REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED SEDDIK BEN YAHIA – JIJEL

FACULTE DES SCIENCES EXACTES ET INFORMATIQUE
DEPARTEMENT DE PHYSIQUE

Mémoire présenté pour obtenir le diplôme de

Master en physique

Spécialité : physique médicale

Présenter par :

Boudeka Hafsa – Boukazia Asma

Intitulé *:*

L'utilisation de rayonnement gamma pour la conservation de la matière biologique

Soutenue le ***15/09/2021 à 14h30***, devant le Jury Composé de *:*

Président : N. OUNOUGHI	MCA. Université de Jijel
Encadreur : A. BENAIDJA	MAA. Université de Jijel
Examinateur : A. TEDJANI	MCB. Université. de Jijel

Remerciement

Avant tout nous remercions Allah tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage et les moyens afin de pouvoir accomplir ce modeste travail, Nous remercions également notre famille pour les sacrifices qu'elles ont faits pour que nous terminions nos études.

Au terme de ce travail nous tenant à remercier tout d'abord notre encadreur ***Melle. Benaidja Asma****, pour son encadrement, sa précieuse aide, son appui et ses conseils durant l'évaluation de ce travail et pour son expérience et sa compétence*

Comme nous remercions également les membres du jury :

Ounoughi Nabil, d'avoir accepté de présider le jury.

Tedjani Ahmed, d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous tenant également à exprimer nos remerciements :

A tous les corps enseignants de l'Université de Jijel,

En fin, nous remercions les amis et les étudiants de département pour leur soutient en particulier les amis les plus proches de notre promotion, ainsi à tous ce qui ont contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce modeste travail.

Dédicace 1

Je remercie dieu toute puissant de m'avoir donné la force et le courage de finir ce modeste travail que je dédie :

A la personne la plus digne de mon estime et de mon respect, qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, qui éclaire mon chemin et m'illumine de douceur et d'amour, qui m'a toujours poussé, m'encourager et qui motivé dans mes études, mon soutien moral et financier et ma source de joie et de bonheur, que dieu te garde pour nous ''papa''.

A ma très chère ''maman'' en signe d'amour, de reconnaissance, de tendresse et de gratitude pour tous les soutiens et les sacrifices dont elle a fait preuve à mon égard et qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi, celle à qui je souhaite une longue vie.

A mon très chèr et adorable frère Saad, et mes chèrs frères Mohammed et Belkasem et mes chères sœurs Zineb et Firdous avec Surtout la petite princesse de maison Salwa avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

A mon encadreur Melle. Benaidja Asma pour ses précieux conseils, son aide, sa disponibilité et sa contribution générale à l'élaboration de ce travail.

A mon binôme Asma, pour leur patience et leur persistance et avec lequel j'ai partagé mes bons et mauvais moments inoubliables.

A tous, mes chères amies

A mes collègues de la promotion 2020-2021.

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour ce travail soit possible, je vous dis MERCI.

Hafsa

Dédicace 2

Je remercie dieu toute puissant de m'avoir donné la force et le courage de finir ce modeste travail que je dédie :

A la personne la plus digne de mon estime et de mon respect, qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, qui éclaire mon chemin et m'illumine de douceur et d'amour, qui m'a toujours poussé, m'encourager et qui motivé dans mes études, mon soutien moral et financier et ma source de joie et de bonheur, que dieu te garde pour nous ''papa''.

A ma très chère ''maman'' en signe d'amour, de reconnaissance, de tendresse et de gratitude pour tous les soutiens et les sacrifices dont elle a fait preuve à mon égard et qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi, celle à qui je souhaite une longue vie.

A mon très cher et adorable frère Abd Rahmen et ma chère sœur Nour el Houda avec Surtout le petit prince de maison Youssef avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

A mon encadreur Melle. Benaidja Asma pour ses précieux conseils, son aide, sa disponibilité et sa contribution générale à l'élaboration de ce travail.

A mon binôme Hafsa, pour leur patience et leur persistance et avec lequel j'ai partagé mes bons et mauvais moments inoubliables.

A tous, mes chères amies

A mes collègues de la promotion 2020-2021.

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour ce travail soit possible, je vous dis MERCI.

Asma

Table des matières

Remerciements ..... *I*

Dédicace 1 ..... *II*

Dédicace 2 ..... *III*

Table des matières ..... *IV*

Liste des figures ..... *VIII*

Liste des tableaux ..... *X*

Liste des organigramme ..... *X*

Introduction générale *1*

Chapitre I : Généralité sur la radioactivité

Généralité sur la Radioactivité *3*

I. Les principaux types de désintégrations *3*

I.1 Radioactivité alpha *3*

I.2 Radioactivité beta *4*

I.2.1 Radioactivité bêta moins *4*

I.2.2 Radioactivité bêta plus *5*

I.3 La radioactivité gamma *5*

II. Classification des rayonnements *6*

II.1 Les rayonnements ionisants *6*

II.1.1 Les rayonnements directement ionisants *7*

II.1.2 Les rayonnements indirectement ionisants *7*

II.2 Les rayonnements non-ionisants 7

III. Les interactions rayonnement matière 8

III.1 Interaction photons matière.....8

III.2 Importance relatives des trois effets 12

III.3 Loi d'atténuation d'un rayonnement de photons.....13

IV. Les applications des rayonnements ionisants 14

1. Dans le domaine médical.....14

2. Utilisation des rayonnements en Industrie 15

3. Utilisation des rayonnements dans l'agriculture.....16

4. Utilisation des rayonnements pour stérilisation et conservation 17

Conclusion.....17

Chapitre II : conservation des aliments

Introduction.....18

I. Techniques de conservation des aliments.....18

I.1 Techniques de conservation par la chaleur 18

I.1.1 La Pasteurisation.....18

I.1.2 La stérilisation (ou appertisation) 19

I.1.3 L'Ultra Haute Température.....20

I.2 Techniques de conservation par le froid 22

I.2.1 La réfrigération 22

I.2.2 La congélation 22

I.2.3 La surgélation.....22

I.3 Techniques de conservation par séparation et élimination d'eau.....24

I.3.1 La déshydratation et le séchage *24*

I.3.2 La lyophilisation *24*

I.3.3 Le salage *24*

I.4 Technique de conservation sous atmosphère contrôlée *25*

I.4.1 Le conditionnement sous vide *25*

I.4.2 Le conditionnement sous atmosphère modifiée *25*

I.5 Techniques chimiques de conservation *27*

I.5.1 Fumage ou la fumaison *27*

I.5.2 Le sucrage *27*

I.5.3 Additifs alimentaires *27*

I.5.4 Acidification *27*

I.6 Autres techniques *28*

I.6.1 Fermentation *28*

I.6.2 Irradiation ou ionisation *29*

I.6.2.1 Les effets de l'irradiation *30*

Conclusion *33*

Chapitre III : Généralité sur la pomme de terre

I. Origine *34*

II. Description botanique et morphologique *35*

II.1 Partie aérienne *35*

II.2 Partie souterraine *35*

III. Les variétés de la pomme de terre *37*

IV. Compositions chimique et valeur nutritive *39*

V. Physiologie et cycle de développement de la pomme de terre.....40

1. Le cycle sexué.....40

2. Cycle végétatif 41

VI. Les dates de plantation de la pomme de terre 43

VII. Conservation de pomme de terre 43

VIII. L'importance des pommes de terre 44

Conclusion.....45

Chapitre IV: Résultat et discussion

Introduction.....46

I.1 La matière végétale étudiée.....46

I.2 L'irradiation des échantillons.....47

II. Résultats et discussion 49

II.1 Rayonnement gamma et âge physiologique 50

II.2 Evaluation de la qualité alimentaire des tubercules irradiés : le dosage des sucres totaux 52

Conclusion.....56

Conclusion générale 57

Référence……...…… 58

Résumé……...……61

Liste des figures

Figure I.1 : *la désintégration alpha* 4
Figure I.2 : *les désintégrations* $\beta +$ *et* $\beta -$ 4
Figure I.3 : *émission gamma* 6
Figure I.4: *effet photoélectrique* 9
Figure I.5: *diffusion de Compton* 10
Figure I.6: *diffusion de Rayleigh* 11
Figure I.7: *création de paires.* 11
Figure I.8: *effet d'annihilation.* 12
Figure I.9: *Importance relatives des trois effets*.....13
Figure I. 10: *Courbe d'atténuation des photons dans la matière*.....14
Figure III.11: *Caractéristiques morphologiques de la pomme de terre* 36
Figure III.12: *Principaux organes extérieurs du tubercule de pomme de terre.* 36
Figure III.13: *Les différentes formes des tubercules de pomme de terre*.....37
Figure III.14: *Les différentes méthodes de multiplication de la pomme de terre.* 40
Figure III.15: *Evolution physiologique du tubercule de pomme de terre* …….41
Figure III.16: *Le cycle végétatif de la pomme de terre* 43
Figure IV.17: *Les variétiés spunta et désirée* 47
Figure IV.18: *Schéma de l'irradiateur pilote de CRNA* 48
Figure IV.19: *La variation du poids des tubercules en fonction de temps*.....50
Figure IV.20: *La variation du poids des tubercules en fonction de temps*.....50
Figure IV.21: *tubercules de la pomme de terre irradié pour la variété spunta après 15 moins*.....51
Figure IV.22: *tubercules de la pomme de terre irradié pour la variété désirée après 15 moins*..... 52

Figure IV.23: *Courbe de la variation de la concentration de glucose en fonction de l'absorbance* 55
Figure IV.24: *Histrogrmme de la concentration de glucose dans les tubercule de pomme de terre en fonction de la dose* 55

Liste des tableaux

Tableau II.1: *Les différentes techniques de pasteurisation 19*

Tableau II.2: *Les différentes techniques de stérilisation 20*

Tableau II.3: *les avantages et les inconvénients de la conservation par la chaleur.....21*

Tableau II.4: *les avantages et inconvénients de la conservation par le froid...23*

Tableau II.5: *les avantages et les inconvénients de la conservation par séparation et élimination d'eau.....24*

Tableau II.6: *les avantages et les inconvénients de conservation sous atmosphère contrôlé.....26*

Tableau II.7: *les avantages et les inconvénients de la conservation chimique.28*

Tableau II.8: *les avantages et les inconvénients de la fermentation.....29*

Tableau II.9: *Doses nécessaires pour diverses applications.....32*

Tableau III.1**:** *quelques variétés de pomme de terre*…… 38

Tableau III.2: *valeur nutritionnelle moyenne pour 100g de pomme de terre...*39

Liste des organigramme

Organigramme I.1: *les différents types de rayonnement.....6*

Organigramme I.2: *Les interactions rayonnement matière... .....8*

Introduction générale

Le monde dans lequel nous vivons est un monde « rayonnant ». Depuis leur apparition sur terre, les êtres vivants (animaux, végétaux, être humain...etc.) sont de façon contenu ou discontinu exposés aux différents types de rayonnements. Ils sont, par exemple, exposés aux rayonnements solaires, c'est-à-dire à la lumière visible provenant du soleil, laquelle s'accompagne de rayonnement invisibles connus sous le nom de rayonnements ultraviolets et infrarouges. Ces rayonnements sont des ondes électromagnétiques comme le sont aussi les ondes radio, les rayons X et les rayons gamma , Et chaque type de ces rayons a des utilisations qui correspondent à sa propre énergie, car les rayons radio sont utilisés dans la communication et le partage d'informations, les rayons micro-ondes dans le chauffage et la cuisson des aliments, les rayons X dans le diagnostic et le traitement des maladies (radiothérapie, radiologie), gamma dans la stérilisation des instruments médicaux, etc.

Les rayons gamma sont utilisés comme alternative aux composés chimiques dans la conservation et la transformation des aliments à partir de divers champignons, bactéries et micro-organismes pouvant entraîner une détérioration des aliments, ainsi que pour prolonger leur durée de vie en empêchant leur germination (pommes de terre, oignons, etc.) et en prolongeant la durée de conservation à la durée la plus longue possible, mais il est nécessaire de choisir la dose appropriée pour produire l'effet souhaité, (l'aliment devient non consommable s'il est dépassé dans les doses spécifiées)

Les techniques de conservation des aliments variaient, notamment traditionnelles (séchage, salage) et modernes (congélation, surgélation, conservation par irradiation), qui facilitaient la vie des gens et rendaient la nourriture facile à conserver et disponible toute l'année.

Ce travail s'articule en quatre chapitres distincts :

- ✓ Le chapitre I : Nous commençons par présenter des concepts liés à la radioactivité, puis nous présentons un résumé de la classification du rayonnement selon son effet sur la matière. Après cela, nous avons mentionné les types d'interaction photon-matière, et Enfin, nous avons parlé des applications des rayonnements dans divers domaines (médecine, industrie, agriculture).
- ✓ Chapitre II : Nous avons évoqué les différentes méthodes de conservation des aliments et les avantages et inconvénients de chaque méthode, puis nous avons abordé la méthode de conservation par rayonnement et ses effets sur la matière biologique, et enfin les limites de l'utilisation des doses de rayonnement dans diverses applications

- ✓ Chapitre III : Ce chapitre contient, généralités sur les pommes de terre, et enfin l'intérêt de notre choix de pommes de terre.
- ✓ Chapitre IV : ce chapitre contient, matériel et méthode et en fin, nous avons présenté et discuté les résultats ainsi obtenus.

Et en fin on termine avec une conclusion

Chapitre I : Généralité sur la radioactivité

Généralité sur la Radioactivité

Dans la nature, il existe deux types de noyaux, ceux qui ne subissent aucune transformation au cours du temps : ce sont des noyaux stables, et ceux qui se transforment au cours du temps : ce sont des noyaux instables ou "radioactifs". Le processus de cette transformation est appelée "radioactivité". **[1]**

La radioactivité d'un élément est un phénomène de retour à l'équilibre. Elle se traduit par le passage d'un noyau de l'état instable à un état plus stable par désintégration spontanée en libérant une quantité d'énergie sous forme des particules ou de rayonnements électromagnétiques. **[2]** Les noyaux radioactifs sont appelés " radioéléments ou radionucléides ". Pour un nombre donné des noyaux radioactifs, le moment où l'un de ces noyaux se désintègre ne peut être prédit, mais nous pouvons cependant déterminer une probabilité de désintégration. **[1]**

I. Les principaux types de désintégrations

I.1 Radioactivité alpha

Le rayonnement alpha est constitué d'un noyau d'hélium comprenant deux protons et deux neutrons. Il porte deux charges positives. Des atomes dont les noyaux radioactifs sont trop chargés en protons et en neutrons émettent souvent un rayonnement alpha. Ils se transforment en un autre élément chimique dont le noyau est plus léger. **[3]** Le bilan de ce rayonnement est le suivant :

$$^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A-4}_{Z-2}X' + {}^{4}_{2}He$$

Par exemple, l'uranium 238 est radioactif alpha et se transforme en thorium 234 :

$$^{238}_{92}U \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{234}_{90}Th$$

Figure I.1 : *la désintégration alpha* ***[3]***

I.2 Radioactivité bêta

La désintégration **β** est une transformation isobarique correspond à la transmutation d'un noyau sans variation du nombre du masse **A**. On distingue deux types de transformation isobarique :

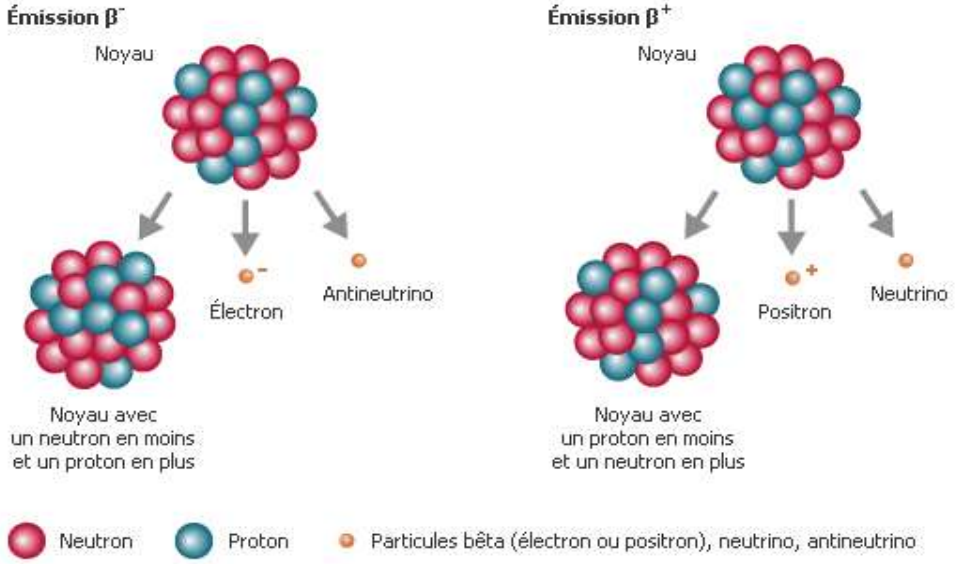


Figure I.2 : *les désintégrations* β^+ *et* β^-

I.2.1 Radioactivité bêta moins

Le rayonnement bêta moins est constitué d'un électron chargé négativement. Certains atomes dont les noyaux sont trop chargés en neutrons émettent un rayonnement bêta moins. Un des neutrons au sein du noyau se désintègre en un proton plus un électron, ce dernier étant éjecté. Ainsi l'atome s'est transformé en un autre élément chimique **[3]**. Le bilan de ce rayonnement est le suivant :

$$ {}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A}_{Z+1}X' + {}^{0}_{-1}e + \overline{\upsilon} \quad ou \quad {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e + \overline{\upsilon} $$

Par exemple, le thorium 234 est radioactif bêta moins et se transforme en protactinium 234 :

$$^{234}_{90}Th \longrightarrow {}^{234}_{91}Pa + {}^{0}_{-1}e + \overline{v}$$

I.2.2 Radioactivité bêta plus

Le rayonnement bêta plus est constitué d'un positon (particule de même masse que l'électron mais chargée positivement). Certains atomes dont les noyaux sont trop chargés en protons émettent un rayonnement bêta plus. Un des protons au sein du noyau se désintègre en un neutron plus un positon, ce dernier étant éjecté. Ainsi l'atome s'est transformé en un autre élément chimique **[3]**. Le bilan de ce rayonnement est le suivant :

$$^{A}_{Z}X \longrightarrow {}_{Z-1}^{A}X' + {}^{0}_{+1}e + v \quad ou \quad {}^{1}_{1}p \longrightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{+1}e + v$$

Par exemple, l'iode 122 est un radioactif bêta plus et se transforme en tellure 122

$$^{122}_{53}I \longrightarrow {}^{122}_{52}Te + {}^{0}_{+1}e + v$$

Notons que pour les deux types de désintégration bêta, le noyau garde le même nombre de nucléons (donc la même masse atomique).

I.3 La radioactivité gamma

Le rayonnement gamma est une onde électromagnétique comme la lumière visible ou les rayons **X** mais plus énergétique. Ce rayonnement suit souvent une désintégration alpha ou bêta. Après émission de la particule alpha ou bêta, le noyau est encore excité car ses protons et ses neutrons n'ont pas trouvé leur équilibre. Il se libère alors rapidement d'un trop-plein d'énergie par émission d'un rayonnement gamma.

$$^{A}_{Z}X^{*} \longrightarrow {}^{A}_{Z}X + \gamma$$

C'est la radioactivité gamma. Par exemple, le cobalt 60 se transforme par désintégration bêta en nickel 60 qui atteint un état stable en émettant un rayonnement gamma. **[3]**

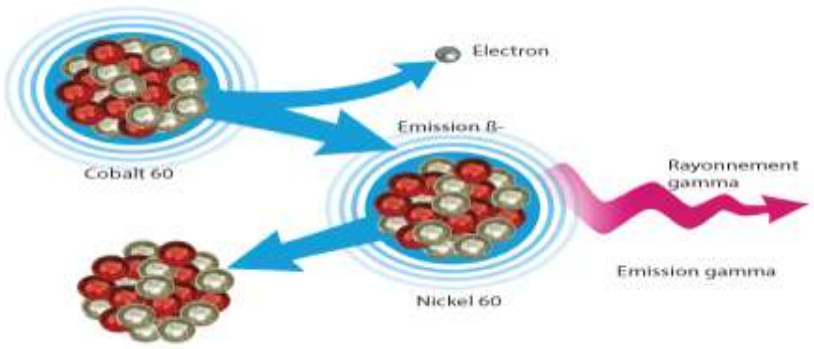
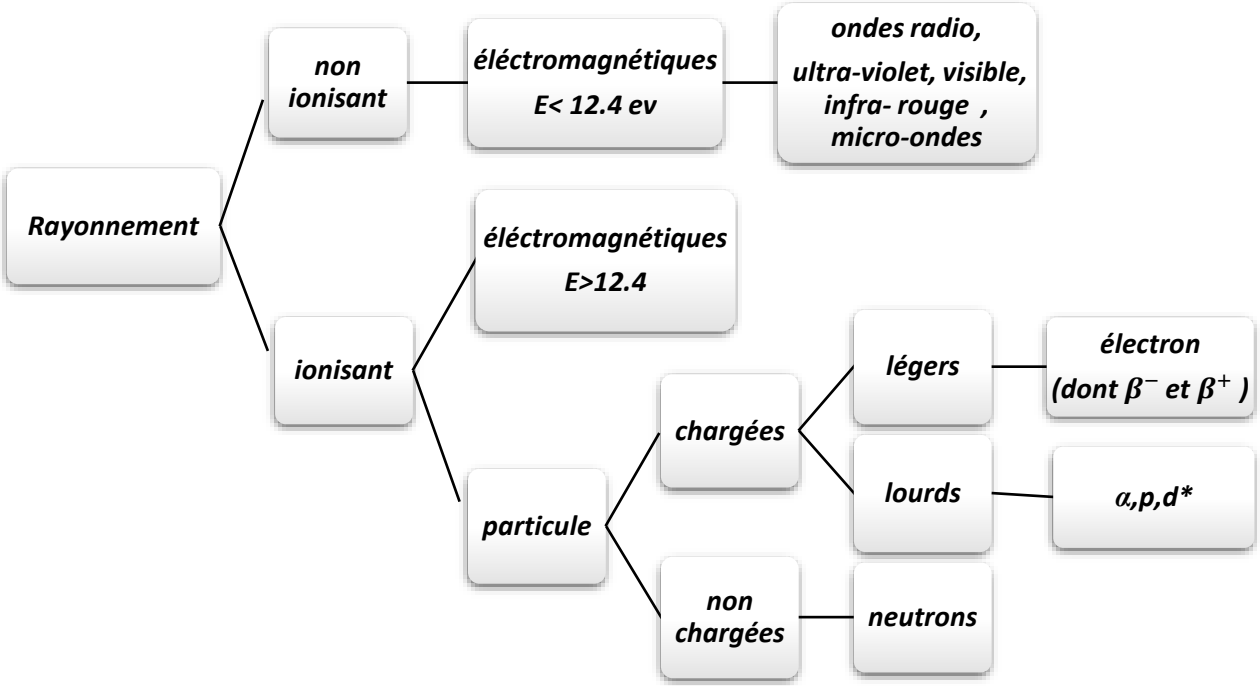


Figure I.3 : *émission gamma* ***[3]***

II. Classification des rayonnements

On peut classer les rayonnements suivant deux critères : selon leurs natures (rayonnement électromagnétique ou particulaire) et selon leurs effets sur la matière (rayonnement ionisant ou non ionisant). L'organigramme (I.1) résume les différents types de rayonnement.



Organigramme I.1: *les différents types de rayonnement*

II.1 Les rayonnements ionisants

Dont l'énergie est suffisante pour arracher un électron aux atomes du milieu absorbant et les transformer en ions positifs. L'atome le plus facilement ionisable est le potassium, avec une énergie d'ionisation de **4,3 eV**. L'énergie de liaison des électrons les moins liés des atomes de

la matière vivante **(H, C, N, O)** est **12,4 eV**. Tout rayonnement d'une longueur d'onde inférieure à 288nm peut donc être considéré comme ionisant.

Les rayonnements ionisant sont constitués, soit d'ondes électromagnétiques, soit de particules massives. Ces rayonnements peuvent être, selon leur nature, directement ou indirectement ionisants. **[4]**

II.1.1 Les rayonnements directement ionisants

Sont des particules chargées qui délivrent leur énergie directement à la matière, par le jeu des forces coulombiennes s'exerçant avec les atomes du milieu. Les transferts d'énergie dépendent des masses des particules en mouvement et il y a lieu de distinguer les particules chargées lourdes (proton, deuton, alpha, ions lourds) des électrons. **[4]**

II.1.2 Les rayonnements indirectement ionisants

Électriquement neutres, sont susceptibles de transférer une fraction ou la totalité de leur énergie en une seule interaction à des particules chargées. Ce sont ensuite ces ensuite ces particules secondaires qui ionisant le milieu. Dans ce cas, l'ionisation se fait en deux étapes.

Les rayonnements électromagnétiques (**x** et **γ**) et les neutrons entrent dans cette catégorie, mais leurs modes d'interaction sont complètement différents.

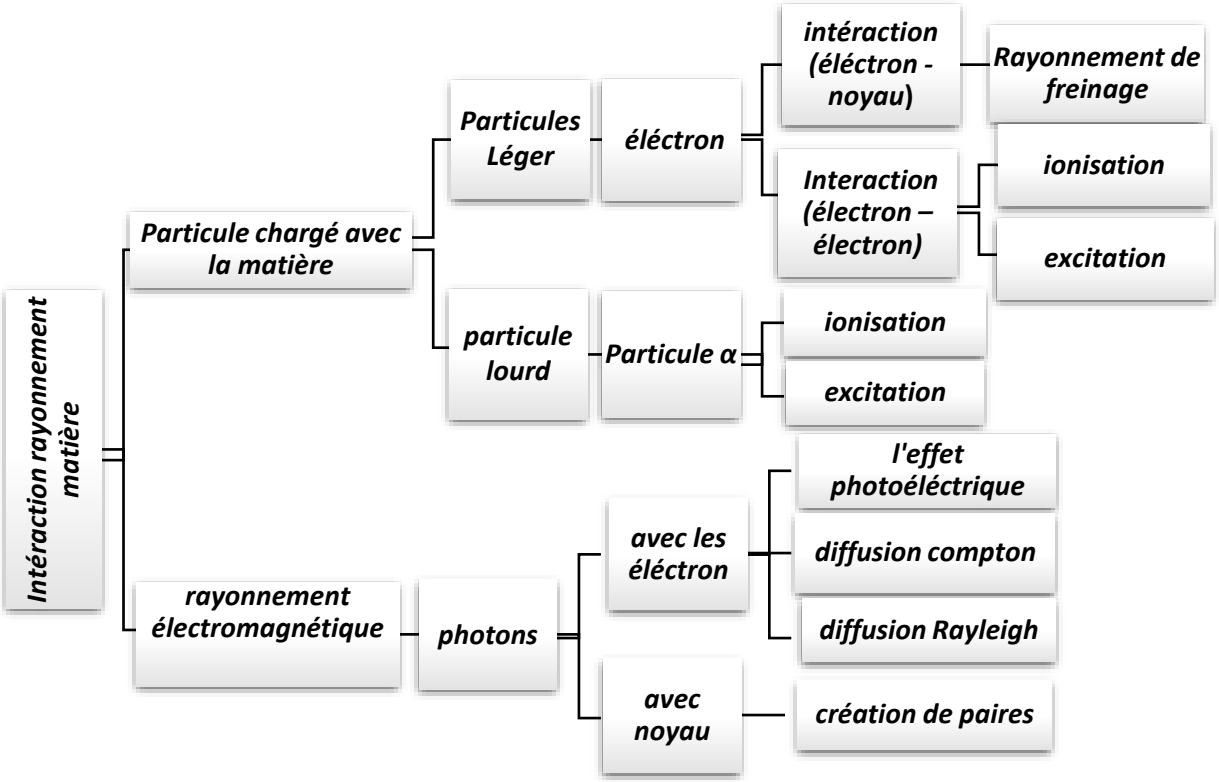
L'étude quantitative de l'action des rayonnements ionisants entre dans le domaine de la radioprotection et de la dosimétrie. Elle est fondée sur la mesure de l'ionisation que ces rayonnements produisent dans le milieu traversé, par le biais de l'exposition, soit par la mesure de l'énergie qu'ils communiquent à la matière en la traversant soit par la dose absorbée. Si les rayonnements ionisants cèdent, en totalité ou en partie, leur énergie à la matière traversée, cette dernière subit en retour des modifications physiques, chimiques et thermiques. **[4]**

II.2 Les rayonnements non-ionisants

Un rayonnement non-ionisant désigne un type de rayonnement pour lequel l'énergie électromagnétique transportée par chaque quantum est insuffisante pour provoquer l'ionisation d'atomes ou des molécules. Ces radiations peuvent cependant avoir suffisamment d'énergie pour provoquer le passage d'un électron sur un niveau d'énergie plus élevé. Certains des cas des rayonnements peuvent avoir des effets biologiques. Parmi les

rayonnements non ionisants, on compte les rayonnements du proche de l'ultraviolet, la lumière visible, l'infrarouge, les micro-ondes, l'onde radio et les champs statiques. **[4]**

III. Les interactions rayonnement matière



Organigramme I.2: *Les interactions rayonnement matière*

III.1 Interaction photons matière

Les rayonnements gamma sont des rayonnements électromagnétiques, considérés comme des particules qui se propagent avec la vitesse de la lumière, leur masse au repos est nulle, et leur charge.

Lorsqu'ils traversent la matière, les photons peuvent subir différents types d'interactions en fonction de leur énergie et du milieu en présence (densité, type d'atome, etc.) : soit interagir avec les électrons par l'effet photoélectrique, la diffusion Compton (dite aussi inélastique ou incohérente), la diffusion Rayleigh (dite aussi élastique ou cohérente), ou avec les noyaux par l'effet de matérialisation (la production de paires électron-positron) les réactions photo-nucléaires. Parmi ces processus, seuls les 4 premiers sont significatifs et décrits ci-dessous.

❖ ***Effet photoélectrique***

L'effet photoélectrique correspond à l'interaction d'un photon d'énergie**hν** avec un électron fortement lié situe sur les couches profondes de l'atome, avec une énergie de liaison ($\mathbf{E}_{\ell}$). La totalité de l'énergie du photon est transmise à l'électron qui est alors éjecte et est appelé photoélectron. Ceci conduit à l'ionisation de l'atome. **[5]** L'énergie du photoélectron $\mathbf{E_{cin}}$est égale à l'énergie du photon incident, moins l'énergie de liaison de l'électron qui a été éjecté:

$$E_{cin} = h\nu - E_{\ell} \qquad \textbf{(I. 1)}$$

Ou **hν** l'energie initiale du photon Incident et $\mathbf{E}_{\ell}$ est l'énergie de liaison de l'électron sur sa couche. **[6]**

Il en résulte un phénomène de réarrangement électronique pour combler la place vacante laissée par l'électron éjecté. Un électron situé sur les couches orbitales supérieures vient donc combler la place vacante en émettant un photon de fluorescence dont l'énergie est égale à la différence d'énergie de liaison entre les deux orbites. **[5]** La section efficace dépend fortement de l'énergie du photon incident et du numéro atomique **Z** de l'atome :

$$\sigma_{ph} = \frac{Z^n}{(E)^{3.5}} \qquad (I.2)$$

Avec **n** variant de 4 et 5

Pour un élément donne, l'effet photoélectrique diminue lorsque l'énergie du photon incident augment. **[7]**

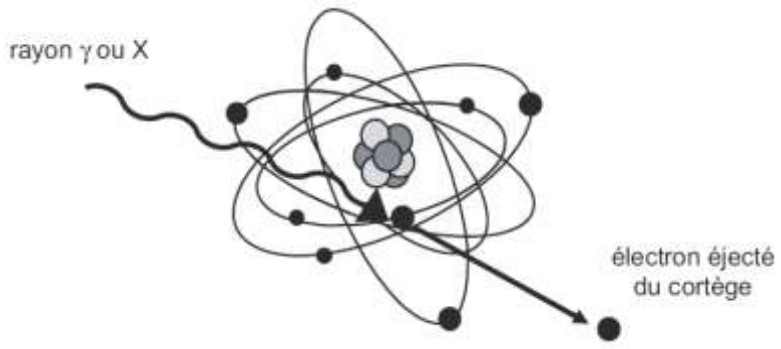


Figure I.4: *effet photoélectrique* ***[9]***

❖ *Effet Compton*

Connue aussi par la diffusion inélastique ou incohérente, **[8]** l'effet Compton est l'interaction entre un photon et un électron situe sur les couches périphériques de l'atome et donc faiblement lié. Le photon incident transmet une partie de son énergie à l'électron de recul qui est projeté selon un angle **φ** et le reste au photon diffuse selon un angle **θ** de 0 a 180°, alors que le photon diffuse peut être émis dans tout l' espace, l' électron de recul est projeté en avant du point d'interaction, on parle donc de diffusion Compton. **[6]** II pourra, lui aussi à son tour, s'il possède l'énergie suffisante à cet effet, ioniser d'autres atomes de la substance exposé à l'action du rayonnement, l'énergie de photon incident **E** se trouve repartie entre l'énergie cinétique acquise par l'électron-cible et l'énergie **E′**du photon diffuse. **[7]** La conservation de l'énergie donne :

$$E = E' + E_{cin} \qquad \textbf{(I.3)}$$

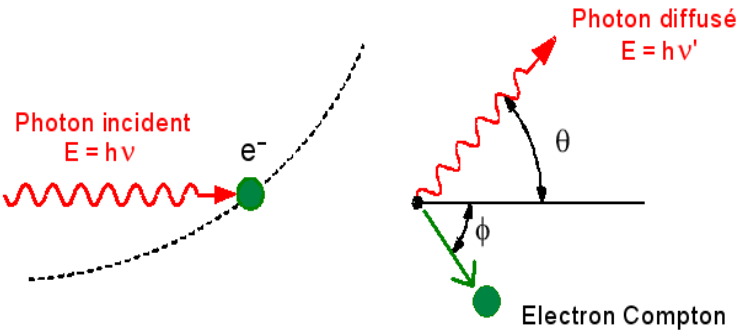


Figure I.5: *diffusion de Compton* ***[4]***

L'énergie du photon diffusé est :

$$E' = E\frac{1}{1+\varepsilon(1-\cos\theta)} \qquad (I.4)$$

Avec : **E** est l'énergie de photon incident

et ($\varepsilon = \frac{E}{m_0 c^2}$, $m_0c^2 = 511kev$) étant énergie au repos de l'électron.

L'énergie de l'électron Compton :

$$E_{cin} = E\frac{2\varepsilon}{1-2\varepsilon+(1+\varepsilon)^2\tan^2\theta_c} \qquad (I.5)$$

❖ ***La diffusion Rayleigh***

Lorsque le photon d'énergie**hυ** en contre un atome dans un milieu donné, il va interagir avec lui sans aucun transfert d'énergie, mais seulement avec un changement dans la direction du photon incident avec un angle **θ**, comme il est illustré dans la figure ci-dessous. **[4]**

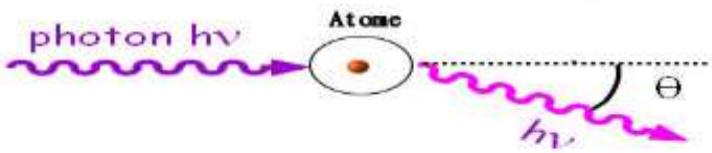


Figure I.6: *diffusion de Rayleigh* ***[4]***

❖ ***Création de paires {e-, e+} (L'effet de matérialisation)***

L'effet de matérialisation se produit à énergie élevée **(E > 1,022 MeV)**. Le photon pénétrant dans le champ Coulombien d'un noyau se matérialise sous forme d'un pair électron positron (e-, e+). L'électron et le positron sont ralentis dans la matière environnante. **[8]** La conservation de l'énergie s'écrit :

$$\boldsymbol{E = 2E_0 + E_{e^-} + E_{e^+}} \qquad (\boldsymbol{I.6})$$

Ou $\mathbf{E_0}$ est l'équivalent énergétique de la masse de l'électron **($\mathbf{E_0 = m_e c^2}$ =0,511 MeV)**

$\mathbf{E_e^+}$ et $\mathbf{E_e^-}$ sont respectivement les énergies cinétiques de l'électron et du positron.

A la fin de son parcoures, le positron interagit avec un électron et s'annihile ce qui engendre

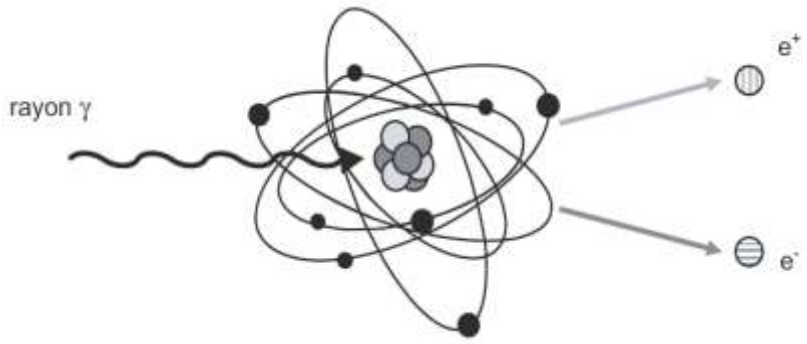


Figure I.7: *création de paires.* ***[9]***

L'émission de deux photons gamma d'énergie 511 kev à 180° l'un de l'autre (voire figure I.8). **[9]**

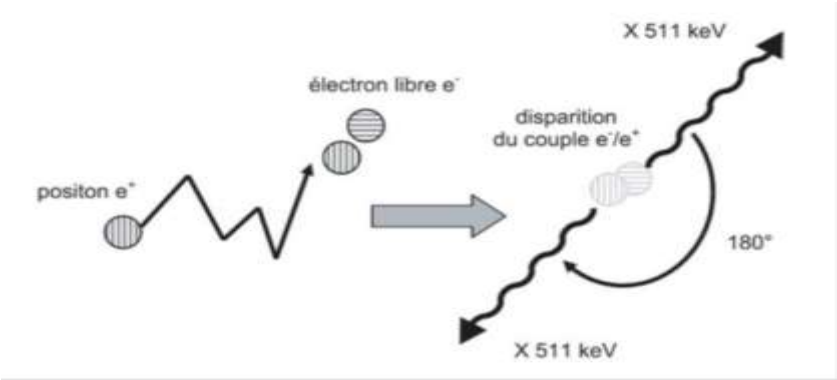


Figure I.8: *effet d'annihilation.* ***[9]***

III.2 Importance relatives des trois effets

L'importance relative des différents types d'interaction se détermine par la valeur des différentes composantes de la section efficace, en fonction de l'énergie de la radiation et du numéro atomique du milieu, Ceci permet de définir trois zones **[10]** :

- L'effet Photoélectrique prédomine aux basses énergies et au numéro atomique de l'atome élevé.
- L'effet Compton prédomine aux moyennes énergies ct au numéro atomique de l'atome faible.
- L'effet de production de pair prédomine aux hautes énergies et au numéro atomique de l'atome élevé. **[11]**

On constate que dans la gamme d'énergie utilisée en radio physique médicale, uniquement les effets photoélectriques, Compton et création de paires sont dominants. Les autres effets ne sont pas primordiaux, mais peuvent néanmoins avoir leur importance dans applications particulière. **[10]**

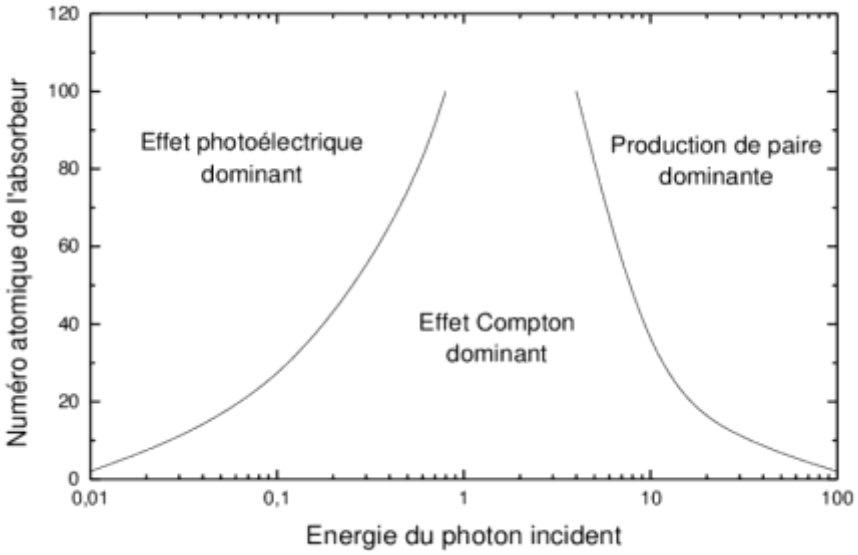


Figure I.9: *Importance relatives des trois effets*

III.3 Loi d'atténuation d'un rayonnement de photons

Un photon dans un milieu donné à une probabilité **μ** de subir une interaction le long d'une distance **dx** ; par conséquent la variation du nombre de photons d'un faisceau dans le milieu considéré est donné par :

$$N(x) = N_0\ e^{-\mu x} \qquad (I.7)$$

On en déduit par intégration :

$$dN = -\mu\, dx \qquad (I.8)$$

Où $\mathbf{N_0}$ est le nombre initial de photons ; cette équation donne le nombre de photons qui n'ont pas interagi en fonction de l'épaisseur de milieu traversée, elle exprime donc bien l'atténuation du faisceau. Le coefficient de probabilité d'interaction μ est appelé coefficient linéique d'atténuation

Et sa dimension est l'inverse d'une distance (cm^{-1}). **μ** est proportionnel à la masse volumique **ρ** ($g.cm^{-3}$) du milieu traversé.

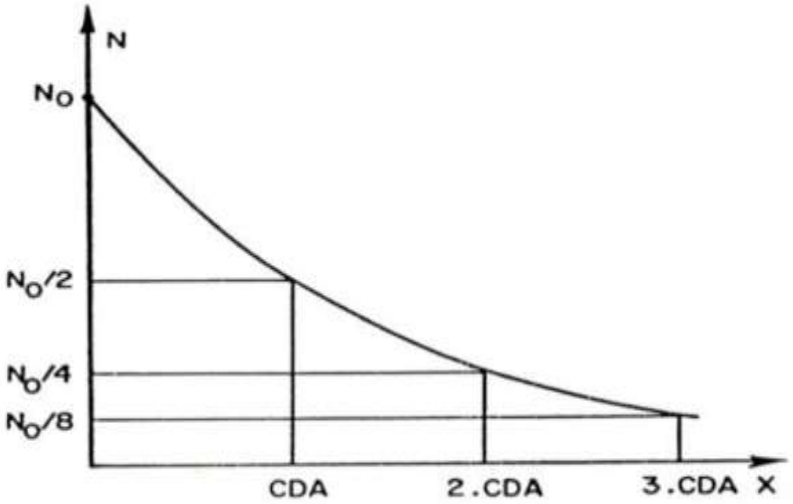


Figure I. 10: *courbe d'atténuation des photons dans la matière*

On définit le coefficient massique d'atténuation **μ/ρ** (cm2.g-1), qui est indépendant de **ρ**, c'est à dire du degré de compression de la matière. La couche de demi-absorption **(CDA)** est l'épaisseur de milieu nécessaire pour atténuer le faisceau de 50 %. **[10]**

On a donc :

$$N(CDA) = N_{\frac{0}{2}} = N_0 . e^{-\mu CDA} \qquad (I.9)$$

Avec : $CDA = ln\,2\,/\mu$

Il est par ailleurs important de distinguer :

- l'énergie transférée et l'énergie absorbée.
- l'atténuation du faisceau et l'absorption d'énergie par le milieu.

IV. Les applications des rayonnements ionisants

1. Dans le domaine médical

Les rayonnements ionisants sont utilisés dans le domaine médical à des fins tant diagnostiques que curatives.

Le terme « imagerie médicale » regroupe les différentes techniques médicales permettant de visualiser le corps. Il est divisé en deux domaines : la radiologie (y compris son utilisation en dentisterie) et la médecine nucléaire. Dans chaque domaine, différents types d'examens peuvent être proposés aux patients.

Dans le cadre de la radiothérapie, les patients se voient administrer localement des doses élevées de rayonnements pour traiter de leur cancer. Ces doses élevées servent à combattre

les cellules malignes, tandis que l'on prend soin d'épargner dans la mesure du possible les tissus sains avoisinants. **[12]**

2. Utilisation des rayonnements en Industrie

L'industrie fournit des exemples d'applications des techniques nucléaires. Toutes les branches de ce secteur d'activité économique sont, à des degrés divers, concernées par l'exploitation des propriétés spécifiques des radioéléments. **[13]**

- ***Production d'électricité par les centrales nucléaires***

La radioactivité est, avec l'émission de neutrons, la forme essentielle de l'énergie dégagée par les réactions nucléaires de fission.

Dans ces centrales, l'énergie primaire est produite par un réacteur chargé en uranium enrichi en isotope instable 235. Ce mélange est instable, car l'absorption d'un neutron lent par l'uranium 235 le transforme en uranium 236 qui fissionne en libérant deux à trois neutrons. Il y a donc une possibilité de réaction en chaîne. La radioactivité et l'énergie cinétique des produits de fission sont transformées en chaleur dans le matériau enveloppant le cœur du réacteur. Pour produire de l'électricité, cette chaleur est convertie en vapeur qui entraîne une turbine. **[14]**

- ***Jauges nucléaires***

Dans tous les secteurs de l'industrie, on a besoin de mesurer des niveaux pour évaluer des stocks de matière et, plus généralement, pour évaluer des quantités de matière (niveaux des réservoirs de stockage pour l'industrie pétrolière, chimique ou agro-alimentaire, niveau de remplissage d'une trémie...), pour s'assurer des conditions normales de fonctionnement d'un système. Le principe des jauges repose sur la mesure du rayonnement transmis ou rétro diffusé par un milieu matériel interposé entre une source radioactive et un détecteur.

On distingue plusieurs types de jauges : Jauge de niveau et de position, jauge d'épaisseur, jauge de densité et jauge d'humidité. **[14]**

- ***Contrôle non destructif***

La mise en œuvre des techniques radiographiques s'appuie sur les modifications subies par les rayonnements lors de leur interaction avec la matière rencontrée. Ces procédés de contrôle non destructif utilisent des rayonnements pénétrants, photons ou particules, issus de sources radioactives ou de générateurs et détectés par un film approprié ou un écran convertisseur

après leur traversée de l'objet à vérifier. L'image ainsi obtenue et enregistrée des éléments structuraux de cet objet rend alors possibles la visualisation de ses parties cachées el la mise en évidence, qualitative el par fois quantitative, de ses éventuels défauts internes.

La gammagraphie utilise principalement comme sources radioactives l'iridium -192 et cobalt- 60 (émetteurs beta et gamma). Son emploi est très répandu dans de nombreuses branches industrielles : génie civil , fonderie , chaudronnerie , pétrole et gaz naturel, chimie ,etc.la fiabilité ainsi que les pouvoirs très élevés de pénétration et de résolution dont fait preuve cette technique justifient la généralisation de son usage .on l'applique en particulier pour exécuter des contrôles très divers : contrôle de corrosion , d'entartrage , d'intégrité , d'homogénéité ,de quantité , de remplissage , vérification de soudures , de positionnements , d'assemblages .elle sert également à controler.la qualité de matériaux très variés : métaux ou métaux ou alliages métalliques lourds ou légers ,bétons…

Parmi les techniques radiographiques nucléaires figurent également :

- La bêtagraphie ou radiographie par électrons émis par le tritium, le carbone-14 ou le nickel-63. Elle sert essentiellement à examiner des matériaux conditionnés en feuilles minces tels que le papier (billets de banque, manuscrits anciens) ou les matières plastiques.
- La neutronographie ou radiographie par neutrons issus de réacteurs nucléaire, de générateurs ou de sources radioactives (californium-252). On l'emploie pour l'examen des composés légers hydrogénés (caoutchouc, explosifs, matières plastiques) et des combustibles nucléaires usés. Elle sert également pour le contrôle de la qualité des colles et des brasures. **[13]**

3. Utilisation des rayonnements dans l'agriculture

Elle est utilisée pour :

- Le développement de la production animale (reproduction et santé).
- Une meilleure maîtrise de la fertilisation des sols et de la nutrition des plantes (amélioration des rendements et utilisation rationnelle des engrais).
- L'amélioration des plantes par induction de mutations à l'aide de rayonnements ionisants et utilisation des techniques in vitro.
- Une utilisation rationnelle des pesticides grâce au contrôle de leurs résidus dans les plantes et dans le sol.

- La préservation des produits agro-alimentaires à travers la lutte contre les prédateurs des récoltes, l'assainissement microbien et fongique des denrées stockées, l'inhibition de la germination des bulbes et tubercules, le ralentissement des métabolismes de mûrissement des fruits.

4. Utilisation des rayonnements pour stérilisation et conservation

- ***La radiostérilisation***

Le rayonnement est un incomparable outil pour détruire à froid tous les types de microorganismes, bactéries, moisissures etc... La radiostérilisation permet donc de garantir l'obtention d'un degré de stérilité prescrit avec une grande fiabilité, d'autant que la pénétration du rayonnement assure que toutes les zones de l'objet sont effectivement traitées. Elle est donc particulièrement adaptée au traitement des articles jetables incorporant des thermoplastiques, comme les seringues, les vaccinostyles, les cathéters etc.... Elle peut également être utilisée pour « hygiéniser » ou pasteuriser des emballages pharmaceutiques ou alimentaires, des enzymes industrielles, des cosmétiques, etc...
La radiostérilisation est un procédé de stérilisation très fiable et très intéressant à de nombreux titres : il n'utilise pas de gaz toxique ou corrosif, ni de vapeur, ni de chaleur, et il permet de traiter des quantités importantes d'objets à la fois. **[14]**

- ***L'ionisation des aliments***

Ils sont aussi utilisés dans l'industrie agroalimentaire pour détruire des bactéries, améliorant ainsi la conservation de certains aliments : c'est ce qu'on appelle l'ionisation, qui ne rend pas les aliments radioactifs mais les rend plus sains et augmente leur durée de conservation.
L'irradiation des aliments préserve ainsi la fraîcheur et élimine des bactéries et pathogènes capables d'entraîner des maladies, voire des décès des denrées alimentaires. **[14]**

Conclusion

Le rayonnement reste un domaine essentiel dans de nombreux domaines tels que la médecine, l'industrie, etc.
Des recherches sont toujours en cours dans ce domaine pour trouver de nouvelles utilisations, mais le problème des effets secondaires des rayonnements demeure.

Chapitre II : conservation des aliments

Introduction

L'homme a toujours cherché des moyens de conserver les denrées alimentaires pour assurer sa survie en longue période. Aux premières et simples méthodes de conservation (le séchage), ont succédé les techniques de salaison, la conservation par le sucre (les confitures) et la fermentation (vin, fromage, choucroute…). Au siècle dernier sont apparues les conservations par la chaleur et plus récemment par le froid avec le développement des installations frigorifiques. **[15]**

Les traitements de conservation appliqués aux aliments visent à préserver leur comestibilité et leurs propriétés gustatives et nutritives en empêchant le développement des bactéries, champignons et microorganismes qu'ils contiennent et qui peuvent dans certains cas entraîner une intoxication alimentaire. **[16]**

I. Techniques de conservation des aliments

L'eau (humidité), la chaleur, oxygène, la nourriture sont les conditions nécessaires pour que les micro-organismes vivent et se produisent, Toutes les techniques de conservation ont pour but de les priver de l'accès à un de ces éléments.

I.1 Techniques de conservation par la chaleur

Le traitement des aliments par la chaleur (ou traitement thermique) est aujourd'hui la plus importante technique de conservation de longue durée. Il a pour objectif de détruire ou d'inhiber totalement ou partiellement les enzymes et les microorganismes, dont la présence ou la prolifération pourrait altérer la denrée considérée ou la rendre impropre à l'alimentation humaine. **[17]**

I.1.1 La Pasteurisation

Cette technique consiste à chauffer le produit à des températures un peu inférieures à 100°C (en général 70 à 80°C selon les bactéries) puis à le refroidir rapidement. La chaleur importante permet de détruire une grande partie des bactéries. Il en reste cependant quelques-unes ayant résisté sous forme de spores. Le fait de ne pas chauffer à des températures trop élevées permet de ne pas altérer les arômes et la qualité gustative du produit, et de ne pas dénaturer totalement les protéines qu'il contient. Enfin, il est important de réfrigérer (à

environ 4°C) le produit pasteurisé afin d'éviter la multiplication des bactéries qui n'auraient pas été détruites.

La Pasteurisation n'élimine donc pas tous les germes mais permet tout de même une conservation plus longue de l'aliment. Ce dernier a donc une Date Limite de Consommation (DLC). **[18]**

Tableau II.1: *Les différentes techniques de pasteurisation*

Nom de la technique de Pasteurisation	**Traitement**		**Exemples**
	Température appliquée	**Durée de traitement**	
La pasteurisation basse	63-65 ℃	Quelques minutes	Ovoproduits, bière, soda
La pasteurisation haute	70-75 ℃		Lait, jus de fruits, semi-Conserves, potage
Le flash pasteurisation	+95 ℃	Quelques secondes	Lait, jus de fruits

I.1.2 La stérilisation (ou appertisation)

Contrairement à la Pasteurisation, la stérilisation est une technique visant à éliminer toute forme microbienne vivante, y compris les spores, grâce à des températures supérieures à 100°C (120°C en moyenne). Ces températures sont beaucoup plus élevées que pour la Pasteurisation, la valeur nutritive et le goût du produit sont donc susceptibles d'être altérés. Il est alors important de choisir un traitement adapté selon la sensibilité du produit.

Comme un produit stérile ne contient pas de germes, il n'a pas de DLC mais une Date Limite d'Utilisation Optimale (DLUO) (allant de quelques mois à plusieurs années). Au-delà de cette date, le produit ne constitue pas un danger pour la personne qui va l'ingérer, mais les qualités gustatives et nutritionnelles ne sont plus assurées**. [18]**

Tableau II.2: *Les différentes techniques de stérilisation*

Nom de la technique de Pasteurisation	**Traitement**		**Exemples**
	Température Appliquée	**Durée de traitement**	
La stérilisation classique	110 à 115 ℃	Quelques minutes	Lait, viandes, légumes, poisson
La stérilisation par ultra Haute température (UHT)	140 à 150 ℃ par injection de vapeur	Quelques secondes	Lait, crèmes fraiche liquide, potage, jus de fruit

I.1.3 L'Ultra Haute Température

Le traitement à UHT « ultra haute température » est une méthode de conservation consistant à chauffer instantanément le produit à une température très élevée (en général 140 à 150°C) pendant 1 à 5 secondes, puis à le refroidir tout aussi rapidement. Ce procédé, qui est une stérilisation, tue tous les micro-organismes. La courte durée du traitement permet de n'altérer que faiblement le goût et la valeur nutritive du produit.

Le lait est le principal produit qui est conservé par un traitement à UHT. Après l'emballage, sa DLUO est de trois mois. **[18]**

Tableau II.3: *les avantages et les inconvénients de la conservation par la chaleur*

	Nom	T°	Avantages +	Inconvénients -	Exemple
Par le chaleur	**Pasteurisation**	70 à 95°C	-Réduire la quantité microbienne de l'aliment. -Reculer la date limite de consommation (DLC) de l'aliment ou la date d'utilisation optimale (DLUO). -Gout, couleur, texture sont conservés.	-Respect de la chaine du froid obligatoire ne se garde pas longtemps. -La Pasteurisation n'élimine pas tous les germes.	Lait
	Stérilisation	115°C 60min 121°C 30min	-Peut rester à température normale +20°C sans risque se garde pendant Plusieurs mois. -Visant à éliminer toute forme microbienne vivante, y compris les spores.	-Les aliments Perdent leurs Vitamines. -Les qualités gustatives et nutritionnelles ne sont plus assurées.	Lait crème
	UHT	140 à 150°C 4 sec	-Valeur nutritive (vitamines, éléments) Conservés, Gout conservé -Tue tous les micro-organismes.		Lait UHT Crème UHT

I.2 Techniques de conservation par le froid

Le traitement par le froid permet de ralentir, voire arrêter, la prolifération et l'action de micro-organismes, et de conserver l'aliment pendant une période plus ou moins longue. **[15]**

I.2.1 La réfrigération

La réfrigération est le fait d'abaisser la température entre 0°C (pour les denrées les plus périssables : charcuterie, crèmes, desserts lactés...) à 4°C (pour les œufs, le beurre, les fruits, les liquides...). La température étant basse, on prive les bactéries présentes dans les aliments d'un élément important : l'énergie. Les métabolismes cellulaires sont alors seulement ralentis, les bactéries continuent de se multiplier lentement. On peut donc garder les aliments dans le réfrigérateur pendant quelques jours. **[18]**

I.2.2 La congélation

La congélation consiste à abaisser la température (-18°C en moyenne) d'un aliment de manière à ce que l'eau qu'il contient passe à l'état solide. En plus de priver les bactéries d'énergie, on les prive également d'une grande partie d'eau. En effet, l'eau solide n'est plus disponible pour les réactions biologiques et l'activité bactériologique est alors fortement inhibée, voire stoppée. Les viandes, par exemple, peuvent alors se conserver plusieurs mois. **[18]**

I.2.3 La surgélation

La surgélation ressemble à la congélation. Cependant, la température de la denrée est abaissée très rapidement jusqu'à -18°C en tout point. Toute repose sur la vitesse de cristallisation de l'eau.

Lors de la congélation, la température diminue assez lentement, la cristallisation est donc lente. L'eau contenue dans les cellules forme alors de gros cristaux susceptibles de faire éclater la membrane des cellules, d'où une altération de la texture et de la saveur.

Au contraire, la diminution rapide de la température lors de la surgélation permet seulement la formation de minuscules cristaux dans les cellules. Celles-ci ne sont donc pas détruites, ainsi la texture et la saveur sont conservées. **[18]**

Tableau II.4: *les avantages et inconvénients de la conservation par le froid*

	Les techniques	*T°*	Avantage	Inconvénient	Exemple
Conservation Par le froid	**Réfrigération**	0 à +4 °C	-Permet de conserver les aliments plus longue temps	La majorité des MO présents Peuvent donc reprendre leur Activité dès le retour à un Température favorables	Beurre, lait, crème, œufs ….
	Congélation	-18 °C	-Conservation simple, facile, rapide, nécessite peu de matériel. -Elle préserve les vitamines et les saveurs. - Peu de risques bactériologiques -Conservation longue.	-Problèmes de cout énergétique. -Ce procédé n'est pas envisageable pour tous les aliments. - Les texture des aliments est souvent un peu décevante après décongélation (exsudation).	La viande, pois …
	Surgélation	-18°C vite	-Gout, la texture et la saveur sont conservées. -Conservation plus longtemps.	-La valeur nutritionnelle des vitamines diminue. -Les protéines et les graisses changent à la suite d'un stockage plus long. -L'incapacité de recongeler les aliments après la décongélation.	Crème pâtissière

I.3 Techniques de conservation par séparation et élimination d'eau

I.3.1 La déshydratation et le séchage

Cette technique consiste à éliminer partiellement ou totalement l'eau contenue dans un aliment. L'eau n'est alors plus disponible pour les bactéries qui ne parviennent plus à proliférer. Par exemple, en séchant les fruits, on peut les conserver plus longtemps. **[18]**

I.3.2 La lyophilisation

Le principe de ce procédé est de congeler un produit puis de le placer sous vide. Ainsi, l'eau qu'il contient passe rapidement de l'état solide à l'état gazeux (c'est la sublimation). Cette élimination rapide de l'eau (beaucoup plus rapide que le séchage ou la déshydratation) permet de bien conserver les saveurs, arômes et qualités nutritives. Et comme il n'y a plus d'eau, il n'y a plus prolifération des bactéries. Une fois réhydraté, le produit retrouve quasiment sa texture d'origine. Cette méthode coûte cependant plus cher qu'un séchage ou une déshydratation. On l'utilise notamment pour l'alimentation des astronautes. **[18]**

I.3.3 Le salage

Vise à soumettre la denrée alimentaire à l'action du sel soit en le répandant directement à la surface de l'aliment (salage à sec), soit en immergeant le produit dans une solution d'eau salée (saumurage). Cette technique est essentiellement utilisée en fromagerie, en charcuterie et pour la conservation de certaines espèces de poissons (harengs, saumon, etc.) ou denrées alimentaires végétales (condiments). **[18]**

Tableau II.5: *les avantages et les inconvénients de la conservation par séparation et élimination d'eau*

	Nom	Avantages +	Inconvénients -	Exemple
	La déshydratation	-Les saveurs et les nutriments sont intacts. -Nombreuses possibilités d'utilisation des	-Séchage optimal pas évident à obtenir sous certains climats. -Faible volume des produits une fois séchés. -Difficulté à préserver	en séchant les fruits, on peut les conserver plus longtemps

Conservation par séparation et élimination d'eau	**et le séchage**	aliments séchés, applicable à la plupart des fruits, légumes et champignon.	ensuite les produits de l'humidité ambiante.	
	La lyophilisation (aliment est congelé puis on lui retire toute l'eau)	-Conserve une grande variété de d'aliments. - conserver les saveurs, arômes et qualités nutritives et se garde plusieurs années.	-Traitement long et cher.	Fruits, soupes, sauces, blanc d'œuf, lait en poudre
	Le salage (aliments recouvert de set ou imbibé de saumure)	-Procédé rapide. -conservation longtemps.	-Dessèche les aliments. -Goût et couleur changent (devient marron).	Poisson, viandes,

I.4 Technique de conservation sous atmosphère contrôlée

I.4.1 Le conditionnement sous vide

En plaçant une denrée alimentaire sous vide, on réduit considérablement la quantité d'air présent autour de celle-ci. Cela permet d'empêcher l'oxydation de la denrée. De plus, les bactéries se trouvant dans l'aliment sont alors privées de dioxygène et ne parviennent plus à se développer normalement pour la plupart (seules quelques bactéries peuvent se développer sans oxygène). **[17]**

I.4.2 Le conditionnement sous atmosphère modifiée

Lors du conditionnement d'un produit, l'air qui l'entoure est remplacé par un gaz ou mélange gazeux qui dépend du type de produit. Par exemple, pour les salades vendues dans des emballages étanches, l'air contenu dans les emballages est modifié, Le fait de ne laisser que très peu de dioxygène empêche le développement normal des bactéries. Il en faut cependant

une petite quantité pour que les cellules de l'aliment puissent respirer. Les 10 % de dioxyde de carbone jouent un rôle important. Lorsque ce gaz pénètre dans les cellules de l'aliment, il est partiellement transformé en acide carbonique qui est un bactéricide doux, il participe donc à l'élimination d'une partie des bactéries. Enfin, cette atmosphère est complétée par un gaz inerte, le diazote. **[17]**

Tableau II.6: *les avantages et les inconvénients de conservation sous atmosphère contrôlé*

	Les techniques	**Avantage**	**Inconvénient**	**Exemple**
Conservation sous atmosphère contrôlée	**Conditionnement sous vide**	- Priver les micro-organismes d'oxygène qui provoquent l'oxydation des aliments. -Idéale pour maintenir au mieux les aliments (n'altère pas le goût ni les vitamines, et les aliments conservent leur texture d'origine et leur valeur nutritionnelle). -conserver les aliments plus longtemps.	-L'utilisation d'une machine spéciale pour vider l'air du produit et l'utilisation de sacs adaptés à la conservation. -Changement forme, texture et odeur d'aliments différents du produit frais pour certains aliments.	Légumes, plats cuisinés
	Conditionnement sous atmosphère modifiée	-La fraicheur des aliments est prolongée. -Inhibé le développement des micro-organismes alors augmente la durée de conservation des aliments.	-Ralentissement des réactions qui détériorent les produits, mais ne les arrête pas. -Un produit de mauvaise qualité au départ ne verra pas sa qualité s'améliorer. -Il n'existe pas d'atmosphère modifiée satisfaisante pour les produits végétaux à fort taux de respiration (les fruits).	Poissons, fruits de mer, Fruits et légumes…

I.5 Techniques chimiques de conservation

I.5.1 Fumage ou la fumaison

Consiste à soumettre une denrée alimentaire à l'action des composés gazeux qui se dégagent lors de la combustion de végétaux. Le fumage joue le rôle d'aromatisation et/ou de coloration. Il s'applique principalement aux produits carnés pour lesquels le séchage suivi du fumage permet de conserver les viandes et poissons grâce à l'action combinée de la déshydratation et des antiseptiques contenus dans la fumée. **[16]**

I.5.2 Le sucrage

Le sucrage est un excellent conservateur grâce à sa grande avidité pour l'eau. Le rôle du sucre ressemble à celui du sel sauf qu'il n'est efficace qu'à de très fortes concentrations (65-67%).La concentration en sucre ne peut se faire qu'à chaud puisque l'aliment doit perdre une partie de l'eau qu'il contient par évaporation tandis que le sucre une fois dissous, se lie aux molécules d'eau et les rend indisponibles pour la croissance des micro-organismes. **[17]**

I.5.3 Additifs alimentaires

a) Conservateurs

Les conservateurs sont des substances qui limitent, ralentissent ou stoppent la croissance des microorganismes (bactéries, levures, moisissures) présents ou entrant dans l'aliment et préviennent donc l'altération des produits ou les intoxications alimentaires. Ils sont employés entre autres dans les aliments cuits, le fromage, les jus de fruits et les margarines. **[19]**

b) Antioxydants

Les antioxydants sont des molécules qui aident à protéger les aliments contre les réactions d'oxydation qui accélèrent le vieillissement. Il peut s'agir d'altérations dues à l'oxygène de l'air, à la lumière, aux traces de métaux ou à certaines enzymes

Exemple : Les gallates sont ajoutés principalement aux huiles végétales et à la margarine pour les empêcher de rancir et pour préserver leur goût. **[19]**

I.5.4 Acidification

L'acidification consiste à ajouter un acide organique (comme l'acide acétique) ou un ingrédient acide (comme le citron) à un aliment qui est initialement peu acide. Ils doivent être

ajoutés dans des proportions bien déterminées pour que le pH du produit fini soit inférieur à 4,5. **[19]**

Tableau II.7: *les avantages et les inconvénients de la conservation chimique*

Nom	Avantages +	Inconvénients -	Exemple
Fumage ou la fumaison (L'aliment est enfumé par un feu de bois ou bien dans un four)	Un parfum et un goût très agréable	Modifie le goût Laisse des particules cancérigènes	Jambon, viandes, poissons
Le sucrage (Aliment recouvert ou imbibé de sucre)	Très bon conservateur pour des produits déjà sucrés	Le goût et la texture originelle des aliments sont modifiés, la qualité diététique aussi (ne pas manger trop gras, trop salé, trop sucré) Utilisable dans peu de situation	Bonbons, confitures, fruits confits

I.6 Autres techniques

I.6.1 Fermentation

La fermentation est définie comme l'utilisation contrôlée de microorganismes sélectionnés dans le but de préserver les aliments par production d'acides (pour la fermentation lactique) ou d'alcool (pour la fermentation alcoolique), et de modifier leurs caractéristiques organoleptiques. **[19]**

Lors de la fermentation, grâce à l'action des micro-organismes en milieu anaérobie (sans oxygène), les sucres (essentiellement des fruits et légumes) sont transformés en acides (acide lactique). L'acide lactique, une fois que sa concentration est supérieure à 0,7%, a un effet conservateur et inhibe ou arrête l'activité vitale de tous les microbes. Parfois, des cultures pures de bactéries lactiques sont utilisées pour la fermentation, mais le plus souvent, la fermentation est effectuée naturellement en raison de la microflore contenue sur les fruits ou

légumes eux-mêmes. Il est recommandé de conserver les aliments fermentés à des températures de 0 à 5 ° C. **[23]**

***Tableau II.8*:** *les avantages et les inconvénients de la fermentation*

Nom	Avantages +	Inconvénients -	Exemple
Fermentation (des MO s'activent et tuent les germes présents)	-Le gout est modifié volontairement par ce procédé -Méthode simple et facile à faire. -Déclinable à l'infini grâce à de nombreuses recettes ou associations de légumes et fruits entre eux. -Valeur nutritive des aliments lacto-fermentés (vitamines préservées, probiotiques). -Coût énergétique nul.	-La fermentation doit être contrôlée. -Le petit goût acide (typiquement, celui de la choucroute crue) peut ne pas plaire à tout le monde, procédé utilisable seulement pour les légumes.	Yaourts, choucroute, fromage, vins…

I.6.2 Irradiation ou ionisation

L'irradiation, ou ionisation des aliments vise à prolonger leur durée de conservation en inhibant leur germination (pour les graines ou les pommes de terre) et en détruisant les parasites et les micro-organismes.

En pratique, l'irradiation :

- Tue les germes et les parasites des plantes (dans le cas du blé, des épices, des fruits secs, etc.).
- Tue les germes et parasites qui peuvent contaminer la viande (par exemple la salmonelle de la volaille ou Escherichia coli du bœuf haché).
- Empêche la germination des pommes de terre, de l'ail et des oignons pendant le stockage.
- Ralentit le mûrissement des fruits.

Trois types de rayonnements ionisants sont autorisés pour l'irradiation des aliments : les rayons gamma pour le traitement des aliments crus, cuits ou surgelés (les plus utilisés, car les moins onéreux), les rayons X et les électrons accélérés pour le traitement des emballages de taille réduite ou celui des céréales. Le choix de la dose d'irradiation (faible, moyenne, forte) dépend de l'aliment et du but poursuivi. **[20]** L'ionisation ne modifie pas sensiblement la qualité nutritionnelle des aliments et ne provoque pas la formation de produits toxiques ou cancérigènes. Des altérations sensibles ne peuvent être décelées que pour des doses très supérieures à 10 Kilo Gray (KGy). **[21]**

➞ Les rayons gamma sont émis par les noyaux radioactifs lorsque ceux-ci reviennent à un état plus stable, plus fondamental à la suite d'une excitation. Le cobalt 60 est le radio-isotope utilisé pour ioniser les denrées alimentaires. Il émet pour se désexciter deux photons gamma successifs de 1,172 Mégaélectronvolt (MeV) et 1,333 MeV.

Ce radionucléide est obtenu par irradiation neutronique du cobalt 59, seul isotope stable du cobalt.

Les rayons gamma n'ionisent pas directement les atomes mais transfèrent l'énergie aux particules atomiques qui interagissent avec la matière pour former des ions. Les rayons gamma peuvent traverser les tissus vivants sans interagir avec eux, ils peuvent traverser des épaisseurs très importantes et ne peuvent être arrêtés que par une grande épaisseur de béton ou de plomb par exemple.

Le noyau des atomes de l'aliment ne peut devenir radioactif que si l'énergie propre du rayonnement est trop élevée. Par sécurité, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a fixé ce seuil à 10 MeV pour les électrons et à 5 MeV pour les photons. La dose irradiante est mesurée en Gray. La quantité d'énergie, à laquelle l'aliment est exposé, est appelée "la dose de radiation absorbée". 1 Gray = 1 joule d'énergie absorbée/Kg d'aliment. **[21]**

I.6.2.1 Les effets de l'irradiation

a) Effets thermiques

Ces effets résultent de la dégradation de l'énergie des rayonnements sous forme de chaleur libérée lors de leur interaction avec les ions ou les molécules rencontrés. L'élévation de température des substances irradiées n'est pas significative compte tenu de la valeur des énergies des rayonnements mise en œuvre lors de l'application des traitements ionisants à la conservation et à l'assainissement des denrées alimentaires.

b) Effets physiques

L'interaction des rayonnements avec les gaz provoque leur ionisation et les rend conducteurs, alors que l'action sur les solides résulte des perturbations de leurs réseaux rigides et structurés (augmentation de la dureté, de la résistivité et variations des dimensions).

c) Effets chimiques

L'interaction entre une particule chargée ou une radiation électromagnétique et une molécule d'eau peut conduire soit à l'ionisation de cette molécule en provoquant l'arrachement d'un électron orbital :

$$H_2O \longrightarrow H_2O^+ + e^-$$

Soit à l'excitation de cette molécule si l'énergie du rayonnement est trop faible pour l'ioniser : $H_2O \longrightarrow H_2O^*$

L'ionisation aboutit à la formation du radical $OH^\bullet$:

$$H_2O + H_2O^+ \longrightarrow H_3O^+ + OH^\bullet$$

L'excitation débouche, quant à elle, sur une séparation homolytique de la molécule d'eau en deux radicaux libres :

$$H_2O^* \longrightarrow H^\bullet + OH^\bullet$$

Les processus d'ionisation et d'excitation entraînent la rupture des liaisons chimiques unissant les atomes d'une molécule ainsi que l'apparition de fragments moléculaires appelés radicaux libres.

d) Effets biologiques

L'irradiation peut induire des réactions dans les composés des aliments comme l'oxydation des métaux et des ions, l'oxydation/réduction des carbonyles en dérivés hydroxylés, l'élimination des instaurations et la génération des radicaux libres qui peuvent être oxydés en peroxydes. Ces réactions peuvent initier l'oxydation des lipides, la décomposition des protéines, la dégradation des vitamines et le changement de la couleur, de l'odeur et de la flaveur.

Les effets biochimiques induits sur les constituants organiques du vivant par ces traitements ionisants sont relativement modérés. En effet, les protéines ne sont que très faiblement modifiées et les activités enzymatiques peuvent être perturbées. L'action sur les glucides est

mineure, certaines macromolécules peuvent éventuellement être fractionnées mais le traitement par irradiation n'engendre pas la formation de produits nouveaux, alors que l'effet sur les molécules lipidiques est plus significatif. En présence d'oxygène, divers produits de la radiolyse de l'eau peuvent réagir avec les lipides insaturés. Ces réactions aboutissent à la formation d'hyperoxydes.

L'irradiation provoque aussi des ruptures simples au niveau de la liaison entre la base et le sucre d'un nucléotide, ou entre le sucre et le phosphate de l'ADN. Les ruptures doubles sont des cassures simultanées des deux brins d'ADN à des niveaux très voisins.

Les bases peuvent être modifiées chimiquement. La thymine, en particulier, est susceptible de subir un hydroxylation avec formation d'hyperoxyde, en présence d'oxygène. Ces altérations sont moins fréquentes que les ruptures de brins. **[21]**

➞La dose de rayonnement à utiliser doit être très précisément définie, c'est-à-dire suffisante pour atteindre l'objectif fixé, mais non excessive pour limiter les effets indésirables sur l'aliment lui-même. **[22]**

L'ionisation peut d'une part diminuer l'acceptabilité d'aliments en altérant leurs propriétés organoleptiques, et d'autre part, mais à des doses beaucoup plus élevées, réduire leurs qualités nutritionnelles en détruisant une partie de leurs vitamines. **[23]**

Tableau II.9: *Doses nécessaires pour diverses applications*

Dose		But	Produit
Faible dose (jusqu' à 1KGy)	**0,05-0,15 KGy**	Inhibition de la germination	Pomme de terre, oignon, ail, gingembre
	0,15-0,50 KGy	Désinsectisation et déparasitage	légumineuse, fruit frais et sec, poisson et viande.
	0,50-1,0 KGy	Ralentissement d'un processus Physiologique	Fruit et légume frais
Dose moyenne (1-10KGy)	**1,0-3,0 KGy**	Prolongation de la conservation	Poisson frais, fraise
	1,0-7,0 KGy	Elimination des agents et micro-organismes pathogènes	Fruit de mer frais et congelé, volaille et viande crues ou congelées

	2,0-7,0 KGy	Amélioration technique des aliments	Raisin (augmentation du rendement en jus), légume déshydraté (diminution de la durée de cuisson).
Forte dose (10-50KGy)	**30-50 KGy**	Stérilisation industrielle	Viande, volaille, fruit de mer, aliment prêt à l'emploi, ration hospitalière
	10-50 KGy	Décontamination de additifs et ingrédients alimentaires	Epice, gomme, préparation d'enzyme

(D'après l'irradiation des produits alimentaires organisation mondiale de la santé - 1989)

Conclusion

Bien que de nouvelles façons de conserver les aliments aient été découvertes, l'homme n'a pas abandonné les méthodes traditionnelles telles que le séchage et le salage .... etc. Mais chaque méthode a des avantages et des inconvénients qui la distinguent des autres méthodes, et l'utilisation des rayonnements pour conserver les aliments restent une méthode qui ne nécessite pas beaucoup d'équipements et d'appareils, et elle préserve également la valeur nutritionnelle des aliments. Légère différence dans sa composition chimique. Les doses de rayonnement utilisées pour la conservation doivent également être prises en compte, sinon la nourriture deviendra impropre à la consommation, c'est-à-dire toxique.

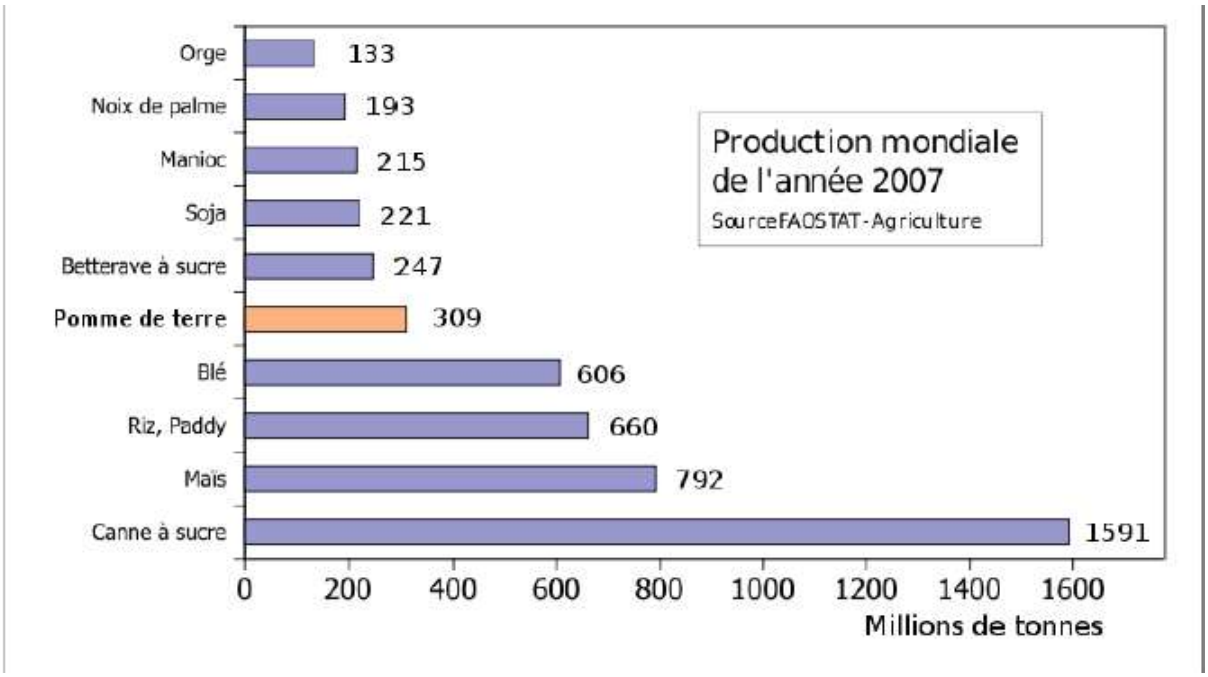
Chapitre III : Généralité sur la pomme de terre

I. Origine

Les premières pommes de terre ont été cultivées il y a plus 6000 ans près du lac Titicaca dans les montagnes des Andes de l'Amérique du Sud, sur la frontière entre la Bolivie et le Pérou. La plus grande diversité d'espèces sauvages de pommes de terre est encore actuellement dans cette région. **[24]**

L'introduction de la pomme de terre en Europe remonte au XVIème siècle lorsque les conquistadors espagnols découvrirent l'Amérique et le "papa" (la pomme de terre). **[25]** En Algérie, la pomme de terre, a probablement, été introduite pour la première fois au XVIème siècle par les Maures andalous qui ont propagé les autres cultures dans la région : tomate, poivron, maïs, tabac.... Puis, n'ayant pas suscité d'intérêt, elle est tombée dans l'oubli. **[26]** La pomme de terre occupe aujourd'hui une place majeure dans l'agriculture européenne et mondiale. **[25]**

En 2007, la production mondiale de pommes de terre est estimée à 323,5 millions de tonnes, pour une surface cultivée de 18,8 millions d'hectares, soit un rendement moyen de 17.23 tonne par hectare (t/ha). Ce chiffre n'inclut pas les plants (semences) qui représentent 30,8 millions de tonnes (Mt), soit environ 10 % du total. Cette culture s'inscrit à la cinquième place (en tonnage) des productions agricoles au niveau mondial, après la canne à sucre, le maïs, le riz et le blé et devant la betterave à sucre. C'est la plus importante dicotylédone alimentaire.



II. Description botanique et morphologique

La pomme de terre est une plante annuelle dicotylédone qui se propage essentiellement par voie végétative. Elle comprend deux importantes parties, aérienne et souterraine. **[27]**

II.1 Partie aérienne

1. Tiges : Chaque plante est composée d'une ou plusieurs tiges herbacées de port plus ou moins dressé, le nombre de tiges est influencé par le calibre du plant, son âge physiologique, les conditions de conservation et de germination. **[28]**

2. Feuilles : elles sont de type composé de longueur de 10 à 15 cm comprenant 3 à 5 paires de folioles avec une foliole terminale. **[27]**

***3. Fleurs* :** Les fleurs de la pomme de terre sont disposées sur une inflorescence en cyme bipare, portée par un pédoncule plus ou moins long, fixé généralement au sommet de la tige. Elle est construite par 5 sépales, 5 pétales, 5 étamines, les fleurs ont des couleurs différentes blanches, bleutées, violacées et rouge-violacées la coloration des fleurs est en fonction des variétés. **[28]**

4. Fruits et graines : Le fruit est une baie sphérique ou ovoïde de 1 à 3 centimètre de diamètre, de couleur verte ou brun violacé, jaunissant à maturité. Il contient généralement plusieurs dizaines de graines, petites, plates, réniformes, baignant dans une pulpe mucilagineuse provenant de la transformation de l'endocarpe du fruit. **[29]**

II.2 Partie souterraine

La partie souterraine représente la partie la plus intéressante de la plante puisqu'ou y trouve les tubercules qui confèrent à pomme de terre sa valeur alimentaire. Elle comprend :

1. Racines : d'après, les plantes de pomme de terre développées à partir des graines développent une racine pivotante mince avec des racines latérales, alors que celles multipliées par tubercules produites des racines adventices à la base de chaque germe.

2. Tiges souterraines ou stolons : ce sont des tiges latérales, elles prennent naissance à partir des bourgeons latéraux du tubercule mère, ces stolons donnent par la suite naissance à la formation des tubercules fils.

Figure III.11: *Caractéristiques morphologiques de la pomme de terre*

3. Tubercules

- ***Structure externe du tubercule***

Le tubercule de pomme de terre est une tige souterraine avec des entre-nœuds courts et épais, les yeux sont disposés en spirale et leur nombre est fonction de la surface (ou calibre) du tubercule. Chaque œil présente plusieurs bourgeons qui donnent des germes qui produisent, après plantation, des tiges, des stolons et des racines. **[27]**

Figure III.12: *Principaux organes extérieurs du tubercule de pomme de terre.*

- ***Structure interne du tubercule***

D'après une coupe longitudinale d'un tubercule à maturité on observe de l'extérieur vers l'intérieur les organes suivants :

Le périderme est la peau du tubercule ou le tissu de revêtement qui devient ferme et imperméable aux produits chimiques, gazeux et liquides en maturité et protéger le tubercule contre les micro-organismes et la perte d'eau. Les lenticelles assurent la communication entre l'extérieur et l'intérieur du tubercule et la respiration de cet organe. Après en trouve le cortex et la zone péri-médullaire qui présente les plus gros grains d'amidon ensuite la moelle qui contient des grains d'amidon de moindre taille que le péri-médullaire. **[30]**

3.1 Caractéristiques morphologiques de tubercule

La couleur de la peau des tubercules de pomme de terre est généralement jaune, mais peut être rouge, noire, brune ou bien rose.

La forme est de trios types : claviforme, arrondis ou bien oblongs**. [27]**

Figure III.13: *les différentes formes des tubercules de pomme de terre*

III. Les variétés de la pomme de terre

Les variétés de pomme de terre sont nombreuses ; dans la variété à peau blanche on trouve

La Spunta, Fabula, Sigma, Sieglinde, ... et les variétés à peau rouge est représenté par

Désirée, Kondor, Hermes, ...

Les variétés de la pomme de terre sont déterminées par :

- La forme du tubercule.

- La couleur de la peau et de la chair.
- La durée de conservation.
- La date de mise sur le marché.
- La durée de culture. **[30]**

Tableau III.1: *quelques variétés de pomme de terre*

	Variété	**Durée de culture**	**Emploi en cuisine**
	Spunta	110 à 120 jours	Frites, purées, soupes
	Désirée	120 à 140 jours	Frites, purées, soupes
	Apollo	70 à 90 jours.	Vapeur, salades
	Bintje	100 à 120 jours	Soupes, purées, frites
	Monalisa	100 à 120 jours	Salade, Sautées, Rissolées, Ragoût
	Nicola	100 à 120 jours	Vapeur, salades
	Charlotte	100 à 120 jours	Salade, Sautées, Rissolées
	Amandine	70 à 90 jours	Vapeur, salades, etc

IV. Compositions chimique et valeur nutritive

Le tubercule de pomme de terre est composé de 75 à 82 % d'eau et de 18 à 25% de matière sèche. La pomme de terre contient des glucides complexes, réserves de glucides végétaux, l'amidon s'accumule dans le tubercule, des acides aminés, protéines sucres, vitamines (C.B), sels minéraux (K, P, Ca, Mg), acides gras et organiques (citrique, ascorbique). **[27]**

Tableau III.2: *valeur nutritionnelle moyenne pour 100g de pomme terre.* ***[33]***

Pomme de terre culte à l'eau (sans peau)	
Valeur nutritionnelle moyenne pour 100 g	
Eau	78 g
Valeur calorique	85 kcal
Protides / Glucides / Lipides	
Protides	2 g
Glucides	19 g
Lipides	0,1 g
Vitamines	
Vitamine B1	0,08 mg
Vitamine B2	0,03 mg
Vitamine B3 ou PP	1,2 mg
Vitamine B6	0,18 mg
Vitamine B9	0,01 mg
Vitamine C	1,3 mg
Vitamine E	0,1 mg
Sels minéraux	
Cuivre	0,09 mg
Fer	0,4 mg
Potassium	376 mg
Magnésium	18,6 mg
Manganèse	0,14 mg

Zinc	0,28 mg
Acides gras	
Acides aminés essentiels	
Divers	
Fibres	1 g

V. Physiologie et cycle de développement de la pomme de terre

On peut multiplier la pomme de terre par graines, par boutures ou par tubercules. Le semis (avec graines) ne se pratique que dans le but d'obtenir de nouvelles variétés, la multiplication par boutures se pratique lorsqu'on ne dispose que de quelques tubercules de variétés méritantes et qu'on désire obtenir, la même année, un grand nombre de nouveaux tubercules, la multiplication la plus courante se fait par tubercules. **[31]**

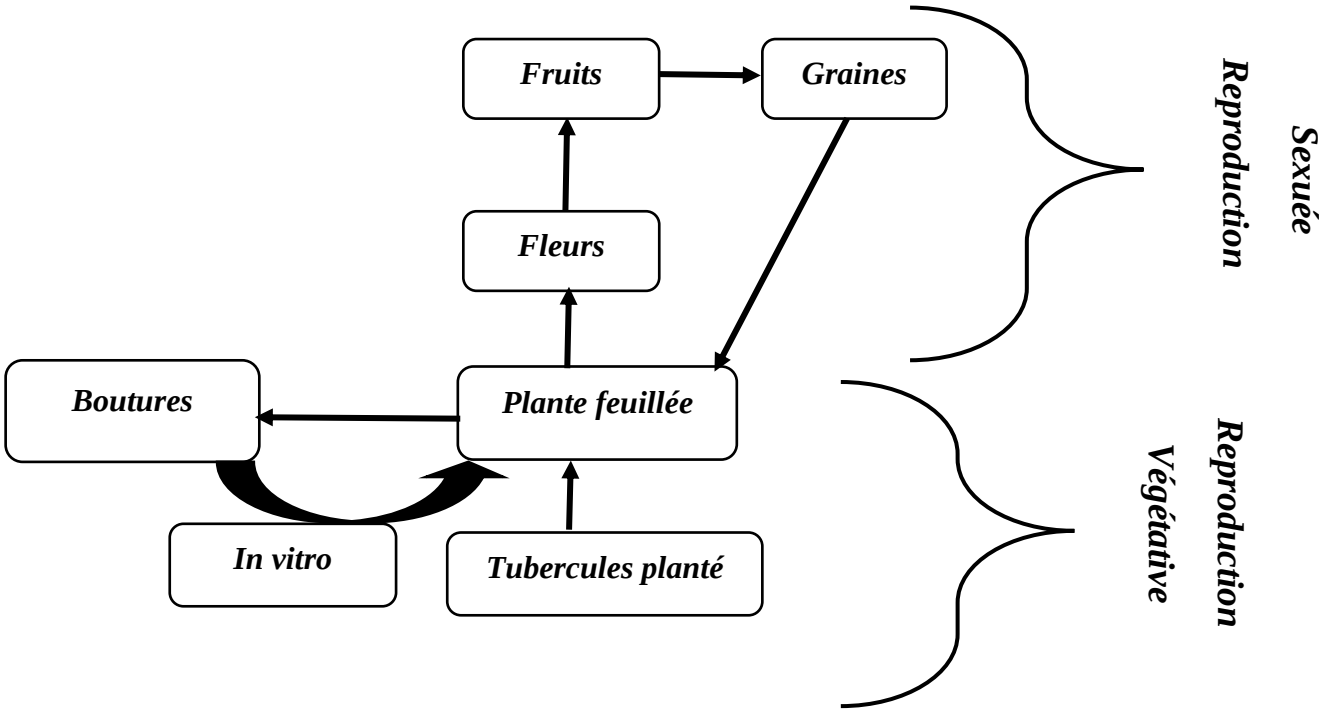


Figure III.14: *Les différentes méthodes de multiplication de la pomme de terre.*

1. Le cycle sexué

Le fruit est une baie sphérique ou ovoïde de 1 à 3 centimètre s de diamètre, il contient généralement plusieurs dizaines de graines, et peut contenir jusqu'à 200 graines. La pomme de terre est très peu reproduite par graines dans la pratique agricole, cependant la graine est

l'outil de création variétale. La germination est épigée et les cotylédons sont portés au-dessus du sol par le développement de l'hypocotyle. En conditions favorables, quand la jeune plante a seulement quelques centimètres de hauteur, les stolons commencent à se développer d'abord au niveau des cotylédons puis aux aisselles situées au-dessus, et s'enfoncent dans le sol pour donner des tubercules. **[30]**

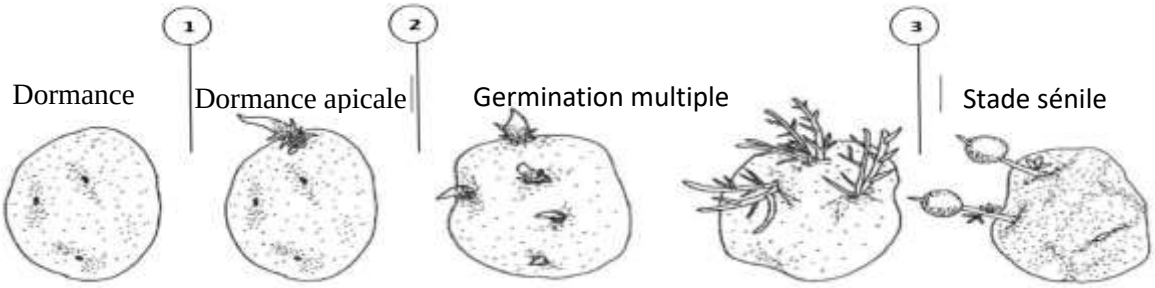


Figure III.15: *Evolution physiologique du tubercule de pomme de terre* ***[30]****.*

(1-formation du tubercule sur la plante-mère, 2-déclenchement de la germination du tubercule, 3-initiation des tubercules-fils).

2. Cycle végétatif

Le tubercule n'est pas seulement un organe de réserve, c'est aussi un organe qui sert à la multiplication végétative, cette dernière se déroule en cinq étapes : la dormance, la germination, la croissance, la tubérisation et la maturation. **[31]**

- ***La dormance***

Après la récolte, la plupart des variétés de pommes de terre traversent une période où le tubercule ne germe pas, quelles que soient les conditions de température, et d'humidité. Il s'agit de la période de dormance, et sa durée dépend beaucoup de la variété et des conditions d'entreposage, et surtout de la température. Pour hâter la germination, on peut traiter chimiquement les tubercules de semence ou les exposer alternativement à des températures élevées et basses. **[32]**

- ***Germination***

Le tubercule est placé dans des conditions favorables (16-20°C, 60-80% d'humidité relative) instantanément après la fin de son repos végétatif, il commence à germer, les tubercules deviennent capables d'émettre des bourgeons après une évolution physiologique interne, ce qui conduit à un seul germe qui se développe lentement et issu du bourgeon terminal qui

inhibe les autres bourgeons, c'est la dominance apicale, puis un petit nombre de germes à croissance rapide se développent. Ensuite, un nombre de plus en plus élevé de germes démarrent, traduisant la perte de la dominance apicale. Ils s'allongent lentement, se ramifient, deviennent filiformes et finalement tubérisés. **[26]**

- ***Croissance et développement végétative***

Quand le tubercule est planté, ses germes se transforment et croissent au-dessus du sol en tige feuillées. Les bourgeons axillaires aériens donnent des rameaux et les bourgeons souterrains donnent des stolons. Le sommet du stolon commence à renfler et forme un tubercule et le système aérien se développe suivant un schéma régulier (tige-feuilles-bourgeons-floraux), constituant un premier niveau de feuille, puis des tiges latérales apparaissent formant un deuxième niveau de feuilles. **[27]**

- ***Tubérisation***

Le tubercule est la justification économique de la culture de pomme de terre puisqu'il constitue la partie alimentaire de la plante et en même temps, son organe de propagation le plus fréquent. Ce phénomène de tubérisation commence d'abord par un arrêt d'élongation des stolons après une période de croissance. La tubérisation est réalisée dès que le diamètre des ébauches est le double de celui des stolons qui les portent. Outre les processus de multiplication cellulaire, le grossissement des ébauches de tubercules s'effectue par accumulation dans les tissus des substances de réserve synthétisées par le feuillage. Ce grossissement ralentit puis 'arrête au cours de la sénescence du feuillage. Le modèle de développement suivi par les tubercules varie considérablement entre les tubercules d'une même plante. Une hiérarchie s'établit entre ces organes de stockage qui entrent en compétition pour les nutriments : les tubercules croissant le plus vite limitent le développement des autres tubercules. **[3]**

- ***La maturation des tubercules***

Elle se caractérise par la sénescence de la plante, par la chute des feuilles ainsi que l'affaiblissement du système racinaire et les tubercules atteignent leur maximum de développement. **[30]**

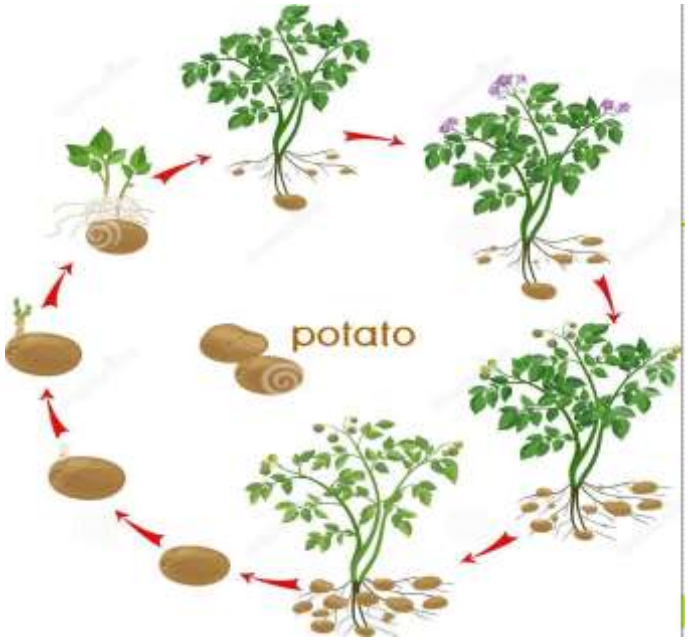


Figure III.16: *Le cycle végétatif de la pomme de terre*

VI. Les dates de plantation de la pomme de terre

En Algérie la pomme de terre est cultivée selon trois calendriers de culture :

- ✓ Arrière-saison est du mois de juin au mois d'août et la récolte du novembre à février.
- ✓ Primeur est du mois d'octobre jusqu'à le mois de septembre, la récolte est de janvier à mars.
- ✓ Saison est du mois de décembre au mois d'avril. **[30]**

VII. Conservation de pomme de terre

Les pommes de terre récoltées à pleine maturation peuvent se conserver de dix à douze mois. La question du stockage se pose pour les pommes de terre dites « de conservation » ainsi que pour celles destinée à la transformation industrielle et à la semence. Les tubercules, vivants et à teneur élevée en eau, subissent des phénomènes de respiration et de transpiration. Ils sont sujets au fil du temps à des pertes de poids, au flétrissement et au développement des germes. Ils peuvent aussi être exposés à des risques de fermentation et à des attaques bactériennes ou fongiques. Ils doivent être préservés du gel.

Les conditions de stockage à respecter sont les suivantes : obscurité, ventilation et hygrométrie contrôlées, températures maintenue entre 4 à 6 °C. Des traitements antigermination sont autorisés en phase de stockage à l'aide de substances telles que le prophame ou le chlorprophame par poudrage ou nébulisation, cette dernière technique

assurant une meilleure répartition du produit et évitant les risques de surdosage localisé, ou bien par ionisation.

Le consommateur peut garder des pommes de terre pendant plusieurs semaines, plus ou moins selon les variétés, dans un local frais abrité de la lumière. Les pommes de terre « primeurs », récoltées avant complète maturité, ne se conservent que quelques jours. **[33]**

VIII. L'importance des pommes de terre

La pomme de terre est un légume riche en nutriments (vitamine C, potassium...), ce qui en fait un aliment intégré pour de nombreux peuples, notamment le peuple algérien, où la pomme de terre occupent la deuxième place après le blé en termes de consommation, car elles sont majoritairement présentes dans de nombreux plats algériens et c'est l'une des cultures disponibles toute l'année, mais le seul problème auquel la plupart des agriculteurs et des commerçants sont confrontés est la méthode de conservation du produit pendant longtemps sans perdre ses propriétés (valeur nutritionnelle , forme, goût).

La pomme de terre a quatre grands types d'utilisations : l'alimentation humaine (sous forme de tubercules frais ou transformés), l'alimentation animale, l'extraction industrielle de l'amidon et d'autres sous-produits, la production de plants. Au niveau mondial, la répartition était la suivante en 2005 (source : bilans alimentaires FAO) : pour une disponibilité totale de 322,5 millions de tonnes (correspondant au solde production + importations - exportations + variations des stocks), l'alimentation humaine a représenté 66,4 %, l'utilisation à des fins industrielles 12,7 %, l'alimentation animale 11 % et les semences (plants) 9,9 %. La disponibilité réelle est affectée par un taux de pertes, notamment lors de l'utilisation par les ménages, que l'on peut estimer à environ 7 %.

Sans être une plante médicinale, la pomme de terre en tant qu'aliment est bénéfique pour la santé ; outre l'apport de vitamine C utile pour la prévention du scorbut, qu'elle aurait contribué à faire reculer en Europe au XIXe siècle, elle constitue un aliment de lest qui facilite le transit intestinal. Elle a aussi des propriétés cicatrisantes, utiles contre les ulcères intestinaux. La fécule de pomme de terre est un topique émollient. On peut utiliser la fécule ou la pomme de terre râpée sous forme de cataplasmes contre les brûlures, engelures, gerçures, etc. Le jus de pomme de terre est émollient, calmant, cicatrisant des muqueuses digestives et diurétiques.

La pomme de terre a été largement employée en médecine populaire dès le XIXe siècle, notamment en Provence, pour ses propriétés émollientes et adoucissantes contre divers maux

: brûlures, panaris, mains abîmées... On utilisait à cet effet une pomme de terre coupée en deux, de la pomme de terre râpée ou de la pulpe de pomme de terre bouillie.
Ce tubercule peut aussi être le support de « magie thérapeutique ». Selon certaines croyances, une pomme de terre conservée dans la poche, jusqu'à ce qu'elle devienne desséchée et dure, peut éloigner le mal, notamment les rhumatismes.

Conclusion

La pomme de terre reste un aliment complet pour l'homme car riche en nutriments, mais le problème réside dans la manière de préserver sa récolte le plus longtemps possible et de conserver sa valeur nutritionnelle et ses caractéristiques telles que la forme, le goût, la saveur, la couleur...etc.

Il existe différentes variétés de pommes de terre, et chaque variété diffère de l'autre, que ce soit par le goût, la couleur ou l'utilisation en cuisine.

Les pommes de terre sont considérées non seulement comme un aliment, mais aussi comme un médicament, et peuvent être utilisées dans l'industrie et dans de nombreux domaines.

Chapitre IV : Résultat et discussion

Introduction

L'irradiation est le processus d'exposition des aliments frais à de faibles quantités de rayons pour stériliser et prolonger leur durée de vie. Les fournisseurs de produits alimentaires disent qu'il est sûr et ne rend pas les aliments radioactifs. Plus de 100 ans de recherche qui ont permis d'accepter l'utilisation sûre et réussie de l'irradiation comme méthode de sécurité alimentaire sont plus que toute autre technologie utilisée dans l'industrie alimentaire aujourd'hui. Les partisans de l'irradiation des aliments ont un certain nombre de pros pour soutenir leur position.

Dans ce travail on va essayer de déterminer l'effet de conservation d'un aliment végétal qui a une large production et consommation à l'échelle international par les rayonnements gamma : la pomme de terre.

I. Matériels et méthodes

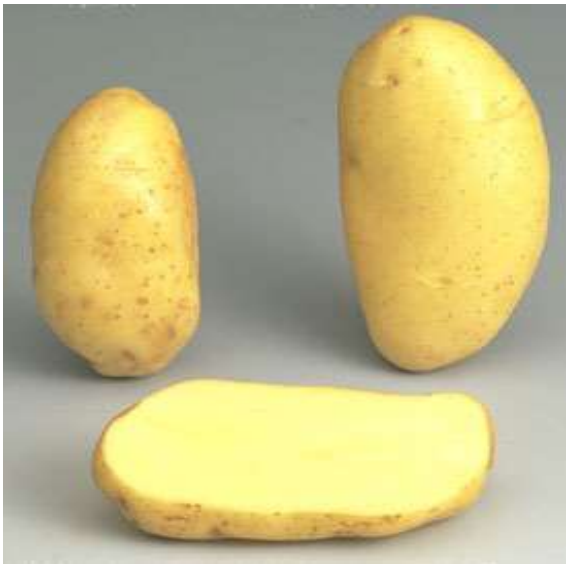
I.1 La matière végétale étudiée

La pomme de terre est une source importante de glucides mais aussi de protéines et de vitamine C. Ses qualités nutritives et sa facilité de culture font qu'elle est devenue l'un des aliments de base de l'humanité, figurant parmi les légumes et féculents les plus consommés. C'est aussi la culture alimentaire la plus productive, produisant plus de matière sèche à l'hectare que les céréales et que toute autre plante cultivée, à l'exception de la canne à sucre. La pomme de terre reste sous-utilisée dans certains pays du Tiers-Monde, notamment en Afrique sub-saharienne, mais globalement sa consommation progresse dans les pays en développement, tandis que dans les pays développés elle tend à diminuer, basculant de plus en plus vers des formes transformées (purée en flocons, frites surgelées, etc.).

La fécule de pomme de terre a donné naissance à une industrie de transformation aux multiples débouchés dans les secteurs agro-alimentaire, cosmétique, pharmaceutique et industriel.

Compte tenu de son importance économique, de nombreuses études scientifiques sur la pomme de terre et les espèces apparentées, notamment dans la conservation par différentes méthodes.

Dans cette étude nous avons basé notre travail sur deux variétés de pomme de terre qui sont disponibles et plus consommées en Algérie Spunta et Désirée



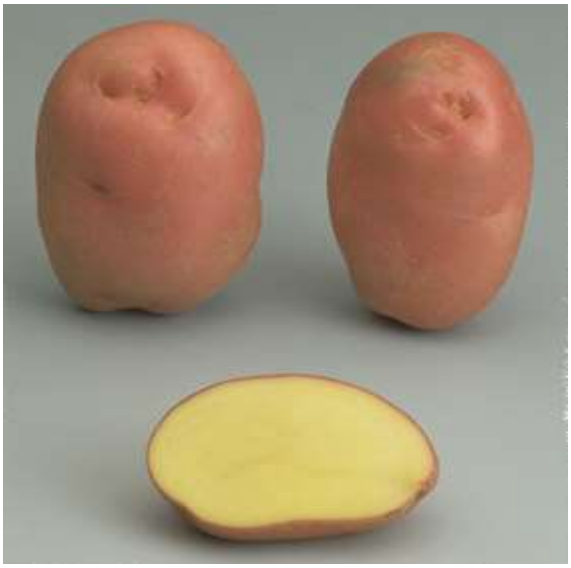


Figure IV.17: *Les variétés spunta et désirée*

I.2 L'irradiation des échantillons

L'irradiation des tubercules de pomme de terre a été faite au niveau du centre de recherche national d'Alger par une source gamma de cobalt ^{60}Co en octobre 2019.

- ***Description de la source d'irradiation***

L'irradiateur pilote du Centre de Recherche Nucléaire d'Alger (CRNA) est composé de trois sources cylindriques de ^{60}Co de type COP4 fabriquées par ORIS (France). Elles sont disposées verticalement dans un porte-source en acier inoxydable.

Les sources de dimension 384mm de hauteur et de 26,6mm de diamètre ainsi disposées forment une hauteur active de 1152mm. Pour des raisons pratiques une cale de 85mm a été déposée sous la source du bas.

En position d'irradiation, la partie inférieure de cette source se trouve à 350mm au-dessus de la platine. L'activité initiale au 08/10/2002 date d'installation de la source, était de $13{,}32.10^{14}$Bq soit 35990 Ci.

Dimensions de la piscine :

- ✓ Profondeur 6,50 m.

- ✓ Longueur : 2,50 m
- ✓ Largeur : 2,20 m
- ✓ Volume de remplissage en eau désionisée est de 35 m^3

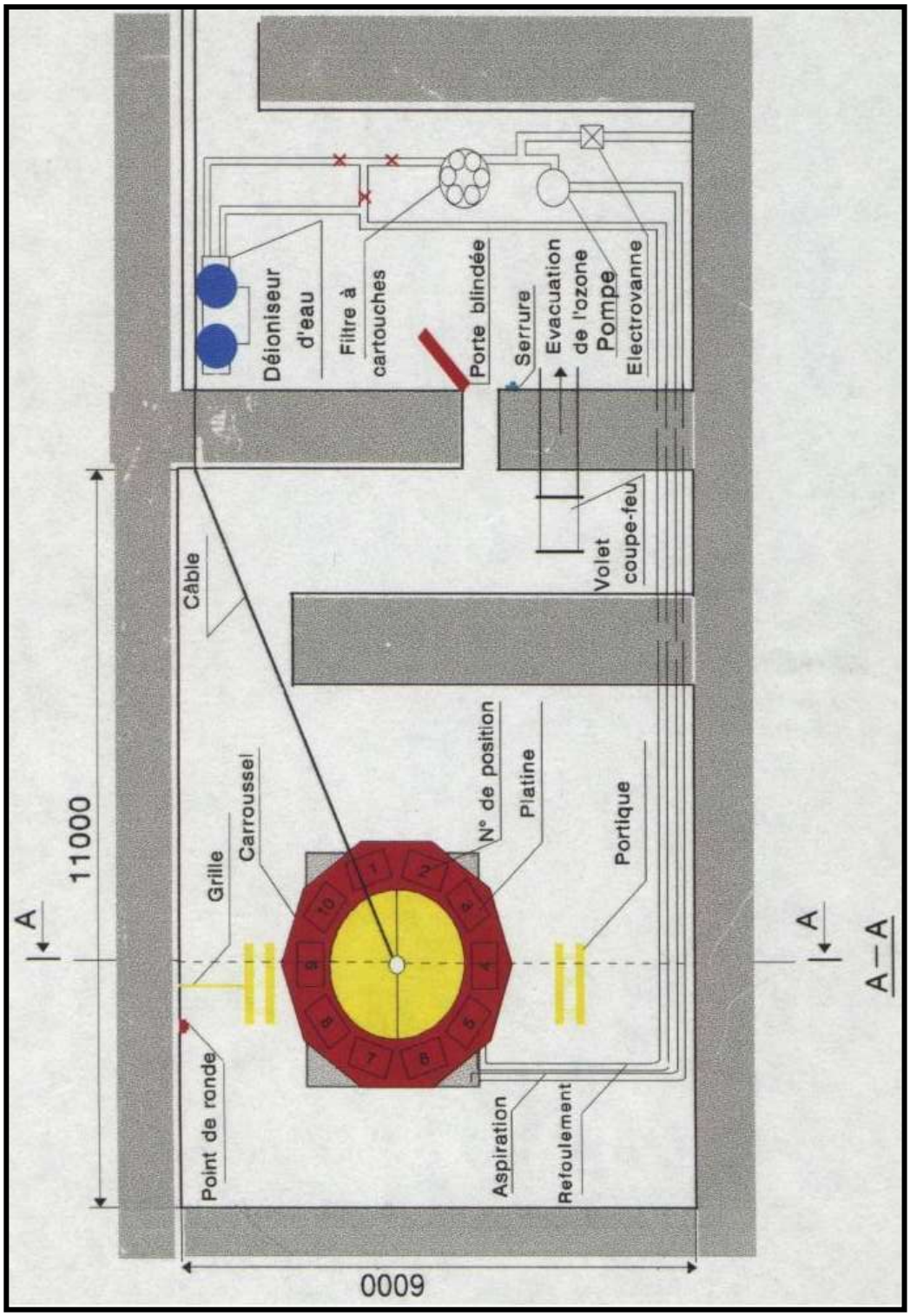


Figure IV.18: *Schéma de l'irradiateur pilote de CRNA*

Nos échantillons sont irradiés par plusieurs doses pour étudier l'effet de la dose sur les tubercules.

Débit de dose (Gy/min)	**Dose délivrée (Gy)**
3,22	10
3,22	25
3,22	35
3,22	45
3,22	55
3,22	65
3,22	75
3,22	85
3,22	100
3,22	150

II. Résultats et discussion

Dans cette étude nous avons étudié les effets des rayonnements gamma sur la matière biologique plus particulièrement sur la pomme de terre pour leur conservation et évaluer leur qualité alimentaire.

Les tubercules de pomme de terre des deux variétés spunta et désirée irradiés par des rayonnements gamma sont conservés dans une température ambiante ; la courbe suivante présente le poids des tubercules durant une période de 15 mois.

II.1 Rayonnement gamma et âge physiologique

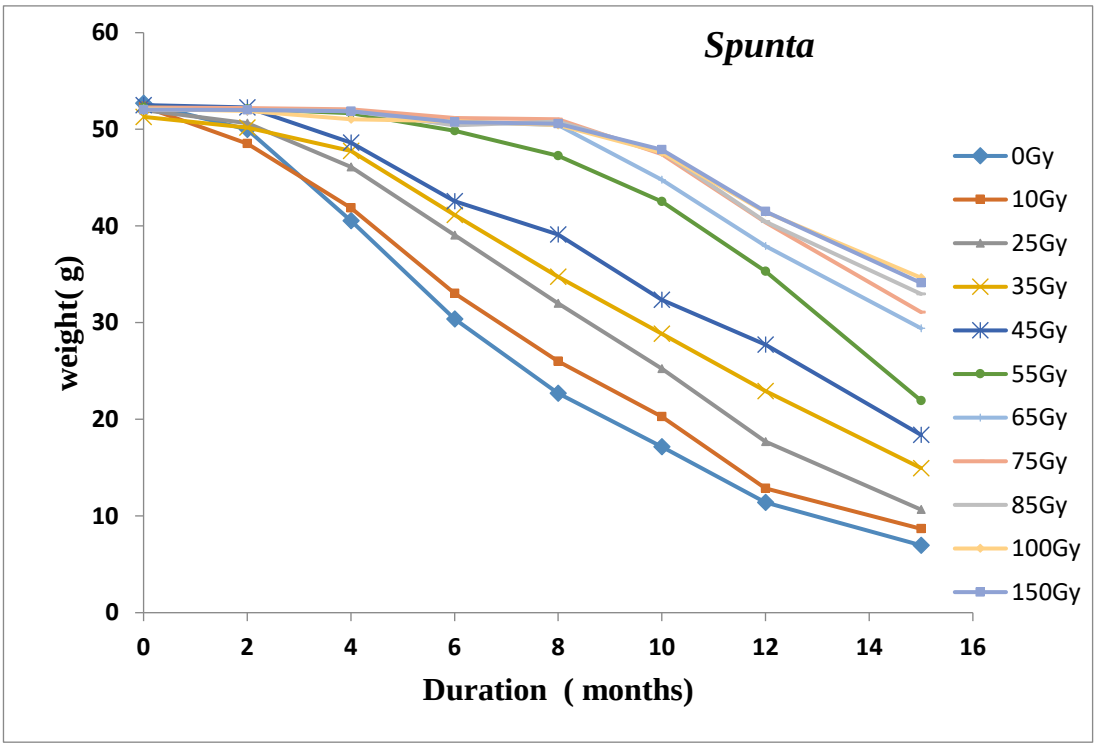


Figure IV.19: *La variation du poids des tubercules en fonction de temps*

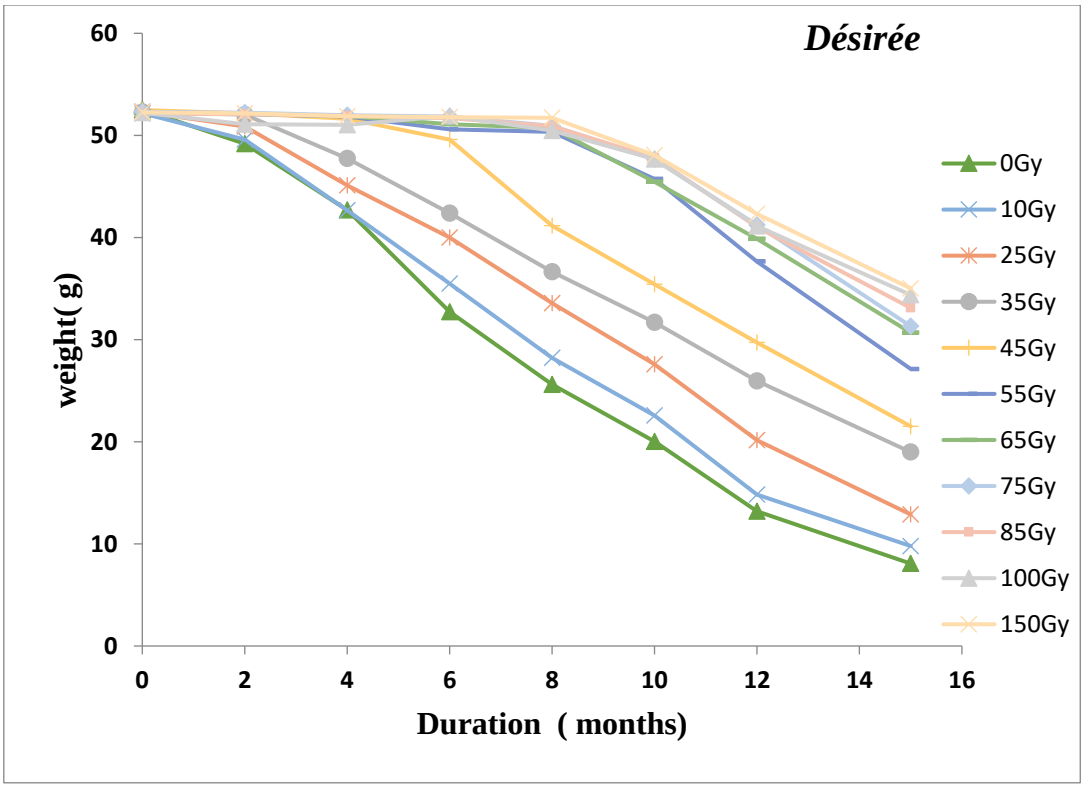


Figure IV.20: *La variation du poids des tubercules en fonction de temps*

D'après les courbes précédentes on remarque que pendant les deux ou trois premiers mois une lente décroissance du poids des tubercules qui correspond à la période de dormance pour les faibles dose inferieure à 45Gy pour les deux variétés ; ensuite une diminution rapide en masse c'est-à-dire les tubercules commencent à consommer leur réserves d'eau et de l'amidon.

Alors que pour les doses supérieures les tubercules gardent leur poids et leurs formes jusqu'à le huitième mois ensuite ils commencent à perdre leur masse lentement.

On conclue qu'Il existe une relation directe entre la dose et la période de dormance des tubercules (plus la dose de rayonnement est forte, plus la période de dormance des tubercules est élevée).

Tubercules juste après irradiation

Tubercules irradié par doses inferieures à 55Gy

Tubercules irradié par doses supérieures à 55Gy

Figure IV.21: *tubercules de la pomme de terre irradié pour la variété spunta après 15 moins*

Tubercules juste après irradiation

Tubercule irradié par doses inferieures à 55Gy ***Tubercule irradié par doses supérieures à 55Gy***

Figure IV.22: *tubercules de la pomme de terre irradié pour la variété désirée après 15 moins*

II.2 Evaluation de la qualité alimentaire des tubercules irradiés : le dosage des sucres totaux

La pomme de terre est constituée de 17-19% de sucres totaux, constitués principalement par l'amidon (17% du poids de la matière fraiche) et accessoirement par le saccharose et des monosaccharides réducteurs). Ces deux dernières composantes donnent le goût sucré à cet aliment végétal. L'estimation de ces sucres dans les tubercules de la pomme de terre permet de rendre compte de la qualité alimentaire de ce matériel biologique.

La spectrophotométrie est une méthode d'analyse qui permet de déterminer l'absorbance d'une substance chimique en solution, c'est-à-dire sa capacité à absorber la lumière qui la traverse.

L'absorbance d'une substance chimique dépend de la nature et de la concentration de cette substance ainsi que de la longueur d'onde à laquelle on l'étudie.

❖ ***Principe de la spectrophotométrie***

Un spectrophotomètre mesure l'absorbance d'une solution à une longueur d'onde donnée. Dans la pratique, l'appareil réalise une mesure de l'intensité de la lumière après son passage au travers d'une cuve contenant la solution à étudier. L'intensité de la lumière monochromatique émise (I_0) est connue. À partir de la mesure de l'intensité de la lumière transmise (I), l'appareil donne l'absorbance (A) selon la formule suivante :

$$A = \log\left({}^{I_0}/_{I}\right)$$

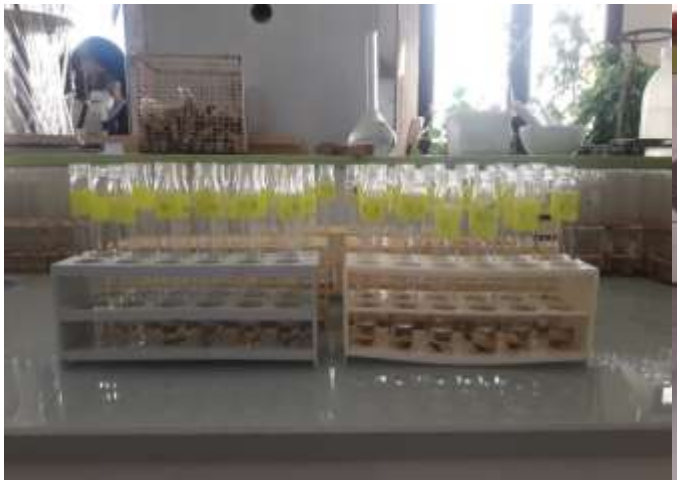
D'après la loi de ***Beer-Lambert*** l'absorbance est proportionnelle à la concentration d'une solution. Une mesure de l'absorbance peut donc permettre de remonter à la concentration d'une solution. Elle peut du même coup permettre de suivre la cinétique d'une réaction chimique.

Protocol expérimental

Les sucres solubles totaux (saccharose, glucose, fructose, leurs dérivés méthyles et les polysaccharides) sont dosés par la méthode au ***phénol*** de ***DUBOIS et AL. (1956***).

1. Elle consiste à prendre 100 mg de matière fraîche, placées dans des tubes à essais, on ajoute 3 ml d'***éthanol*** à 80% pour faire l'extraction des sucres.
2. On laisse à température ambiante pendant 48h à l'obscurité.
3. Les tubes sont placés dans l'étuve à 80°C pour faire évaporer l'alcool.
4. Dans chaque tube on ajoute 20ml d'eau distillée à l'extrait. C'est la solution à analyser.
5. Dans des tubes à essais propres, on met 2ml de la solution à analyser, on ajoute 1ml de phénol à 5% (le phénol est dilué dans de l'eau distillée) ; on ajoute rapidement 5ml d'acide sulfurique concentré 96% tout en évitant de verser de l'acide contre les parois du tube. On obtient, une solution jaune orange à la surface.
6. On passe au vortex pour homogénéiser la couleur de la solution.
7. On laisse les tubes pendant 10mn et on les place au bain-marie pour 10 à 20mn à une température de 30°C (La couleur de la réaction est stable pendant plusieurs heures.).

Les mesures d'absorbances sont effectuées à l'aide d'un spectrophotomètre UV-VIS à une longueur d'ondes de 485 nm (valeur de la longueur d'onde pour laquelle l'absorbance de la solution de glucose est maximale).



1. La courbe d'étalonnage

La gamme d'étalonnage se fait avec des solutions entre 0 et 300 mg/L de concentration en glucose. Les concentrations choisies sont présentées dans le tableau ci-dessous ainsi l'absorbance correspondante de chaque concentration.

Concentration en glucose (g/l)	0	25	50	100	150	200	250	300
Absorbance à 485nm	0	0,131	0,656	1,051	1,497	1,938	2,301	2,767

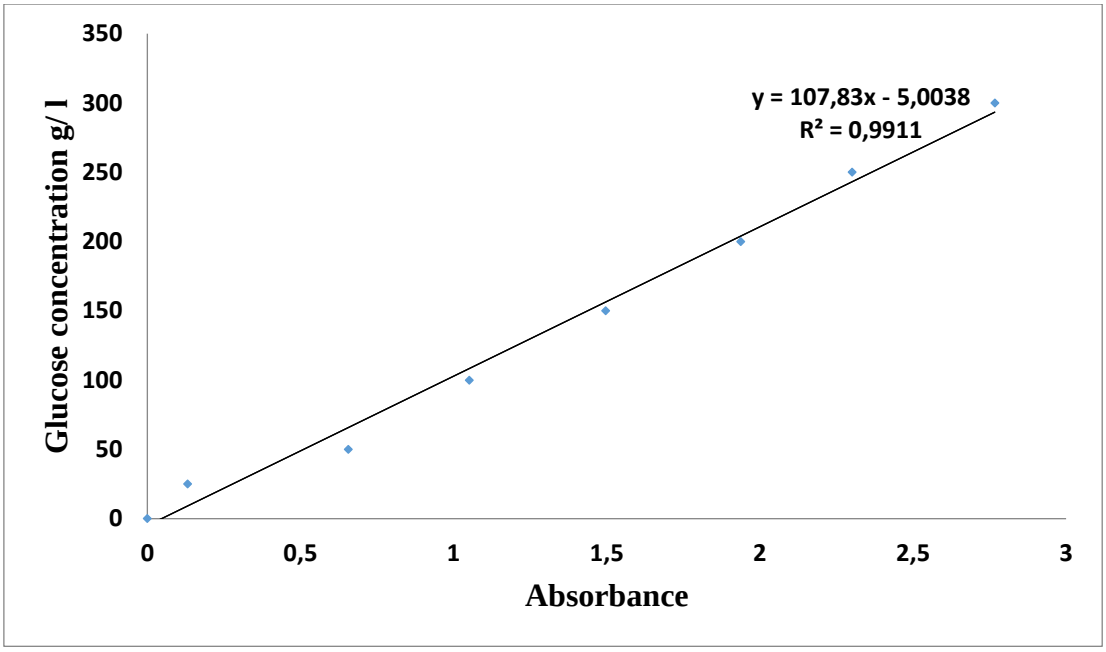


Figure IV.23: *Courbe de la variation de la concentration de glucose en fonction de l'absorbance.*

Les concentrations en glucose des tubercules de pomme de terre après 15mois de leur irradiation par différentes doses.

2. La concentration de glucose dans les tubercules de pomme de terre

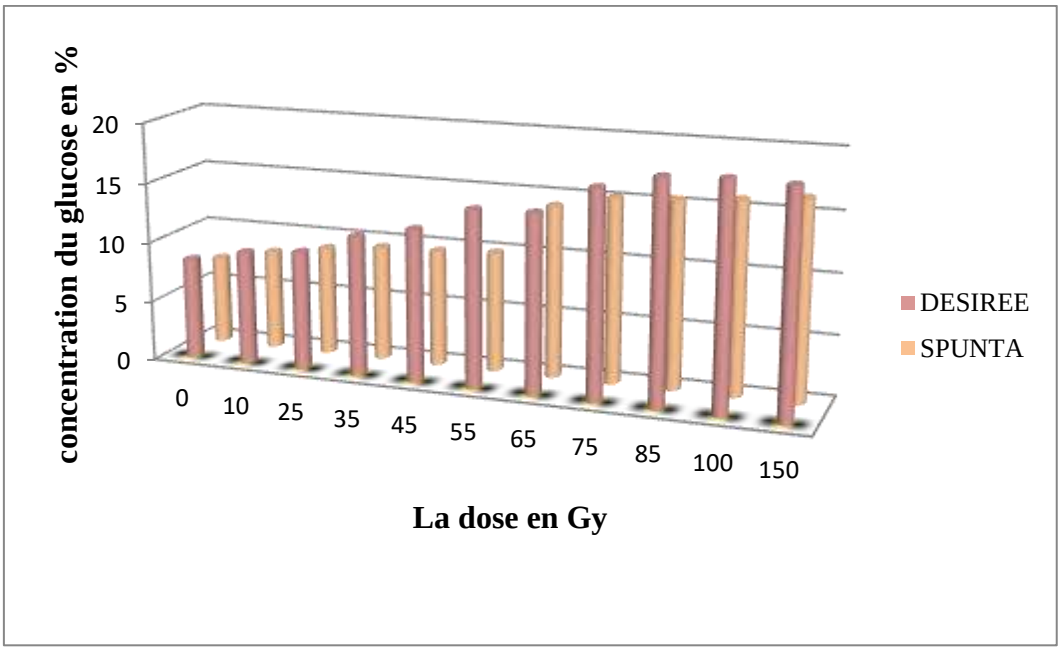


Figure IV.24: *Histogramme de la concentration de glucose dans les semences en fonction de la dose*

D'après les courbes précédentes, on remarque que les tubercules irradiés par des doses élevées gardent leurs taux du glucose durant une longue durée alors que les tubercules irradiés par des faibles doses perdent presque plus de la moitié de ces réserves en glucose.

Conclusion

Les traitements de conservation appliqués aux aliments visent à préserver leur comestibilité et leurs propriétés **gustatives** et **nutritives** en empêchant le développement des bactéries, champignons et microorganismes qu'ils contiennent et qui peuvent dans certains cas entraîner une intoxication alimentaire.

L'**irradiation** des tubercules de pomme de terre vise à prolonger leur durée de conservation en inhibant leur germination et en détruisant les parasites et les micro-organismes en gardant leur **qualité alimentaire** qui est dans notre cas représentée par le taux du glucose.

Les tubercules utilisent l'énergie acquise par le rayonnement gamma dans ces fonctions physiologiques et gardent leur réserve **d'eau** et du **glucose** donc lorsque la dose est plus forte les tubercules maintiennent leur forme et teneur alimentaire pour une longue durée.

Conclusion générale

La conservation des aliments vise à préserver leurs propriétés gustatives et nutritives ainsi que leur texture et leur couleur. Elle a aussi pour but de conserver leur comestibilité en retardant la croissance de bactéries afin d'éviter d'éventuelles intoxications alimentaires.

Selon les denrées et les moyens disponibles, différentes techniques peuvent être utilisées pour conserver des aliments. Les méthodes courantes de conservation de la nourriture comprennent le séchage ou dessiccation, la congélation, la mise sous vide, la pasteurisation, l'appertisation, l'irradiation et l'ajout de conservateurs. D'autres méthodes non seulement aident à maintenir l'aliment mais aussi lui ajoutent du goût, comme la salaison, la confiture et le fumage.

Les effets des rayonnements sur les cellules de la matière vivante ou végétale sont mis à profit pour la conservation de certains produits alimentaires dont ils détruisent les microorganismes et les parasites.

L'action des rayonnements, en particulier celle des rayons gamma du cobalt-60, entraîne des ruptures de liaisons chimiques lors de leur interaction avec le vivant, ce qui permet d'éliminer à froid et avec une grande fiabilité les bactéries, les moisissures et les parasites. Le traitement par ces rayons gamma est d'autant plus fiable que leur pouvoir pénétrant garantit que tous les points du produit sont effectivement traités.

Les effets dépendent de la dose. Les doses utilisées pour la conservation et la stérilisation sont adaptées à leur objectif. L'échelle de ces doses n'est bien sûr pas la même que celles appliquées pour l'homme. Par exemple on considérera comme faible une dose de 50 à 100Gy, alors qu'une telle dose est considérée comme forte dans le cas d'une radiothérapie d'une tumeur cancéreuse et serait mortelle appliquée au corps entier et non localement.

L'irradiation des pommes de terre à faible dose inhibe la germination et ralentit des processus physiologiques de décomposition afin qu'ils se conservent plus longtemps en gardant leur qualité alimentaire : teneur en eau et taux du glucose.

Ces produits radiolytiques, testés par la Food and Drug Administration (FDA) aux USA, ont été trouvés les mêmes ou similaires à ceux produits par les autres procédés de conservation, comme la congélation, la cuisson, l'ajout de conservateurs. De toute façon, il n'existe pas de procédé de préservation qui ne laisse aucune trace.

Référence

[1] LAKEHAL CHAOUKI, Mesures qualitatives et quantitatives des éléments radioactifs naturels présents dans des échantillons de l'environnement par spectrométrie γ, mémoire de Magister, Université Mentouri Constantine.

[2] MALIK BEN TEKAYA, préparation d'un matériau de référence pour la mesure de la radioactivité naturelle, mémoire du Mastère de Chimie Physique (2008/2009).

[3] Livret CEA : la radioactivité, Commissariat à l'Energie Atomique CEA (2002), www.cea.fr, ISSN 1637-5408.

[4] A. TEDJANI, « Détermination de la concentration en uranium et l'émanation du radon à partir de certains matériaux de construction, mémoire de magister », université Mentourie Constantine, (2016).

[5] SARA. B, « Modélisation Monte-Carlo d'un accélérateur linéaire pour la prise en compte des densités pulmonaires dans le ca/cul de la dose absorbée en Radiothérapie Stéréotaxique », doctorat de l'université de Toulouse, (2016).

[6] CAROLINE.B, « Dosimétrie pour la radiothérapie stéréotaxique en rayonnement synchrotron : calcules Monte-Carlo et gels radiosensibles », Thèse de doctorat université Joseph Fourier -Grenoble 1, (2006).

[7] JULIEN. B -ROBERT. A, « rayonnement ionisants principe physique a la médecine nucléaire », paris (2011).

[8] SALLAI. N, « Contrôle de qualité mécanique et dosimétrique de l'accélérateur linéaire d 'électron », mémoire de master université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, (2011).

[9] AISSANI .M, YAHOUNL I, « dosimétrie des photons de haute énergie », mémoire université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, (2011).

[10] ARBI .M, « caractérisation d'un nouveau capteur de rayonnement Gamma à base de verre, Mémoire pour l'obtention du diplôme du mastère », université du 7 novembre à Carthage, (2007).

[11] BENSEDDIK MED El A, OUMANSEUR MED El A, « Contrôle de qualité des accélérateurs linéaires et des scanners simulateur -procédure et application », mémoire de master Université de Tlemcen, (2016).

[12]méthode%20conservation%20des%20aliments/Applications%20médicales%20des%20rayonnements%20ionisants%20_%20AFCN%20%20Agence%20fédérale%20de%20Contrôle%20nucléaire.html Applications médicales des rayonnements ionisants _ AFCN - Agence fédérale de Contrôle nucléaire .

[13] J. FOOS : Manuel de radioactivité, (2011). www.edition-hermann.fr

[14] R. CHERKAOUI El MOURSLI - Radioactivité : Origines, définitions et applications, Conférences données dans le cadre des journées « les jeunes et la science » (édition 2007)

[15]https://institutdanone.org/objectif-nutrition/les-procedes-de-conservation-des-aliments/dossier-les-procedes-de-conservation-des-aliments/

[16] Ministère de l'économie des finances et de la relance. Conservation des aliments [en ligne]. Disponible sur http://www.economie.gouv.fr/dgccrf/publications/Vie-pratique/Fichies-pratiques/Conservation-des-aliments. [En 25 juin 2020]

[17] BOUMENDJEL, 2005. Conservation des denrées alimentaires. Centre universitaire d'EI-Tarf

[18] sécurité sanitaire des aliments [2013-2014]

[19] Dr CHEROUAL EA cours méthode de conservation des aliments et emballage alimentaire 2020, université Ferhat Abbas sétif-1

[20] l'irradiation des aliments –VIDAL. http://www.vidal .fr/sante/nutrition/choisir-preparer-aliments/conservation-aliments/irradiation-aliments.html [consulté en lundi 16 septembre 2019]

[21] IMEN MUSRATI, Stabilisation des activités enzymatiques de la voie de lipoxygénase par irradiation en vue d'améliorer la production des arômes de l'huile d'olive, projet fin d'étude université 7 novembre à Carthage ,2008-2009.

[22] HELA HASSAD, conservation par irradiation des épices (poivre noir et curcuma) emballés sous vide, mémoire de master**,** université 7 novembre à Carthage **,**2006-2007

[23] http://www.academie-medecine.fr/ionisation-des-aliments/ ionisation des aliment – académie nationale de médecine

[24] ASSOUL SABRINA, Effet des alcaloïdes des Nigella sp sur la pourriture molle de la pomme de terre et évaluation de toxicité in vivo, mémoire de master, Université Abderahmane Mira de Bejaia, (2012).

[25] SAGUEZ. J, Dérégulation des activités chitinases: vers de nouvelles perspectives de lutte contre les aphides. Thèse de Doctorat en science et santé. Université de Picardie, (2007)

[26] KECHID. M, Physiologie et biotechnologie de la microtubérisation de la pomme de terre Solanum tuberosum.L. mémoire de master. Université Mentouri de constantine, (2005)

[27] KEBAILI.L, BENCHAIB. A, BOUKCHIDA. A, Etude comparative de la production des semences de pré-base G0 de quatre variétés de pomme de terre (Solanum tuberosum L), mémoire de master, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi Bordj Bou Arréridj, (2017).

[28] DJAAFOUR NACIRA, État des lieux de la filière pomme de terre dans la région d'El Oued, mémoire de master, Université El Chahid Hamma Lakhder EL-Oued, (2019).

[29] ROUSSELLE. P, ROBERT.Y, CROSNIER. JC. La pomme de terre-production amélioration, ennemis et maladies (1996), utilisation. INRA Editions.

[30] CHEBBAH AICHA, Contribution à l'étude de la production de quelques variétés de pomme de terre dans la région de Tlemcen, mémoire de master, Université de Tlemcen, (2016).

[31] DAOUD. H, DOUDOU. O, Etude comparative de 14 variétés de pomme de terre cultivée (Solanum Tuberosum L.) dans la région de Mostaganem, mémoire de master, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, (2017).

[32] MEITAH MERZAKA, Etude de comportement variétal de trois variétés de pomme de terre (Solanum tuberosum L) dans la région de Biskra, mémoire de master, Université Mohamed Khider de Biskra, (2019).

[33] http:/ / creativecommons. org/ licenses/ by-sa/ 3. 0/

Résumé :

La conservation des aliments vise à préserver leurs propriétés gustatives et nutritives ainsi que leur texture et leur couleur. Elle a aussi pour but de conserver leur comestibilité en retardant la croissance de bactéries afin d'éviter d'éventuelles intoxications alimentaires.

Selon les denrées et les moyens disponibles, différentes techniques peuvent être utilisées pour conserver des aliments. Les méthodes courantes de conservation de la nourriture comprennent le séchage ou dessiccation, la congélation, la mise sous vide, la pasteurisation, l'appertisation, l'irradiation et l'ajout de conservateurs. D'autres méthodes non seulement aident à maintenir l'aliment mais aussi lui ajoutent du goût, comme la salaison, la confiture et le fumage.

Les effets dépendent de la dose. Les doses utilisées pour la conservation et la stérilisation sont adaptées à leur objectif.

L'irradiation des pommes de terre à faible dose inhibe la germination et ralentit des processus physiologiques de décomposition afin qu'ils se conservent plus longtemps en gardant leur qualité alimentaire : teneur en eau et taux du glucose.

Abstract:

The preservation of foods aims to preserve their taste and nutritional properties as well as their texture and color. It also aims to maintain their edibility by retarding the growth of bacteria in order to avoid possible food poisoning.

Depending on the food and the means available, different techniques can be used to preserve food. Common methods of preserving food include drying or desiccating, freezing, vacuum packing, pasteurizing, canning, irradiating and adding preservatives. Other methods not only help maintain the food but also add flavor, such as curing, jam and smoking.

The effects depend on the dose. The doses used for storage and sterilization are appropriate for their purpose.

Irradiation of potatoes at low doses inhibits germination and slows down physiological decomposition processes so that they can be stored longer while maintaining their food quality: water content and glucose levels.

ملخص:

تهدف المحافظة على الأطعمة إلى الحفاظ على مذاقها وخصائصها الغذائية وكذلك قوامها ولونها. كما يهدف إلى الحفاظ على صلاحيتها للأكل عن طريق إعاقة نمو البكتيريا لتجنب التسمم الغذائي المحتمل.

اعتمادًا على الطعام والوسائل المتاحة، يمكن استخدام تقنيات مختلفة للحفاظ على الطعام. تشمل الطرق الشائعة لحفظ الطعام التجفيف، والتجميد، وتفريغ الهواء، والبسترة، والتعليب، والإشعاع، وإضافة المواد الحافظة. لا تساعد الطرق الأخرى في الحفاظ على الطعام فحسب، بل تضيف أيضًا نكهة، مثل المعالجة والمربى والتدخين.

تعتمد التأثيرات على الجرعة. الجرعات المستخدمة في التخزين والتعقيم تتكيف مع الغرض منها

يمنع تشعيع البطاطس بجرعات منخفضة الإنبات ويبطئ عمليات التحلل الفسيولوجي بحيث يمكن تخزينها لفترة أطول مع الحفاظ على جودة طعامها: محتوى الماء ومستويات الجلوكوز.