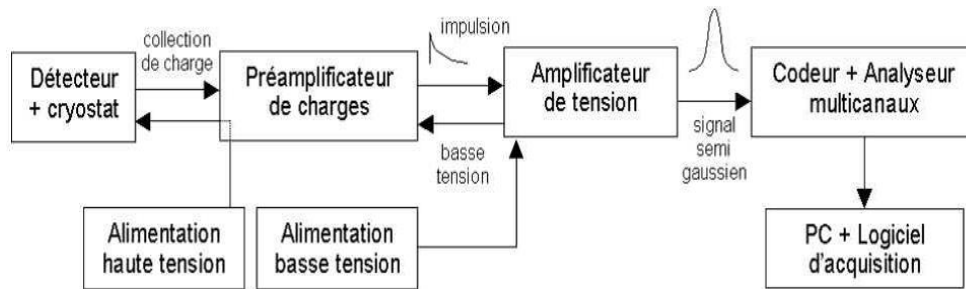


Figure 13 : Schéma descriptif de la chaîne de spectrométrie gamma

### 5- Procédure de calibration des chaines :

La procédure de la calibration est une application qui doit ce faire de façon systématique. Principalement lors de panne d'électricité, ou lorsque le manipulateur expérimenté détecte une faille dans la chaîne de spectrométrie et se afin d'obtenir un bruit de fond (toute composante non désirée affectant la sortie d'un dispositif) aussi faible et fiable que possible.

#### 5-1 Calibration en énergie :

La calibration en énergie permet une identification fiable des radionucléides émetteurs gamma, à travers les énergies de leurs pics photoélectriques respectifs.

L'étalonnage en énergie est effectué par un comptage à l'aide de trois sources ponctuelles avec les énergies et les nombres de canal correspondants, ces sources couvrent une large gamme d'énergie (59,5 – 1332 keV). À partir des trois premiers points (59,5 ; 661,6 et 1173,2 keV) on trace la courbe de calibration en énergie représentée et d'après l'énergie 1332,5 keV

on effectue la vérification.

**Tableau 6:** les sources radioactives utilisées dans la calibration en énergie avec leurs énergies et accompagnées de leurs canaux respectifs

Radioélément	Energie (Kev)	Canal
Am-241	59.5	483
Cs-137	661.7	5282
Co-60	1332.5	10648
	1173.2	9380

## 5-2 Calibration en efficacité :

La calibration en efficacité permet la quantification en termes de concentration de l'activité, des radioéléments présents dans l'échantillon.

Il est nécessaire d'établir une courbe d'efficacité, et voir son évolution en fonction de l'énergie.

On dispose pour cela d'une source connue polyénergétique d'Europium 152

Période ( $T_{1/2}$ ) = 13.2 Ans.

L'efficacité est définie par le rapport :  $S$  : surface de pic.

$A$  : l'activité de la source.

$I$  : l'intensité d'émission de pic photoélectrique ou rapport d'embranchement.

$t$  : temps de comptage.

**Tableau7:** Eléments constitutifs pour l'élaboration de la courbe d'efficacité

Energie (Kev)	Intensité (%)	Temps (s)	Activité (Bq)	Surface (CPS)	Efficacité (%)
1 408,00	20,850	345 600	43,830	6 007	0,190
1 112,10	13,560	345 600	43,830	3 9260	0,191
1 085,90	10,160	345 600	43,830	3 0560	0,199
0964,10	14,620	345 600	43,830	5 4820	0,248
0444,00	3,120	345 600	43,830	1 6130	0,341
0344,30	26,600	345 600	43,830	18 179	0,451
0244,70	7,510	345 600	43,830	6 1140	0,537
0121,80	28,400	345 600	43,830	30 073	0,699

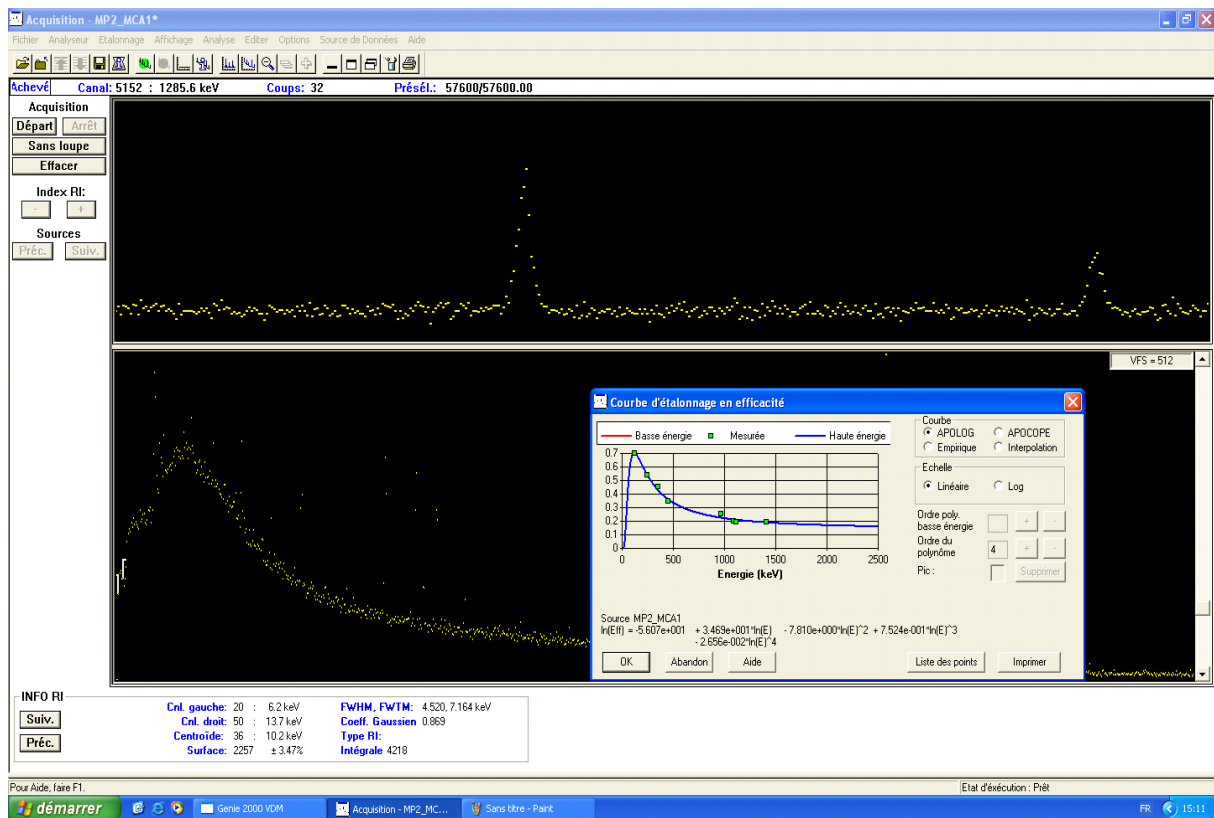


Figure 14 : Courbe d'efficacité en fonction de l'énergie des pics photoélectriques

## 6- Préparation des standards :

Des standards sont utilisés afin de quantifier avec exactitude l'activité de l'échantillon à analyser. Ces derniers doivent correspondre aux mêmes caractéristiques géométriques (même densité, volume, masse) et physique que le standard.

Le principe consiste à utiliser des sources radioactives liquides d'activité connue.

De nombreux types de conteneurs standardisés (géométries enveloppantes « Marinelli » ou autre), dont les volumes varient de quelques dizaines de cm<sup>3</sup> à plusieurs litres sont utilisés pour les mesures.

Un conteneur pas assez rempli induit une surestimation de l'activité (15 à 20 % selon l'énergie) tandis qu'un conteneur trop rempli induit moins d'erreur (inférieure à 15 %) mais une sous-estimation de l'activité.

Exemple :

Un standard de poudre de lait est préparé en utilisant un flacon propre et une source radioactive liquide d'américium 241

L'activité totale d'Am241 injectée dans l'échantillon standard est de 2039.062 Bq.

La quantité de poudre de lait est de 100g.

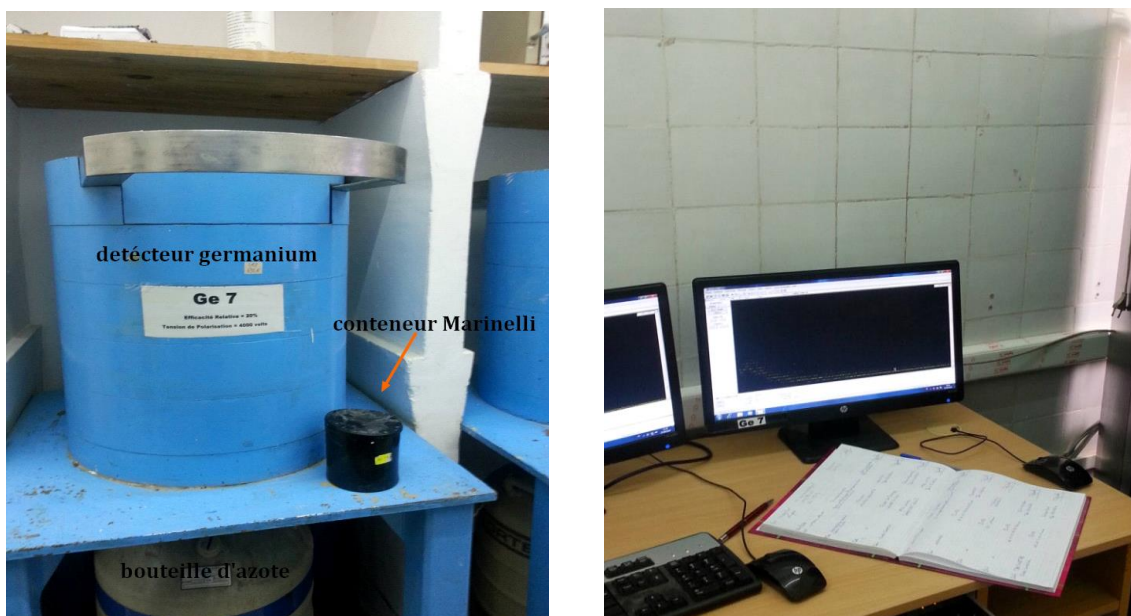
L'élaboration des standards est un procédé établi par les physiciens dans le service de la physique nucléaire du CRNA, ce procédé est assez complexe à cause des exigences appliquées en matières de biosécurité, lors de la manipulation de sources radioactives.

## 7- Application :

### 7-1 Analyse d'un standard de poudre de lait :

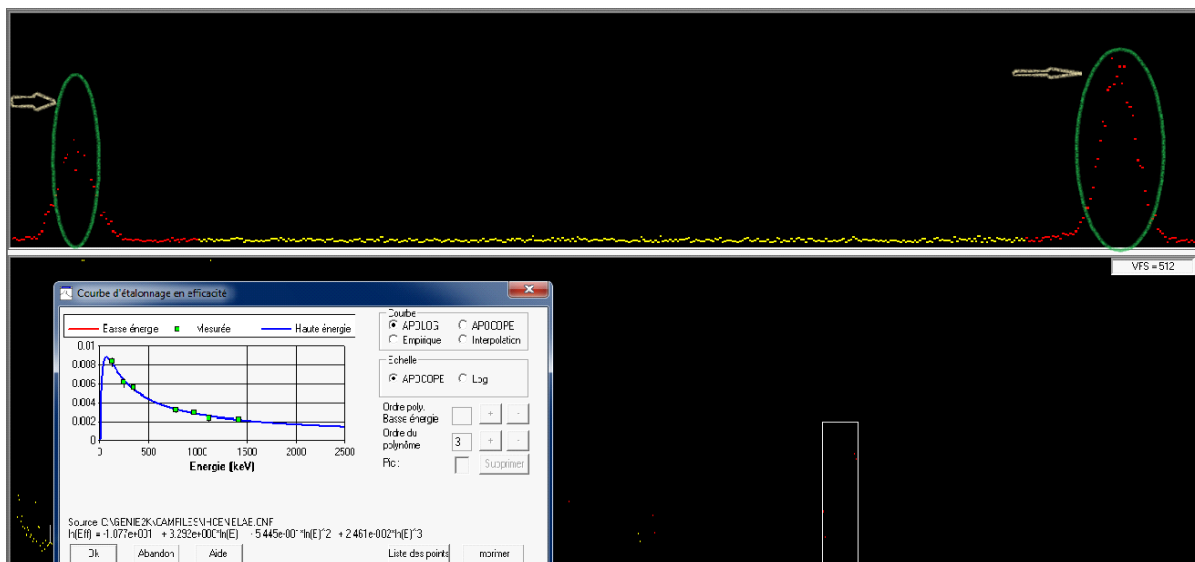
-Après avoir procédé à la calibration de la chaîne ; l'échantillon est mis à l'intérieur du détecteur.

-Le lait en poudre se trouve de façon homogène donc on n'a pas besoin de le broyer. Le remplissage d'un conteneur Marinelli par 500 (g) de lait en poudre commercialisé, tout en rajoutant une ancienne source présente connue au niveau du service.



**Figure 15 :** Détecteur utilisé pour l'analyse de la poudre de lait relié avec son Pc respectif

-Après un temps de comptage de : 14059 (s) on a obtenu 5 pics décelables sur le logiciel Génie 2000.



**Figure 16** : Spectre d'activité de l'eu 152 (2 pics d'énergies différentes accompagnés de la courbe d'efficacité)

## Résultats :

Les résultats extraits du spectre sont résumés dans ce tableau (Tab 8).

**Tableau 8**: Activité naturelle et artificielle dans un standard de lait

Energie (Kev)	Intensité (%)	Efficacité (%)	Surface (Cpc)	Activité (Bq)
775 ,9	12,74	0,0033	1546	265,939
964	14,44	0,0030	1446	244,106
1112	13,34	0,0029	1359	287,121
1408	20,74	0,0022	1761	283,65
1460	10,74	0,0020	3335	190,07

Le but de cette application est de montrer le résultat obtenu en cas de contamination radioactive d'une denrée.



## 7-2 Exemple de procédure de traitement d'un échantillon de poudre de lait

### République Algérienne Démocratique et Populaire

De la wilaya de ALGER.....  
Services Des Inspections vétérinaires.  
Date. 25/09/2016.....  
Réf : 1508...IVPF /2016

### Demande d'analyses

Veuillez procéder à l'analyse bactériologiques / isotopiques de la  
marchandise décrite ci-dessous

Nature de produit..... POUDRE DE LAIT.....  
Marque..... LOVELY.....  
Code d'usine.....  
Origine..... ARGENTINE.....  
Lot N°..... 16301.....  
M/V.....date d'arrivée..... 28/08/2016.....  
Date de péremption..... 07/2017.....  
Date de fabrication..... 07/2016.....  
Importateur..... SARL ZUMA FOOD.....  
Expéditeur.....

Salutation distinguée

---

Figure 17 : Exemple d'une demande d'analyse



## Résultats :

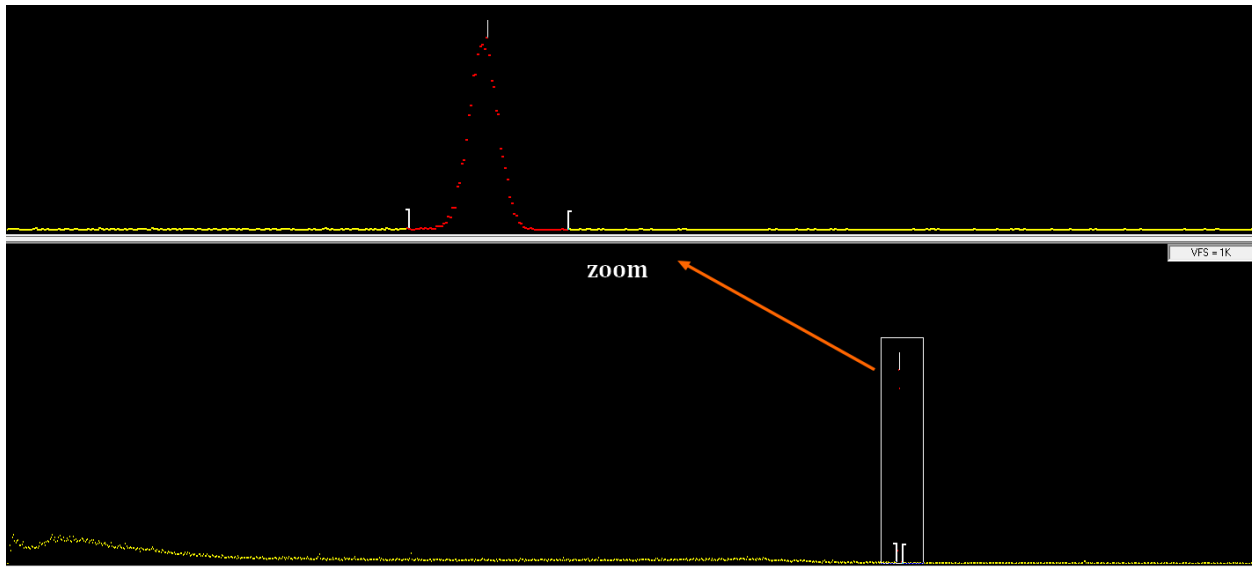


Figure 20 : Spectre d'activité de l'échantillon de poudre de lait analysés

Radioélément détecté : pic du k 40

Calcul de l'activité :

$$\text{De l'équation : } \varepsilon = \frac{S}{A \cdot I \cdot t}$$

$$A = \frac{S}{\varepsilon \cdot I \cdot t} = \frac{1782}{0.002 \cdot 0.107 \cdot 7200} = 1188 \text{ Bq}$$

## 8- Discussion :

Comme la technique de spectrométrie gamma nécessite systématiquement une calibration de la chaîne avant chaque manipulation, les résultats sont jugés fiables.

Cette technique est considérée comme étant la seule à pouvoir effectuer l'analyse radioisotopique ce qui rend impossible la réalisation d'une étude comparative.

Avoir des échantillons non représentatifs d'une cargaison donnée, pourrait modifier la validité des résultats.

Jusqu'à présent le service ne possède qu'un seul standard pour la poudre de lait, ceci est un

facteur limitant sur le contrôle des autres denrées, puisque l'analyse de ces dernières se résume à la recherche de la présence ou non d'un radioélément sans savoir avec précision l'activité du radioélément.

### Conclusion et perspective :

Les vétérinaires à l'échelle internationale sont intégrés de façon directe dans le contrôle radioisotopique, contrairement à l'Algérie où ce dernier n'est réalisé que par le CRNA.

Il est recommandé d'avoir un spectromètre gamma au niveau de chaque port sur l'ensemble du littoral, ceci permettra de:

- minimiser l'endommagement des produits (en raison du court temps d'attente).
- Réduire la possibilité de fraudes et d'actes malveillants.
- D'assurer la traçabilité de l'ensemble des produits.

En raison des faibles travaux réalisés en Algérie, et le manque de renseignements sur le contrôle radioisotopique dans la formation vétérinaire, il est dans l'obligation d'établir une enquête, afin de déterminer l'état de salubrité des produits importés existant sur le territoire Algériens.

Selon le SAI, le complexe minéralo-vitaminé, a souvent dépassé le seuil de tolérance ; il est ainsi nécessaire de prévoir dans les années à venir un contrôle en amont sur les volailles et les souches importées.

## Références bibliographiques

Adrian , J.,(1969).Valeur alimentaire du lait .La maison rustique, Paris.85, 95 p.

Anonyme.,(2017 ) . pouvons- nous éviter les impacts sur l'homme et sur l'environnement  
.http://tpe-demantelement-nucleaire-limiter-impacts.e-monsite.com/ (consulte le 10/03/2017)

Anonyme ., (2016a).Faire avancer la sureté  
nucléaire.http://www.irsn.fr/FR/connaissances/Pages/Home.aspx.(consulte le 12-12-2016) .

Anonyme.,(2016b) . Les risques nucléaires expliqués en toute simplicité. http://www.nucleaire-  
nonmerci.net/index.html. (Consulte le 15-12-2016).

Blanquart , S., (2009) .Risques de contamination des filières de production des denrées  
alimentaires par des rejet accidentels de radionucléides .Rédaction de fiches synthétiques à  
l'usage des décideurs.Thèse pour l'obtention du grade de Docteur Vétérinaire .Lyon, école  
nationale vétérinaire de Lyon,188p.

CODEX STAN 193-1995.Norme générale codex pour les contaminants et les toxines dans les  
aliments.

De la Vaissière, C., Laberrigie-Frolow ,J., Sacquin ,Y., Hubaut ,F., Audi ,G., Huffer, E., Husson ,  
JP.,Billard, I. (Page consultée le 16 octobre 2016). La radioactivité.com, [en ligne]. Adresse URL  
:<http://www.laradioactivite.com>

Doucet, J., Martinez, H., Pelletier B., Roy,C.(2006). Radioprotection et exercice de la Médecine  
vétérinaire. Bull Acad vet France  
159(1) : 31 –36.

Dutreix, J., (1996).Des rayons X à la radioactivité et au radium. La découverte et l'œuvre d'Henri Becquerel (1852-1908).Bull. Acad. natl. Méd., 180, (1), 109-118.

Ferrieu ,H., (1993) . Etude de la biodisponibilité du césium 134 et du césium 137 présents dans le foin suite à la catastrophe de Tchernobyl .Thèse de Doctorat Vétérinaire. Toulouse, Université Paul Sabatier, 187 p.

Fesenko, S., Isamov, N., Howard ,BJ., Voigt, G., Beresford ,NA., Sanzharova, N. (2007 a) Review of Russian language studies on radionuclide behaviour in agricultural animals : part 1. Gut Absorption.J Environ Radioact. 98, (1-2), 85-10.

FNSEA-CNIEL., (1990).Agriculture, environnement et nucléaire : comment réagir en cas d'accident? Paris, 208p.

Janin, F., (1994) .Radionucléides et ruminants : l'après Tchernobyl.Point vét., 26, (N° spécial : Ruminants et santé publique), 143-147.

Journal officiel de la république Algérienne n°27 ., (2005).Décret présidentiel n° 05-117 relatif aux Contrôle isotopique des produits alimentaires.

Kabir,A ., (2015) .Contraintes de la production Laitiers en Algérie et évaluation de la qualité du lait dans l'industrie laitier (constats et perspectives) .thèse de doctorat en microbiologie : microbiologie alimentaire, Faculté de la science de la nature et de la vie Département de biologie,Université d'Oran. 174p.

Laurent ,GJ., (1985) .Radiocontamination : le problème des faibles doses d'irradiation. Thèse de Doctorat Vétérinaire, Université Paul Sabatier, Toulouse, 87 p.

Mantovani ,A., Keck, G., Cautin ,JF., Trenti ,D., Bussi, B., (1990) .Veterinary action in disasters. CEMEC Monogr., (5), 1-6 .

Michon G. , (1993) .Les normes de protection radiologique. L'interprétation sanitaire de la pollution radioactive des Denrées alimentaires.Thèse de Doctorat Vétérinaire. Toulouse, Université Paul Sabatier, 106 p.

Moizant G., (1993).Les conséquences pour les productions animales d'un dépôt accidentel de radioactivité sur les cultures fourragères. Estimations et aspects opérationnels .Thèse de Doctorat Vétérinaire, Faculté de médecine de Créteil ,200 p.

Molinié P., Boudia S., (2006) . Une application méconnue et pourtant célèbre de l'électrostatique: les travaux de Marie Curie, de la découverte du radium à la métrologie de la radioactivité. Journal of Electrostatics, 64, (7-9), 461-470.

Morre J. (1968) . Contamination du lait par les radioéléments artificiels, Le lait ,478,539-540.

Morris J.A. (1988 ).Exposition des animaux et produits animaux aux radiations. Surveillance, contrôle des échanges commerciaux aux plans national et international. Revue scientifique et technique OIE. 7(1) ,25-37.

Naudy J.P. (1990). Contribution des services vétérinaires d'hygiène alimentaire à la surveillance des radioéléments Contaminant les chaînes alimentaires. Dépêche vêt ,33.28 p.

Renaud P., Champion D., Brenot J. (2007) .Les retombées radioactives de l'accident de Tchernobyl sur le territoire français ; conséquences Environnementales et exposition des personnes. IRSN, Paris, 191 p.

Rieunau P. , (1995).Etude de la décontamination de la bécasse des bois (*Scolopaxrusticola*) suite à l'accident nucléaire de Tchernobyl. Thèse de Doctorat Vétérinaire .Toulouse, Université Paul Sabatier, 88 p.

Streiff C. (1996).Le vétérinaire en situation de catastrophe nucléaire. Thèse de Doctorat Vétérinaire. Toulouse, Université Paul Sabatier, 107 p.

Wright SM., Smith JT., Beresford NA., Scott WA. (2003) .Monte-Carlo prediction of changes in areas of west Cumbria requiring restrictions on sheep following the Chernobyl accident. *Radiat Environ Biophys.*, 42, (1), 41-7 .