

# *Contamination Des Laits Importes Au Mali Par Les Radionucléides*

## *[Contamination Of Milk Imported Into Mali By Radionuclides]*

TRAORE A <sup>1\*</sup>, TOURE H <sup>1</sup>, BARRY A <sup>2</sup>, DIARRA D <sup>1</sup>, KANOUTE G <sup>3</sup>, DIARRA B <sup>4</sup>.

<sup>1</sup>.Institut National de Santé Publique (INSP), Bp: Bamako, Mali;

<sup>2</sup>.Institut des Sciences Appliquées (ISA), Bamako, Mali;

<sup>3</sup>.Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odonto-stomatologie (FMOS);

<sup>4</sup>. Institut d'Economie Rurale (IER)

\*Tel: (223)73014676, email: adambtraore@yahoo.fr

Cette étude a été financée par le gouvernement du Mali à travers le département en charge de la santé et l'ANSSA.



**Résumé –** Au Mali l'insuffisance de données scientifiques sur la contamination des aliments en général et du lait en particulier par les radionucléides a motivé la conduite de la présente étude.

Dans ce travail, nous avons recherché les radionucléides (134Cs, 137Cs, 90Sr) dans les laits importés au Mali.

Un total de 150 échantillons de laits (18 chez les importateurs, 66 chez les vendeurs demi-grossistes, 66 échantillons chez les détaillants) a été récolté dans le District de Bamako.

La détermination du 90Sr a été effectuée par le Compteur à gaz proportionnel selon la norme NF EN ISO 13160.

La détermination des Césiums (134Cs, 137Cs) a été effectuée par Spectrométrie Gamma selon la norme NF ISO 10703.

Les analyses des 150 échantillons des laits importés, n'ont détecté aucune trace des césiums (134Cs, 137Cs) et du Strontium (90Sr). Tous les résultats obtenus sont conformes aux normes du Codex Alimentarius.

**Mots clés –** Recherche, Césium 134, Césium 137, Laits importés, Strontium90, Mali.

**Abstract –** In Mali, the lack of scientific data on the contamination of food in general and milk in particular by radionuclides motivated the conduct of this study.

In this work, we looked for radionuclides (134Cs, 137Cs, 90Sr) in milk imported into Mali.

A total of 150 milk samples (18 from importers, 66 from semi-wholesaler sellers, 66 samples from retailers) were collected in the District of Bamako.

The determination of 90Sr was carried out by the proportional gas meter according to standard NF EN ISO 13160.

The determination of Cesiums (134Cs, 137Cs) was carried out by Gamma Spectrometry according to the NF ISO 10703 standard.

The analyzes of the 150 samples of imported milk did not detect any trace of cesium (134Cs, 137Cs) and strontium (90Sr). All the results obtained comply with Codex Alimentarius standards.

**Keywords –** Research, Cesium 134, Cesium 137, Imported milk, Strontium90, Mali.

## I. INTRODUCTION

Le lait est un aliment hautement nutritif par sa richesse en protéines, glucides, lipides, vitamines et sels minéraux [1]. C'est un aliment complet prisé par les populations de toutes les régions du monde, il est très souvent consommé après transformation.

Le lait fermenté est l'un des aliments les plus populaires fermentés; il est depuis toujours traditionnellement consommé sur tous les continents [2].

De par sa composition biochimique, le lait est un milieu favorable à la croissance des microorganismes y compris pathogènes [3]. C'est pour cette raison que le lait et ses dérivés ont toujours été considérés comme étant l'une des principales causes d'intoxications alimentaires d'origine microbienne [4].

Le lait peut aussi être à l'origine de plusieurs types de contaminants chimiques. La mamelle est un émonctoire et le lait qui en sort contient des substances ingérées ou inhalées par l'animal, sous la forme soit du constituant original, soit de composés dérivés métabolisés. Les substances étrangères qui se trouvent dans le lait peuvent provenir des aliments (engrais, produits phytosanitaires, radionucléides), de l'environnement (pesticides), de traitements prescrits à l'animal (produits pharmaceutiques, antibiotiques, hormones). [5]. Des nuages de radioactivité ont sillonné l'Europe dans les 2 à 3 jours suivant l'accident de la Centrale Nucléaire de Tchernobyl (Ukraine) en avril 1986. Ils ont pollué l'environnement et les ressources alimentaires dont la consommation a contribué à la contamination du lait et des produits laitiers obtenus à cette période [6].

L'Iode 131 contenus dans les retombées radioactives est reconnu comme une des causes du cancer de la thyroïde, principalement chez l'enfant. Il est absorbé par l'organisme, se fixe préférentiellement sur cet organe. Cet iode radioactif se dépose dans les prairies où paissent des vaches qui le concentrent dans leur lait consommé par les enfants. Ainsi, depuis l'accident de Tchernobyl, près de 5 000 cas de cancer de la thyroïde ont été diagnostiqués à ce jour chez les enfants et les adolescents âgés de moins de 18 ans au moment de l'accident [7].

La demi-vie de l'Iode radioactif est courte, si à Tchernobyl les gens avaient cessé de donner du lait contaminé aux enfants pendant quelques mois après l'accident, il est probable que la plupart de ces cancers induits auraient été évités [38]. D'autre part, une contamination de 15 curies par kilomètre carré (Ci/km<sup>2</sup>) en Césium 137 occasionne une dose externe d'environ 4 mSv/an, auxquels il faut ajouter la part de contamination interne provenant des produits utilisés dans la chaîne alimentaire, doublant en moyenne cette valeur [8].

Dans les pays du Sahel, le lait est d'une valeur socioculturelle et économique importante [9].

Les zoonoses majeures (tuberculose et brucellose) représentent quant à elles, une menace pour la santé humaine et compromettent dangereusement la qualité des produits d'origine animale et la santé publique [10].

L'élevage laitier est pratiqué dans la presque totalité du Mali de manière extensive et il reste transhumant par tradition. Il concerne de nombreuses espèces (caprines, ovines, camelines, bovines...) [11]. L'urbanisation et la croissance démographique ont un impact important sur l'offre en produits animaux (productions et importations), tels que la viande, les cuirs et le lait. [12] Le potentiel de production est très important, En effet, le Mali possède l'un des cheptels les plus importants d'Afrique de l'Ouest. Malgré cela, le lait en poudre importé constitue 90% de la consommation de lait dans la Capitale [13]. La production de lait au Mali est évaluée en 2017 est évaluée à 890484 tonnes de lait selon le Rapport Annuel 2017 de la Direction Nationale de la Production Animale (DNPIA) [36]. Au Mali, la consommation moyenne de lait est de 44kg/an/personne [11].

Celle-ci est toutefois bien inférieure aux recommandations de la FAO qui évalue ces besoins à 62 kg de lait/an/personne selon le rapport 2017 de la DNPIA. En effet, si le Mali couvre 50% de ses besoins en produits laitiers par des importations, ce chiffre s'élève à 90% pour les zones urbaines, et peut atteindre 95% pour la Capitale [14].

Une étude indique que 50% de la population de Bamako consomme entre 25 et 100 kg de lait/habitant/an et 40 % de la population de Ségou environ 39 kg de lait/habitant/an [14].

Les technologies de fabrication du lait et surtout s'il a été débarrassé des matières grasses, peuvent faire perdre au lait une partie des vitamines, dont la Vitamine A et la Vitamine D [15]. Mais elles ne débarrassent pas le lait de contaminants tels que les métaux lourds, les aflatoxines ou les radionucléides présents dans le lait. Ils seront même concentrés dans les aliments produits à partir de poudre, si celle-ci est utilisée de manière concentrée [16]. Les radionucléides présents dans l'air se déposent sur les sols, migrent dans les chaînes alimentaires et peuvent ainsi atteindre l'homme. Les sols contiennent aujourd'hui l'essentiel du stock de radioactivité issue des retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires et d'accidents nucléaires. Elle constitue la principale source qui alimente toutes les composantes de l'environnement; notamment la faune; la flore et la chaîne alimentaire. [17]. Les transferts de radioactivité dans le lait et les produits laitiers ont pour origine principale la présence de

radionucléides dans les plantes fourragères consommées par les animaux qui constituent l'élément terminal de la chaîne alimentaire menant à l'homme [17].

L'impact sanitaire à long terme des retombées radioactives correspond essentiellement au risque stochastique. Il résulte d'une part de l'exposition directe à la radioactivité ambiante dans les zones polluées, et d'autre part de l'accumulation de radionucléides à durée de vie relativement longue (comme le Strontium 90 ou le Césium 137 et 134) dans le corps à la suite de l'ingestion de nourriture contaminée [18].

Au Mali l'insuffisance de données scientifiques sur la contamination des aliments en général et du lait en particulier par les radionucléides, les aflatoxines et la Mélatamine a motivé la conduite de la présente étude pour la recherche des éléments radionucléides dans les laits importés au Mali.

De multiples publications mettent en évidence la dangerosité des pesticides et des radionucléides.

Les radionucléides se trouvent de façon ubiquiste dans tous les compartiments de l'environnement. L'exposition aux radiations naturelles, qui représentent 85,5% de la radioactivité totale (naturelle et artificielle), est la principale cause d'irradiation de l'espèce humaine [19].

Des utilisations guerrières et/ou des accidents spectaculaires ont confirmé la dangerosité de la radioactivité. Sans revenir sur Hiroshima et Nagasaki en 1945, citons l'exemple de l'accident de Bhopal en 1984, l'utilisation de l'agent Orange au Vietnam en 1971 et 1972, les accidents de Tchernobyl en 1986 et Fukushima en 2011. Les populations concernées par les effets des radionucléides dépassent de loin celles qui vivent à proximité de leurs lieux d'utilisation, car, ces poisons se dispersent. En effet, quand la radioactivité s'échappe dans l'atmosphère, elle se dissémine sur de grandes étendues. Le nuage de Tchernobyl a touché la terre entière. On a retrouvé des traces de la radioactivité de Fukushima en 20 à des milliers de km, dans le lait, en Californie [7].

Quand la radioactivité est présente dans le sol, elle peut ensuite se retrouver dans les plantes, les herbes et produits agricoles. Depuis la catastrophe de Fukushima, les contaminations nucléaires des aliments japonais sont fréquentes, ainsi du riz, de la viande, des légumes, des champignons ainsi que du lait frais ont déjà été déclarés impropres à la consommation. Le géant nippon des produits laitiers Meiji a découvert un taux allant jusqu'à 30,8 becquerels par kilogramme de Césiums 134 et 137 radioactif dans certains de ses lots de lait en poudre destinés aux enfants de plus de neuf mois.

Dans les années 1950, alors que les retombées de radionucléides augmentaient fortement dans les pluies en raison des nombreux essais nucléaires faits dans l'atmosphère, de nombreuses études ont montré que les vaches pouvaient les concentrer via leur alimentation et les transférer dans le lait. Quelques études ont porté sur le dosage du lait en poudre, pour les Strontiums 89 et 90. Le Strontium 90 est jugé le plus dangereux car émetteur de rayon bêta et de métabolisme de type orthotrope [16]. La contamination dominante est celle du aux : Strontium 90 (demi-vie 28,8 ans), Césium 134 (demi-vie 2,06 ans), et Césium 137 (demi-vie 30,2 ans). Le Strontium est moins présent dans un accident de réacteur, parce que moins volatil, mais c'est l'un des éléments les plus dangereux des retombées d'explosions atomiques [16]. L'impact sanitaire à long terme des retombées radioactives correspond essentiellement au risque stochastique. Il résulte d'une part de l'exposition directe à la radioactivité ambiante dans les zones polluées, et d'autre part de l'accumulation de radionucléides à durée de vie relativement longue (comme le Strontium 90 ou le Césium 137) dans le corps à la suite de l'ingestion de nourriture contaminée [8]. De son côté, une contamination de 15 curies par kilomètre carré (Ci/km<sup>2</sup>) en Césium 137 occasionne une dose externe d'environ 4 mSv/an, à laquelle il faut ajouter la part de contamination interne provenant des produits utilisés dans la chaîne alimentaire, doublant en moyenne cette valeur [8].

Parmi les radionucléides d'origine naturelle ou artificielle, l'Uranium et le Césium 137 représentent des sources de contaminations importantes pour les populations.

Le Césium a été découvert en 1860 dans l'eau minérale de Durkheim en Allemagne par Robert Wilhelm Bunsen et Gustave Robert Kirchhoff, par spectroscopie d'émission de sa raie bleue à laquelle il doit son nom tiré du latin caesium « bleu du ciel » [20].

De symbole Cs, le Césium est un élément naturel, de numéro atomique 55. C'est le 45ème élément le plus abondant de la croûte terrestre, en moyenne 2,6 g par tonne métrique [20].

Le Césium possède 31 isotopes dont la masse varie de 114 à 145. Parmi eux, seul l'isotope 133 est stable et existe à l'état naturel dans deux minerais : la pollucite ou la rhodizite. Tous les autres isotopes sont radioactifs et sont produits à des fins industrielles. Dans un réacteur nucléaire, les isotopes radioactifs du Césium sont produits par la fission des noyaux d'Uranium 235 et de Plutonium 239. La période de décroissance radioactive est supérieure à l'année uniquement pour les isotopes 134 (2,2 ans), 135 (2,9 millions ans) et 137 (30,2 ans).

Le Césium 137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) est un émetteur  $\beta^-$  qui se désintègre en Baryum 137 par émission de rayonnement  $\gamma$ . Il est produit dans les réacteurs nucléaires et dans les accélérateurs pour la production de sources destinées aux applications industrielles et médicales. En médecine, cet isotope est utilisé comme source en radiothérapie et en brachythérapie (forme de radiothérapie permettant d'introduire la source autour ou directement dans la tumeur à l'aide d'un cathéter). On l'utilise également pour l'irradiation des produits sanguins pour inhiber la division lymphocytaire afin d'éviter les risques de maladie post-transfusionnelle chez les patients immunodéprimés. Dans l'industrie, il est utilisé essentiellement dans les appareils de gammagraphie pour le contrôle de pièces, de soudures ou d'ouvrages d'art et dans les irradiateurs pour la stérilisation des aliments [21].

Le développement des activités industrielles et militaires, utilisant des matières radioactives a conduit à la libération volontaire et accidentelle de nombreux radionucléides dans l'environnement. Parmi eux, le  $^{137}\text{Cs}$  doit être considéré avec beaucoup d'attention en raison de sa période radioactive longue (30,2 ans), de ses caractéristiques nucléaires et de son transfert dans l'environnement jusqu'à l'Homme.

Plusieurs centaines d'essais nucléaires atmosphériques ont été effectués par différentes nations entre 1945 (premier essai américain) et 1980 (dernier essai chinois). Ils ont libéré dans l'environnement une quantité de  $^{137}\text{Cs}$  estimée à 9,6.10<sup>17</sup> Bq [22].

Suite à l'explosion d'un réacteur à la Centrale de Tchernobyl (Ukraine), le 26 Avril 1986, l'activité du  $^{137}\text{Cs}$  émis dans l'environnement a été estimée à 4.10<sup>16</sup> Bq [23].

En 1957, l'explosion d'un container dans un complexe de production de Plutonium à Kysthym (Russie) et la rupture d'un réservoir dans un réacteur à la Centrale de Windscale (Royaume Uni) ont entraîné des rejets de  $^{137}\text{Cs}$  respectivement de 2.10<sup>14</sup> Bq et de 2,2.10<sup>13</sup> Bq [24].

Les rejets de routine issus des différentes étapes de retraitement d'un combustible nucléaire participent également à la contamination de l'environnement dans une moindre mesure. A titre d'exemple, en 1999, les rejets de  $^{137}\text{Cs}$  de l'usine de retraitement de la Hague s'élevaient à 1,3.10<sup>12</sup> Bq et ceux de Sellafield à 7,9.10<sup>12</sup> Bq [25].

L'accident de Tchernobyl, qui s'est accompagné d'un rejet de Césium intense mais bref dans l'atmosphère doit être considéré comme la cause principale de la dispersion de ce radionucléide dans l'environnement. Les rejets ont entraîné une contamination prédominant au Nord-Ouest de l'Ukraine, au Sud du Biélorussie et dans les régions frontalières de la Russie. Dans ces zones, le Césium s'est alors déposé sur le sol en migrant peu, surtout en présence d'argile [26]. Le Césium entre dans la chaîne alimentaire animale et humaine par la consommation d'eau, de végétaux, de champignons, de viandes, de poissons et de lait contaminés. Différentes études établissent une corrélation entre le niveau de  $^{137}\text{Cs}$  contenu dans la ration alimentaire, l'ingestion quotidienne de  $^{137}\text{Cs}$  et la charge corporelle en  $^{137}\text{Cs}$  [27].

Une étude réalisée sur les habitants de Christinovska en Ukraine indique que la consommation de champignons et de baies sauvages a représenté 95% du  $^{137}\text{Cs}$  total ingéré. Les consommations de lait et des autres produits agricoles représentant respectivement 3% et 2% de la dose ingérée [27].

Dans cette étude, les auteurs ont estimé à 100 Bq la quantité de  $^{137}\text{Cs}$  ingérée quotidiennement en 1998 par la population avec des variations allant jusqu'à 2000 Bq par jour pour les personnes consommant davantage de champignons.

Après l'accident de Tchernobyl, l'exposition des populations au  $^{137}\text{Cs}$  avait des origines liées au dépôt sur le sol, à l'inhalation d'air contaminé, mais surtout à l'ingestion d'aliments et d'eau contaminés. [26]

Le Césium, qu'il soit radioactif ou stable, agit chimiquement de la même façon sur l'organisme. Il se comporte comme son analogue chimique, du Potassium. [28]

Cependant, contrairement au Potassium, certains tissus et organes tels que l'aorte, les surrénales, le foie et la rate présentent pour le Césium une affinité supérieure à celle des muscles [29]. Chez l'enfant, les charges les plus élevées sont

mesurées dans la glande thyroïde, les surrénales, le pancréas, les reins et le thymus, puis dans les muscles squelettiques et cardiaque, la paroi intestinale et la rate [30].

L'excrétion du Césium est principalement urinaire. D'après le modèle biocinétique développé par Leggett et al en 2003, après ingestion, le Césium systémique est retrouvé pour 86% dans les urines et pour 14% dans les fèces. [31]

Une petite partie du Césium absorbé est éliminée dès les premiers jours. En effet chez l'Homme, suite à l'ingestion d'aliments contaminés par du Cs134 et par du Cs137, environ 6% de la charge corporelle initiale sont éliminées dès le premier jour et 94% sont éliminées plus lentement [28].

Chez l'Homme, la période biologique du Césium (période au bout de laquelle la moitié du césium absorbé est éliminé de l'organisme) varie de 50 à 150 jours. Différents facteurs tels que le sexe, la masse corporelle et l'âge influencent la rétention du Césium.

Leggett et al. 2003 estiment à 97 jours la période biologique du Césium chez l'homme adulte contre 70 jours chez la femme adulte. De plus, la période augmente avec l'âge (34 jours pour un enfant de cinq ans contre 97 jours pour l'adulte du fait de l'augmentation du poids corporel) [32].

Le Césium 137 est chimiquement peu toxique. Cependant, sa nature d'émetteur de particules  $\beta$  et rayonnement  $\gamma$  et sa période biologique longue en font un élément essentiellement radiotoxique.

Compte tenu de cette caractéristique, on considère que les effets d'une contamination par le Césium sont analogues à ceux d'une irradiation globale.

Quelques études expérimentales mettent en évidence les effets du Césium 137 après une exposition à de fortes doses. En revanche, il existe très peu de données sur les effets de toxicité chronique correspondant à une exposition à long terme et à de faibles doses. Les rares données épidémiologiques suite à l'accident de Tchernobyl permettent d'aborder les effets toxiques du Césium chez l'homme.

Une exposition aiguë au Césium 137 entraîne dans la grande majorité des cas une insuffisance médullaire conduisant à la mort de l'individu. La DL 50/30 (dose létale 50%/30 jours) après injection intra péritonéale est de 1 GBq de  $^{137}\text{Cs}$  /kg chez le rat [33]. Le temps nécessaire pour atteindre la dose létale varie en fonction de la dose et du sexe. Il augmente lorsque la dose diminue et il est plus long chez la femelle. Nikula et al 1970 observent, chez le chien Beagle, une altération sévère des cellules hématopoïétiques entraînant la mort des animaux dans les 81 jours suivant l'injection intraveineuse de  $^{137}\text{Cs}$ / $^{137}\text{Cl}$  (allant de 72 à 140 MBq de Cs /kg de poids corporel) [34].

Chez l'homme, une insuffisance médullaire caractérisée par une baisse des globules blancs et une immunodéficience est rapportée chez 14 patients contaminés suite à une exposition externe et interne au  $^{137}\text{Cs}$ / $^{137}\text{Cl}$  lors d'un accident à Goiânia au Brésil en 1987 avec une source provenant d'un appareil de radiothérapie contenant 50,9 TBq de  $^{137}\text{Cs}$ / $^{137}\text{Cl}$  [35].

L'administration d'une dose élevée de Césium présente une forte toxicité pour la reproduction. Chez la souris, la contamination par administration de  $^{137}\text{Cs}$ / $^{137}\text{Cl}$  dans l'eau de boisson à la concentration de 14,8 KBq/ml pendant plusieurs générations entraîne un arrêt des fonctions de reproduction dès la deuxième génération. Celui-ci s'accompagne d'une forte atrophie des testicules chez les souris mâles. Pour des doses dix fois plus faibles (1,48 KBq de  $^{137}\text{Cs}$ / $^{137}\text{Cl}$  /ml), les souris présentent encore des troubles importants de la fonction de reproduction, mis en évidence par une réduction du nombre de petits par portée et une baisse significative de la croissance corporelle par rapport aux souris témoins. En revanche, pour des doses 100 fois plus faibles (0,148 KBq de  $^{137}\text{Cs}$ / $^{137}\text{Cl}$  /ml), les animaux ne montrent aucune lésion avec, au contraire, une augmentation des fonctions de reproduction [36].

Le chien Beagle soumis à l'injection intraveineuse de  $^{137}\text{Cs}$ / $^{137}\text{Cl}$  (36 à 140 MBq de Cs /kg de poids corporel) présente une altération de l'épithélium germinale et une azoospermie (absence totale de spermatozoïdes dans le sperme) [34].

Chez l'Homme, une diminution de la fertilité qui se traduit par une réduction importante du nombre de spermatozoïdes et de leur mobilité a été observée sur 9 patients, 1 mois après l'accident de contamination au Césium 137 à Goiânia. [35] Des tumeurs bénignes et malignes ont été observées dans plusieurs tissus et organes notamment au niveau du foie et de la cavité nasale suite à l'injection intraveineuse de  $^{137}\text{Cs}$ / $^{137}\text{Cl}$  (allant de 36 à 140 MBq de Cs /kg de poids corporel) chez le chien [34].

Dans cette étude, une augmentation de la fréquence des cancers avec l'âge des animaux a été constatée. La non spécificité des cancers observés est probablement due à la répartition relativement uniforme du Césium dans l'organisme [37].

Des effets hépatotoxiques du Césium ont été rapportés chez l'homme et l'animal. Une augmentation de l'activité ALAT sérique, signe d'une atteinte hépatique et des dégénérescences au niveau du foie a été observée respectivement chez le rat et le chien après une exposition à de fortes doses de Cs137 [34].

Dans ces conditions expérimentales, des affections rénales ont également été mises en évidence. Chez l'homme, une élévation des taux plasmatiques des transaminases ALAT et ASAT a été observée chez certains patients après une exposition aiguë au Césium 137 [35].

A cause de la persistance du Césium 137 dans l'environnement, les risques d'une contamination chronique sont importants. En effet, les études épidémiologiques réalisées sur les populations d'Ukraine, de Biélorussie et de Russie vivant dans les territoires contaminés par le 137Cs suite à l'accident de Tchernobyl, ont permis de constater les effets d'une exposition chronique à de faibles doses de 137Cs. Lors d'une contamination interne la composante  $\beta$  du 137Cs participe, pour majorité, à la radiotoxicité. Celle-ci croît en fonction de la masse corporelle. Les données démontrent qu'une exposition à de faibles quantités de 137Cs conduit à un déficit immunitaire notamment chez l'enfant. Les auteurs établissent une corrélation entre la quantité de 137Cs mesurée chez les enfants vivant dans les territoires contaminés après l'accident de Tchernobyl et un dérèglement du système immunitaire humoral et cellulaire [38].

Des troubles de la reproduction qui se traduisent par des malformations congénitales et fœtales (duplication des reins et des uretères, polydactylie, défauts du tube neural) sont décrits sur les populations de Biélorussie [70].

Une augmentation du cancer du rein, qui constitue l'organe principal d'excrétion du Césium, est observée chez la population ukrainienne [39].

Romanenko et al en 2003 confirment le lien entre l'exposition à de faibles doses de radiations ionisantes due au 137Cs et le développement de la carcinogenèse rénale. Le 137Cs à faibles doses, induit également des lésions au niveau de la vessie et provoque des cystites chroniques prolifératives [40].

De nombreux autres organes sont les cibles du Césium. En effet, certains signes de neurotoxicité ont été mis en évidence dans la population habitant la zone de 150 Km autour de la Centrale de Tchernobyl. Dans cette situation, Gamache et al en 2005 ont établi un lien entre l'exposition chronique au 137Cs et des modifications au niveau du système nerveux central qui se traduisent par des désordres neurologiques [41]. En outre des atteintes cardiaques ont été observées chez les enfants. En effet, une étude épidémiologique réalisée sur des enfants de Gomel en Biélorussie (charge en 137Cs allant de 0 à 122 Bq/Kg de poids corporel) indique une augmentation de la fréquence des troubles cardiaques et de l'hypertension artérielle proportionnelles à la charge de Cs137 dans l'organisme [42].

L'ensemble de ces études, qui rapportent de nombreux effets toxiques du Césium en particulier chez les enfants, met en évidence une susceptibilité accrue de cette catégorie de la population face à la contamination par cet élément. De plus la fréquence des cancers de la thyroïde due en partie à l'exposition à l'iode 131, et des troubles de la vision sont plus élevées chez l'enfant par rapport à l'adulte [43].

De plus, chez le rat, l'ingestion chronique de 137Cs n'entraîne pas de modification morphologique ou fonctionnelle de l'épithélium intestinal [44]. Enfin différentes études ont mis en évidence des effets toxiques du Césium sur les métabolismes du cholestérol et des hormones stéroïdiennes [45].

Les études épidémiologiques réalisées sur des femmes allaitantes vivant dans les territoires contaminés montrent que le Cs137 se retrouve dans le lait maternel et est transféré au nouveau-né. Johansson et al en 1998 rapportent que 15% du 137Cs ingéré quotidiennement par une mère via l'alimentation est transféré au nourrisson allaité [46].

Si tous les radionucléides se déposent sur les feuilles des végétaux, seuls l'Iode 131, le Césium 137 et le Strontium 90 sont significativement transférés aux parties consommables (racines, troncs, branches, graines, u fruits...) Bien assimilés par les animaux après ingestion, ces radionucléides constituent également l'essentiel de la radioactivité du lait et de la viande [16].

Les radionucléides à vie longue comme le Césium 137, le Strontium 90 et les isotopes du Plutonium (238, 239, 240, 241) s'accumulent dans les sols, constituant ainsi une source secondaire de contamination de l'environnement. Le Césium 137 et le Strontium 90 sont transférés aux végétaux par absorption racinaire. Ce transfert est très faible pour le Plutonium. Le lessivage des sols par les pluies contribue à diminuer le stock dans le sol tout en alimentant les cours d'eau [16].

Tous les aliments sont contaminés de manière continue et durable par le Césium 137 et le Strontium 90. En effet, le Césium 137 et le Strontium 90, radionucléides à vie longue, sont durablement détectés dans quasiment tous les compartiments de la chaîne alimentaire à cause de leur mobilité élevée et de leur accumulation progressive dans les sols qui ne diminuent que lentement depuis le milieu des années 60 [47].

De 1962 à 1964, l'activité du lait de vache normand a dépassé 1 Bq/l en  $^{90}\text{Sr}$  et a atteint pendant certains mois 10 Bq/l en  $^{137}\text{Cs}$ . Au cours des années 70, le  $^{137}\text{Cs}$  n'a été mesuré au-dessus de 0,1 Bq/l que durant les mois suivant les principaux essais chinois. En revanche, le stock de  $^{90}\text{Sr}$  dans le sol et son transfert à l'herbe, plus élevés que ceux du Césium, maintiennent des activités en Strontium dans les fourrages à un niveau suffisant pour que l'activité du lait reste mesurable tout au long de l'année. Aujourd'hui encore, l'activité en  $^{90}\text{Sr}$  du lait français reste comprise entre 0,01 et 0,1 Bq/l. [47]

Au Mali, l'importation annuelle de lait en poudre en provenance d'Europe est estimée à 450 000 tonnes dont 280 000 tonnes en sacs de 25 kg et 170 000 tonnes en petits conditionnements (sachets et boîtes). Le lait en poudre le plus vendu au monde est celui obtenu du lait de vache. Mais dans certaines régions, l'élevage de caprins est plus adapté, dans ces zones c'est le lait de cette espèce qui est transformé en poudre et est le plus vendu selon A. Franqueville (1993) [48].

Dans les pays en développement, l'excédent de lait de chèvre pourrait théoriquement aussi être réduit en poudre et mis en réserve pour si nécessaire lutter contre la malnutrition et favoriser l'augmentation des revenus des producteurs. Il présente l'avantage d'être transporté et conservé plus facilement. Mais, il faut aussi tenir compte du fait qu'en zone aride et semi-aride, les chèvres peuvent faire de gros dégâts en s'alimentant dans les cultures, en montant dans les arbres bas ou en empêchant la reforestation par broutage des plants.

En 2017, la production mondiale de lait était estimée à 770 Millions de tonnes contre 728 millions de tonnes en 2011 [49].

Cette production est répartie comme suite :

Union Européenne : 132 millions de litres, première région productrice de lait ;

Inde : 99 millions de litres, premier pays producteur ;

Amérique du Nord : 84 millions de litres ;

Asie : 73 millions de litres (dont la Chine avec 35,7 millions de litres) ;

Amérique du Sud : 50 millions de litres ;

Océanie : 24,5 millions de litres ;

Afrique : moins de 5 millions de litres.

Le lait de vache représente 83% de la production mondiale de lait. Le lait de bufflonne, avec plus de 80 millions de tonnes représente environ 12 % de la production mondiale. Il est suivi du lait : de chèvre 2%, de brebis 1 % et d'autres mammifères 0,2% [50].

Les trois premiers des 18 plus grands pays producteurs de lait au monde sont : l'Inde (152 millions de tonnes), les Etats-Unis (87,3 millions de tonnes) et la Chine (45,8 millions de tonnes). La France se trouve au cinquième rang (24,2 millions de tonnes) et le Canada se situe au dernier et 18e rang (7,7 millions de tonnes) [51].

La consommation de produits laitiers varie fortement d'un continent à l'autre, du fait du disponible et des habitudes alimentaires. Si elle est en moyenne de 104 kg/an et par habitant en 2010 à l'échelle de la planète, elle est de 43 kg en Afrique, de 67 kg en Asie et de 290 kg par habitant dans les 27 pays de l'Union Européenne et sur le nord du continent américain (USA et Canada) [52].

Au Mali, l'élevage constitue un des piliers de l'économie. Il occupe la troisième place des produits d'exportation après l'or et le coton et occupe près de 80 % de la population. Il contribue pour 11% du Produit Intérieur Brut (PIB) et a rapporté en 2010 environ 246 milliards de FCFA de recettes [53].

Cependant, en l'absence d'un recensement actualisé, les données statistiques disponibles indiquent que l'effectif du cheptel national est estimé au 31/12/2013 à 10.012.900 têtes de bovins, 13.735.500 ovins, 19.126.800 caprins [54]. Ces informations montrent que le Mali dispose d'un potentiel laitier très important. En effet le disponible laitier au Mali était estimé en 2010 à 972.110.876 litres, environ 1.000.000 tonnes (la masse volumique du litre de lait étant équivalente à 1,03 kilos). Celui des bovins en particulier équivaut à 281 037 023 litres, soit 289 468 tonnes, et représente 29% de la production laitière totale. Cette production fait des bovins les deuxièmes contributeurs au disponible laitier du pays, après les chèvres qui occupent la première place avec 39% de la production malienne de lait [55].

En ce qui concerne les modes de production, il est estimé que le lait est produit à 98% par des élevages traditionnels, le reste étant dévolu à la production aux zones périurbaines [55].

Le principal débouché pour la filière laitière est la demande en ville, qui augmente avec l'urbanisation rapide du pays, la population urbaine ayant triplé de 1960 à 2010 [56].

Le lait est le troisième produit agro-alimentaire le plus importé au Mali après le riz et le sucre. Il provient très majoritairement de l'Union Européenne(UE). En effet, 93,4% du lait et des produits laitiers importés proviennent de ce continent, avec une part prépondérante de la France et des Pays-Bas. [57]. L'espace UEMOA représente la deuxième source d'importation du lait avec les 6,6% restants. Au sein de cet espace, c'est la Côte d'Ivoire et le Sénégal qui dominent les importations au Mali [55]. Celles-ci se trouvent actuellement d'autant plus nécessaires que l'évolution de la production locale ne peut couvrir les variations de la demande, principalement due au développement démographique [58]. Au Mali les importations sont évaluées à 20 milliards de F CFA par an, elles pèsent lourd sur la balance commerciale [53]. Le lait importé (incluant une partie minime de lait liquide) représenterait entre 50 et 80% du lait consommé au Mali et 94% à Bamako [59]. La consommation de lait (tous laits confondus) par habitant a peu évolué au Mali depuis les années 1960. Elle est toujours estimée entre 40 et 60 litres par personne et par an [60].

Une étude dans la ville de Ségou montrait en 2005 que 90% des foyers consommaient du lait en poudre, contre 58% à égalité pour le lait frais et caillé [61].

D'une manière générale, la quantité de lait consommée au Mali peut être considérée comme plutôt faible, car la FAO recommande une consommation minimale de 62 litres/an/habitant [62].

La quantité totale de lait importé est de 11 387 tonnes pour l'année 2010 [55]. Cependant sur les 11 387 tonnes, 9407 tonnes proviennent de lait en poudre et 57 tonnes de lait concentré, qui constitue une quantité nettement supérieure au lait liquide. Afin de convertir ces données d'importation, nous utilisons un coefficient de 6 à 7 pour le lait en poudre et de 3 pour le lait concentré [63].

Le coefficient de 1,03 est utilisé pour convertir les tonnes de lait liquide en milliers de litres de lait liquide. L'application de ces coefficients permet de déduire que l'équivalent de 73,6 millions de litres de lait liquide a été importé au Mali en 2010[55].

La poudre de lait écrémé et entier est la principale forme sous laquelle s'effectue le commerce du lait au niveau mondial.

Le risque d'intoxication alimentaire est une menace pour tous les pays, mais singulièrement pour ceux en développement dont le Mali.

Le lait peut être un vecteur important de plusieurs types de contamination : microbiologique, chimique, physique et radiologique.

Les contaminants microbiologiques ont fait l'objet de plusieurs études, au contraire au Mali aucune étude n'a été faite sur les contaminants tels, les radionucléides.

C'est pour contribuer à la connaissance de la qualité sanitaire du lait importé au Mali, que la présente étude est initiée. Elle a pour objectif principal de conduire une évaluation des risques liés aux contaminants radionucléides susceptibles de polluer les laits.

## II. MATERIEL ET METHODES

L'étude est transversale et descriptive par sondage aléatoire simple.

Elle a combiné d'une part, des investigations par enquêtes, et d'autre part, des prélèvements et analyses d'échantillons.

Comme 80 à 95 % des laits importés sont consommés dans la ville de Bamako et où se trouvent tous les importateurs répertoriés sur la liste fournie par les services compétents du Mali, notamment la Direction Nationale du Commerce et de la Concurrence (DNCC) 2014. L'étude a concerné le District de Bamako et a couvert ses six communes en de 2015 à 2019.

Les sites de prélèvements ont été les dépôts des principaux importateurs / grossistes, semi grossistes et détaillants dans les six communes du District de Bamako en 2015.

L'étude a concerné les laits importés poudre et concentré (cibles primaires), les importateurs/grossistes, les vendeurs semi-grossistes, et les détaillants du District de Bamako (cibles secondaires) en 2015.

Ont été inclus dans l'échantillon de l'étude les laits importés présents chez les importateurs/grossistes, semi grossistes et détaillants consentants dans les six communes du District de Bamako évoluant depuis plus de 6 mois dans ce négoce.

N'ont pas été inclus dans l'étude les importateurs /grossistes, semi grossistes et les détaillants de laits importés non consentants dans les six communes du District de Bamako.

La taille de l'échantillon est calculée à partir de la formule de Daniel Schwartz :

$$n = z^2pq/i^2$$

n = taille de l'échantillon ;

Z = l'intervalle de confiance =1,96

Dans la littérature nous avons trouvé le pourcentage de contamination du lait à 11%.

$$P = 11\% = 0, 11$$

$$q = 1- p = 1- 0, 11= 0, 89$$

I = precision; I = 5% =0, 05

$$n = (1, 96)^2 \times 0, 11 \times 0, 89 / (0, 05)^2 = 150.37$$

$$n=150$$

Ont participé à l'enquête 150 importateurs de lait /grossistes, vendeurs semi-grossistes et détaillants.

Nous avons enquêté :

-18 importateurs de lait/vendeurs grossistes de lait importé,

- 66 semi grossistes et

- 66 détaillants de lait importé.

Inventaire des dépôts d'importateurs, des magasins des importateurs/grossistes, des boutiques ou points de vente des détaillants de lait importé a été effectué.

L'étude a retenu les six communes du District de Bamako. Sur la base de la liste des importateurs/grossistes, des semi grossistes et des détaillants de chaque commune, des importateurs/grossistes, des semi grossistes et des détaillants de laits importés ont été enquêtés.

L'échantillonnage a été effectué par prélèvement au hasard d'une boîte entière de lait en poudre ou concentré, d'un sachet entier en poudre ou d'un composite d'échantillons de lait en poudre chaque fois qu'il s'agissait de sacs de lait en poudre.

La méthodologie de l'analyse au laboratoire a consisté à la détermination des teneurs du lait en radionucléides : Césium134, Césium 137 et, Strontium 90.

Des prélèvements d'échantillons ont été effectués sur les laits importés et analysés **au CARSO-Laboratoire Santé Environnement Hygiène de Lyon (France)**.

La recherche des éléments radionucléides :

La détermination du Strontium90 a été effectuée par le Compteur à gaz proportionnel selon la norme **NF EN ISO 13160**;

La détermination des Césiums (Césium 134 et Césium 137) a été effectuée par **Spectrométrie Gamma selon la norme NF ISO 10703**.

Les données ont été collectées par des enquêteurs auprès des importateurs de lait, des demi-grossistes et des détaillants.

Les données collectées ont porté sur les caractéristiques générales des magasins et dépôts des importateurs/grossistes, semi grossistes et détaillants, les conditions de transport, de conservation et de stockage du lait.

Enfin, un total de 150 échantillons a été prélevé soit vingt (20) échantillons de lait en poudre et cinq (5) échantillons de lait concentré par commune et analysés aux laboratoires: **CARSO-Laboratoire Santé Environnement Hygiène de Lyon** pour le Césium 134, le Césium 137 et le Strontium 90 entre 2015 et 2016.

Les données ont été collectées par: enquête par questionnaire ;l'entretien individuel ;l'entretien en focus groupe ;prélèvement des échantillons.

Les outils utilisés pour la collecte des données ont été :

- ✓ le questionnaire administré en mode semi-directif auprès des importateurs/grossistes, les semi grossistes et détaillants de lait;
- ✓ la grille d'observation de l'environnement des aires de stockage et de conservation du lait en poudre et concentré;
- ✓ les fiches d'identification des échantillons de laits en poudre et des laits concentrés;
- ✓ les fiches de résultats d'analyse du lait en poudre et concentré.

Les fiches d'enquête ont été dépouillées manuellement et les données ont été saisies avec le logiciel Epi- info version 7 et les analyses à l'aide de SPSS.

Les variables qualitatives ont été décrites en utilisant des proportions. Les variables quantitatives ont été présentées par leur moyenne, écart-type, minima et maxima (si distribution normale).

Pour les résultats analytiques une analyse bi variée a été réalisée.

Le but de cette analyse a été de vérifier s'il y a une association entre les principales variables et la qualité du lait importé.

Un risque d'erreur  $\alpha$  de première espèce égale à 5% a été adopté. Les valeurs de p-value inférieures à 0,05 sont considérées comme statistiquement significatives.

Ensuite une analyse multivariée a été effectuée. Au cours de celle-ci laquelle a été fait la modélisation de la probabilité de la survenue de la qualité chimique insuffisante du lait importé. L'association entre les principales variables a été calculée par le khi2.

Le matériel utilisé pour le prélèvement des échantillons :

- ✓ des gants stériles pour le technicien chargé du prélèvement;
- ✓ des sacs stériles pour des échantillons de lait prélevés;
- ✓ des spatules stérilisées;

Des sondes stérilisées.

L'ensemble de la boîte de lait en poudre ou du lait concentré, du sachet entier de lait en poudre ou le composite d'échantillons de lait en poudre conditionné dans les sacs, a été prélevé.

Des lettres ont été adressées aux maires des six communes du District de Bamako pour solliciter leur autorisation.

La méthode se limita à l'administration de questionnaires aux enquêtés et au prélèvement des échantillons de lait importé.

L'étude a été réalisée dans l'anonymat, en tenant compte du consentement libre, éclairé et signé des enquêtés.

La participation à l'étude n'a pas offert de motivation financière, l'achat des échantillons de lait importé a été faite au prix coûtant dans les boutiques des grossistes, semi grossistes et supermarchés pour l'étude. Les interviews ont été réalisées en tenant compte de la disponibilité des participants et seront confidentielles.

Chaque enquêté était libre de se retirer quand il le souhaitait sans aucun préjudice.

Les participants ont été informés qu'ils pouvaient choisir de ne pas répondre aux questions qui leur étaient inconfortables. La responsabilité finale pour maintenir la confidentialité des données est celle du doctorant.

L'enquête a permis d'identifier les facteurs associés à la qualité sanitaire du lait importé afin de contribuer à assurer la protection des populations par la réduction des risques liés aux contaminants radionucléides dans les laits importés au Mali.

### **III. RESULTATS, DISCUSSIONS ET COMMENTAIRES**

Les acteurs impliqués dans l'importation et la commercialisation des laits dans leur large majorité ne disposaient pas d'informations sur leurs stocks de 2012,2013 et 2014.

La disposition normale des laits est respectée par 50% des importateurs contre 50% qui ne la respectent pas.

Les importateurs de laits enquêtés pour 33,33% utilisaient des insecticides lors du stockage contre 66,67%.

Tous les demi-grossistes de laits importés enquêtés disposaient des laits importés en poudre et ils étaient 37,88% à disposer des laits concentrés en vente.

Les caractéristiques sociodémographiques des acteurs impliqués dans l'importation et la vente en gros, en demi-gros et en détails du lait importé au Mali ont été décrites. Les méthodes de stockage et les conditions de vente des laits importés au Mali ont été caractérisées. Les teneurs des échantillons de lait importé en éléments radionucléides (Césium 134, Césium 137, Strontium90) ont été déterminées. Les facteurs associés à la contamination du lait importé au Mali par les radionucléides ont été déterminés. Ainsi tous les objectifs assignés de cette étude ont été atteints.

L'échantillonnage probabiliste avec le sondage aléatoire simple proportionnel à la taille des organisations commerciales a permis d'avoir une taille suffisante d'échantillons de lait et par conséquent choisir un nombre représentatif d'importateurs/grossistes, demi-grossistes et détaillants de lait importé. Néanmoins, quelques limites méritent d'être signalés notamment la réticence de certains importateurs de laits de participer à l'enquête, la difficulté de faire la différence entre les activités des différents acteurs impliqués dans la commercialisation du lait importé au Mali, l'accès difficile à certains magasins de vendeurs de lait notamment dans la zone commerciale de Dabani au Grand Marché de Bamako, l'impossibilité d'échantillonner le lait concentré non sucré pour des raisons techniques liées aux exigences des laboratoires d'analyses, l'absence de laboratoire d'analyse compétent au Mali et dans la région ouest africaine pour la détermination des teneurs en radionucléides.

L'âge moyen des importateurs/grossistes de lait enquêté était de 40 ans avec un minimum d'âge de 30 ans et un maximum de 60 ans. D'une manière concrète, les importateurs de lait enquêté avaient par ordre décroissant entre : 30-39 ans (44,40%), 40-49 ans (16,70%), 50-59 ans (22,20%), 20-29 ans (11,10%) et 60-69ans (5,60%)

Tous les importateurs de lait enquêtés en 2015 étaient de sexe masculin.

Les importateurs de lait étaient dans : 27,78% des cas Sarakollés, 22,22% Bambaras, 11,11% des cas Sonrhais, 11,11% des cas Libanais 11,11% des cas Dogon, 5,56% des cas Malinkés, 5,56% des cas Peulhs et 5,56% des cas Sénoufo.

Les importateurs de lait enquêtés dans 94,44% des cas étaient mariés et dans 5,56% des cas étaient des célibataires.

Selon le Tableau N°9, les importateurs de lait avaient un niveau d'étude supérieur dans 44,44% des cas ; dans 16,67% des cas un niveau secondaire ; dans 5,56% des cas un niveau primaire et dans 33,33% des cas étaient non scolarisés.

Les importateurs de laits étaient organisés en association dans 11,11% des cas et dans 88,89% des cas des indépendants.

Les importateurs de laits s'approvisionnaient principalement dans 22,23% des cas en Hollande, dans 16,67% des cas en France, dans 11,11% des cas en Belgique, dans 5,56% des cas en Suisse, dans 5,56% des cas au Danemark, dans 5,56% des cas en Turquie et dans 5,56% des cas en Nouvelle Zélande.

Tous les importateurs de laits, soient dans 100% des cas importaient du lait en poudre. Par ailleurs, 66,67% d'entre eux importaient du lait concentré sucré en plus du lait en poudre. Enfin, Seuls cinq (5) des dix-huit importateurs de laits, soient 27,78% importaient du lait concentré non sucré en plus du lait en poudre.

Les marques de laits importées par les importateurs étaient principalement Mixwell (27,78%) ; Belle Hollandaise (11,11%) et 5,56% des cas pour les marques : Tow cows, Nura, Nido, Milko, Lait Rose, Incolac, Green Flag, France Lait, Dano, Alban.

Les importateurs de laits stockaient les laits, dans 22,22% des cas pendant 1 mois ; dans 22,22% des cas pendant 3 mois ; dans 5,56% des cas pendant 4 mois ; dans 5,56% des cas pendant 6 mois. Cependant, dans 44,44% des cas ils ne savaient pas la durée de stockage des laits vendus.

L'approvisionnement en lait se faisait, dans 27,78% des cas par trimestre, dans 11,11% des cas par semestre, dans 5,56% des cas par an, Toutefois, dans 55,56% des cas ils utilisaient d'autres durées pour s'approvisionner.

Les marques les plus vendues par les importateurs de lait étaient, dans 22,22% des cas Mixwell, dans 11,1% des cas Laicran, Milko et Nido et dans 5,56% des cas les marques suivantes : Tow Cows, Nura, Incolac, France lait, Dano et Alban.

Un nombre important d'importateurs de laits, soient 55,56% importaient exclusivement du lait en poudre et 44,44% des enquêtés importaient du lait concentré et en poudre.

La moitié des importateurs stockaient le lait dans : 50% des cas dans le magasin disposé sur des palettes, 16,70% dans la boutique sur étagères, 11,11% des cas dans la boutique sur étagères et palettes, 11,11% des cas dans la boutique sur étagères et à même sur le sol, 5,56% des cas dans le magasin à même sur le sol, 5,56% des cas dans le magasin disposé sur des palettes et à même sur le sol.

La disposition normale du lait par rapport aux murs et au plafond est respectée par 50% des importateurs de lait contre 50% qui ne la respectent pas.

Les importateurs de lait enquêtés pour 33,33% utilisaient des insecticides lors du stockage contre 66,67% qui ne les utilisaient pas.

Les techniques d'usage des insecticides chez les importateurs de lait dans 27,78% des cas la pulvérisation dans 5,56% des cas la Fumigation.

Les importateurs de laits importés s'approvisionnaient en insecticides et dans 22,23% des cas sur le marché.

Les importateurs vendaient du lait qui avaient pour contenant dans 72,22% des cas « sac en papier », 5,56% des cas « sac en plastique » 5,56% des cas « sac en papier et Sac en plastique ».

Les importateurs disposaient du lait qui avait pour contenant de type 2 dans 44,44% des cas « boîte métallique, carton » et dans 27,77% des cas « Boîte métallique ».

Tous les importateurs de lait enquêtés disposaient au moment de l'enquête des stocks de lait.

Les importateurs de lait dans 38,90% des cas n'avaient pas la maîtrise du temps de conservation de leurs stocks ; dans 16,70% pour chacun des cas la durée de conservation était de 90 jours et 60 jours, dans 11,10% elle était de 30 jours et dans 5,60% des cas elle était de 21 jours, 180 jours et 15 jours.

Les importateurs dans : 27,78% des cas stockaient leurs produits à la température ambiante, 44,44% des cas à la température de 25°C, 22,22% des cas à la température de 27°C, 5,56% des cas à la température de 20°C.

Les résultats d'analyses ne montrent qu'aucun des échantillons n'est contaminé en éléments radionucléides que sont le Césium 134, le Césium 137 et le Strontium90.

Ils sont identiques aux résultats des observations en France en 1987. La méthode de détection utilisée dans notre étude pour rechercher les radionucléides artificiels est la même qu'en France, la spectrométrie gamma a permis de traiter les échantillons. La

répercussion la plus importante de l'accident de Tchernobyl en France a été la contamination des denrées alimentaires par l'iode 131, le césium 137 et le césium 134. 19 000 analyses ont été faites par les laboratoires des services vétérinaires dont 10 000 sur des produits laitiers. Les différentes études ont montré que les laits crus collectés pendant la période qui a suivi l'accident pouvaient être consommés sans aucune restriction. Une remontée des activités des deux isotopes du césium a été observée au début de l'hiver 86-87; plus de 5 000 analyses ont été faites avec des limites de détection basses, inférieures à 10 Bq/kg, dans des produits alimentaires français afin de permettre leur exportation vers des pays tiers qui exigent des activités en césium 137 et en césium 134 inférieures à 25 et même à 10 Bq/kg [64].

Nos résultats sont aussi conformes à ceux du Plan de Surveillance et de Contrôle de la contamination par les radionucléides pour produits laitiers pour l'année 2008 pour les césiums (Césium 134 et Césium 137). Après analyse de 103 échantillons de laits pour le Césium 137 et 85 échantillons de laits pour le Césium 134, les résultats des analyses ont donné un taux de conformité de 100% [65].

#### IV. CONCLUSION

Cette recherche a étudié et évalué la contamination du lait importé au Mali par les éléments radionucléides (Césium 134, Césium 137 et Strontium 90).

Les résultats obtenus montrent qu'aucun échantillon de laits importés n'était contaminé en éléments radionucléides que sont le Césium 134, le Césium 137 et le Strontium 90.

#### REFERENCES

- [1]. Aggad H, Mahouz F, Ammar YA, KihalM, 2009. Évaluation de la qualité hygiénique du lait dans l'ouest Algérien. *Rev. Méd. Vét.*, 160,12 :590–595.
- [2]. NakasakiK, YanagisawaM, KobayashiK, 2008. Microbiological quality of fermented milk produced by repeated-batch culture. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 105(1) :73–76.
- [3]. Ahmed AI, Mohammed AA, Faye B, Blanchard, Bakheit SA, 2010. Assessment of quality of camel milk and gariss, north Kordofan State, Sudan. *Research Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 5(1):18–22.
- [4]. Gran HM, Mutukumina AN, Wethlesen A, NarvhusJA, (2002). Smallholder dairy processing in Zimbabwe: the production of fermented milk products with particular emphasis on sanitation and microbiological quality. *Food Control*, 13 :161–168.
- [5]. Mathieu et al, 1977 A propos de l'évolution de la contamination du lait par des contaminants physiques et chimiques entre 1970 et 1979, *Le lait* N°568, 547-560
- [6]. Bruce et Slorach, 1987 Propagation des éléments radioactifs sur l'Europe après l'accident de Tchernobyl. Institution, pp
- [7]. OMS (2006) : Effets sanitaires de l'accident de Tchernobyl, Aide-mémoire N° 303 Avril
- [8]. Masse R., Bourguignon M. Dans "Les cancers professionnels", Rayonnements Ionisants, pp 53-64., Pairon, Brochard, Le Bourgeois, Ruffié Eds, Margaux Orange, Paris 2000.
- [9]. Bonfoh B. & al (2005). Schéma fonctionnel de services aux petits producteurs laitiers périurbains de Bamako (Mali). In : Etudes et recherches sahéliennes
- [10]. Duteurtre G., (2004) Normes exogènes et traditions locales : la problématique de la qualité dans les filières laitières africaines. *Cahiers Agricultures*, 13(1):91-98.
- [11]. Pradere J-P., 2007. Performances et contraintes de l'élevage au Mali, rapport provisoire réalisé dans le cadre du projet d'appui à l'agriculture africaine associant le FIDA, la France, l'OCDE, et le hub rural de Dakar, institution, p
- [12]. Coulibaly D., 2008, Coulibaly D., 2008, Changements sociotechniques dans les systèmes de production laitière et commercialisation du lait en zone périurbaine de Sikasso, Mali. Thèse de Doctorat de l'Institut des sciences et industrie du lait vivant et de l'environnement (Agro Paris Tech), Paris, 399 p.

- [13]. Pinaud S., 2008, Pinaud S., 2008, le commerce du lait en poudre : Entre production et échange, de la France à Bamako. Mémoire de Master recherche Science sociale, Paris X Nanterre, France, septembre 2008. p.72.
- [14]. Ouologuem B., 2007. Ouologuem B., 2007. La demande urbaine en produits laitiers : contrastes entre la capitale et les villes secondaires du Mali, Bamako, CIRAD et IER. p.1.
- [15]. Fédération internationale de laiterie, Bruxelles (1996) Lait écrémé en poudre. Détermination de la teneur en vitamine D (Saponification, purification par chromatographie liquide haute performance CLHP- en phase normale et détermination par CLHP en phase inverse) ; Norme FIL Internationale Provisoire - Provisional International IDF Standard institution, pp.
- [16]. L. Jeanmaire et G. Michon (1959) Recherche et dosage des isotopes radioactifs 89 et 90 du strontium dans le lait en poudre ; mémoire publié dans la revue Lait ; Vol 39, no 387, p. 369 à 381
- [17]. ASN et IRSN ; 2012 Rapport sur les radionucléides et notre environnement
- [18]. OMS/archives (année) Effets cancérogènes des faibles doses de rayonnements ionisants : données épidémiologiques actuelles institution, pp
- [19]. CLEFS-CEA. (2003a). Des rayonnements aux doses, encadré F. CEA (Paris) 48, p.66.
- [20]. Métivier, H., and Lorthioir, S. (2000). Propriétés physiques et chimiques du césium. In : Le Césium de l'environnement à l'homme. EDP Sciences, Paris pp. 3-13.
- [21]. Agalesdes, P., Manesse, D., Philippe, M., Israël, F., and Robeau, D. (2000). Inventaire des sources de césium. In : Le Césium de l'environnement à l'homme. EDP Sciences, Paris pp. 13-26.
- [22]. Toxicological profile for cesium. In : (année) Toxicological profile. US, department of health and human services. Public health service. Agency for toxic Substances and Disease Registry, Atlant. pp
- [23]. ATSDR (2004). Toxicological profile for cesium. In: Toxicological profile. US, department of health and human services. Public health service. Agency for toxic Substances and Disease Registry, Atlant. institution, pp
- [24]. Colle, C., and Roussel-Debet, S. (2000). Sols et végétaux. In: Le Césium de l'environnement à l'homme. EDP Sciences, Paris pp. 63-92.
- [25]. Colle, C., Adam, C., Garnier-Laplace, J., and Roussel-Debet, S. (2005). Césium 137 et environnement, rapport IRSN/DEI/SECRE/SESRE.
- [26]. Colle, C., and Roussel-Debet, S. (2000). Sols et végétaux. In: Le Césium de l'environnement à l'homme. EDP Sciences, Paris pp. 63-92.
- [27]. Handl, J., Beltz, D., Botsch, W., Harb, S., Jakob, D., Michel, R., and Romantschuk, L. D. (2003). Evaluation of radioactive exposure from 137Cs in contaminated areas of Northern Ukraine. Health Phys 84, 502-17.
- [28]. Henrichs, H., Paretzke, H. G., Voigt, G., and Berg, D. (1989). Measurements of Cs absorption and retention in man. Health Phys 57, 571-8.
- [29]. Paulin, R., and Siles, S. (1998). Césium. In: Toxiques nucléaires. Masson, Paris pp. 83-104.
- [30]. Bandazhevsky, Y. I. (2003). Chronic Cs-137 incorporation in children's organs. Swiss Med Wkly 133, 488-90.
- [31]. Leggett, R. W., and Pellmar, T. C. (2003). The biokinetics of uranium migrating from embedded DU fragments. J Environ Radioact 64, 205-25.
- [32]. Leggett, R. W., Williams, L. R., Melo, D. R., and Lipsztein, J. L. (2003). A physiologically based biokinetic model for cesium in the human body. Sci Total Environ 317, 235-55.
- [33]. Thomas, R. G., and Thomas, R. L. (1970). Lethality of 137Cs and 90Sr administered in combination to rats. Radiat Res 42, 282-91.

- [34]. Nikula, K. J., Muggenburg, B. A., Chang, I. Y., Griffith, W. C., Hahn, F. F., and Boecker, B. B. (1995). Biological effects of  $^{137}\text{CsCl}$  injected in beagle dogs. *Radiat Res* 142, 347-61.
- [35]. Brandao-Mello, C. E., Oliveira, A. R., Valverde, N. J., Farina, R., and Cordeiro, J. M. (1991). Clinical and hematological aspects of  $^{137}\text{Cs}$ : the Goiania radiation accident. *Health Phys* 60, 31-9.
- [36]. Nishio, k., Megumi, t., and Yonezawa, M. (1968). Effects of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  administered continuously and through generations upon mice (VI). Annual report of the Radiation Center of Osaka Prefecture, Vol 9, Sakai, Osaka. pp. 86-93.
- [37]. Daburon, F., LIPshtein, J. L., Melo, D. R., Ramalho, A., Valverde, N. J., de Oliveira, A., and Curado, M. P. (2000). Dosimétrie et effets biologiques. In: *Le Césium de l'environnement à l'homme*. EDP Sciences, Paris pp. 215-31.
- [38]. DeVita, R., Olivieri, A., Spinelli, A., Grollino, M. G., Padovani, L., Tarroni, G., Cozza, R., Sorcini, M., Pennelli, P., Casparini, G., Crescenzi, G. S., Mauro, F., and Carta, S. (2000). Health status and internal radiocontamination assessment in children exposed to the fallout of the Chernobyl accident. *Arch Environ Health* 55, 181-6. Mel'nichenko, E. M., Kushner, A. N., Zafranskaia, M. M., and Miliutin, A. A. (1999). [The immunoglobulin content in the saliva of children living under different radioecological conditions]. *Stomatologiya (Mosk)* 78, 12-4.
- [39]. Lazjuk, G. I., Nikolaev, D. L., and Novikova, I. V. (1997). Changes in registered congenital anomalies in the Republic of Belarus after the+
- [40]. Romanenko, A., Morimura, K., Wanibuchi, H., Wei, M., Zaparin, W., Vinnichenko, W., Kinoshita, A., Vozianov, A., and Fukushima, S. (2003). Urinary bladder lesions induced by persistent chronic lowdose ionizing radiation. *Cancer Sci* 94, 328-33.
- [41]. Gamache, G. L., Levinson, D. M., Reeves, D. L., Bidyuk, P. I., and Brantley, K. K. (2005). Longitudinal neurocognitive assessments of Ukrainians exposed to ionizing radiation after the Chernobyl nuclear accident. *Arch Clin Neuropsychol* 20, 81-93.
- [42]. 42. Bandazhevskaya, G. S., Nesterenko, V. B., Babenko, V. I., Yerkovich, T. V., and Bandazhevsky, Y. I. (2004). Relationship between caesium ( $^{137}\text{Cs}$ ) load, cardiovascular symptoms, and source of food in 'Chernobyl' children -- preliminary observations after intake of oral apple pectin. *Swiss Med Wkly* 134, 725-9.
- [43]. Day, R., Gorin, M. B., and Eller, A. W. (1995). Prevalence of lens changes in Ukrainian children residing around Chernobyl. *Health Phys* 68, 632-42. Likhtarov, I., Kovgan, L., Vavilov, S., Chepurny, M., Bouville, A., Luckyanov, N., Jacob, P., Voilleque, P., and Voigt, G. (2005). Post-Chernobyl thyroid cancers in Ukraine. Report 1: estimation of thyroid doses. *Radiat Res* 163, 125-36. Sumner, D. (2007). Health effects resulting from the Chernobyl accident. *Med Confl Surviv* 23, 3145.
- [44]. Dublineau, I., Grison, S., Grandcolas, L., Baudelin, C., Paquet, F., Voisin, P., Aigueperse, J., and Gourmelon, P. (2007). Effects of chronic  $^{137}\text{Cs}$  ingestion on barrier properties of jejunal epithelium in rats. *J Toxicol Environ Health A* 70, 810-
- [45]. Grignard, E., Gueguen, Y., Lobaccaro, J. M., Voisin, P., Gourmelon, P., and Souidi, M. (2007). Effets de contaminations chroniques par ingestion de césium 137 ou d'uranium sur la stéroïdogénèse testiculaire chez le rat. 6ème Congrès National de Radioprotection, Reims, France, du 19 au 21 Juin. Racine, R., Gueguen, Y., Veysières, G., Grandcolas, L., Grison, S., Aigueperse, J., and Souidi, M. (2007). Gene expression of cholesterol-metabolizing CYPs after chronic ingestion of  $^{137}\text{Cs}$ . international proceeding, 15th International Conference on Cytochromes P450-Biophysics and Functional Genomics, Bled, Slovenia, June 17-21. pp. 123-128.
- [46]. Johansson, L., Björelund, A., and Agren, G. (1998). Transfer of  $^{137}\text{Cs}$  to infants via human breast milk. *Radiat Prot Dosimetry* 79, 165-67.
- [47]. INRSN -Rapport sur les retombées des essais nucléaires en Normandie et dans le Monde de 1962 à nos jours.
- [48]. André Franque ville (1993) Surproduction et pénurie de lait en Bolivie Quand la libéralisation désorganise la production nationale ; *Cah. Sci. Hum.* 29 (1): 139-151
- [49]. FAO, 2013. La production de lait dans le monde

- [50]. Peraicaetal.1999 ; Dragacci, 2002. Risques potentiels liés à la présence de mycotoxines dans les plantes.[enligne](2002)Adresse URL:<http://www.afssa.fr/ftp/colloques/ogm1/04.pdf>. Consulté le 12/01/2005/Toxic effects of mycotoxins in humans. Bull.World Health Organ., 1999, 77,754-766.
- [51]. CCIL ,2004 Centre canadien d'information laitière, chiffres 2004
- [52]. CNIEL à partir du FAO /Food Outlook de juin 2011
- [53]. DNSI, 2010 Rapport annuel de la Direction Nationale de la Statistique et de l'Information
- [54]. DNPIA, 2013 Rapport annuel sur l'élevage au Mali
- [55]. DNPIA ; 2010. Rapport diagnostic sur la situation de l'élevage au Mali
- [56]. Banque Mondiale ; 2012. Rapport 2012 de la Banque Mondiale sur le Mali ;
- [57]. Pinaud S., 2008,. Pinaud S., 2008, le commerce du lait en poudre : Entre production et échange, de la France à Bamako. Mémoire de Master recherche Science sociale, Paris X Nanterre, France, septembre2008. p.72.
- [58]. 58. Touré, M. et al. 2010.. Développementdel'élevageet réductiondelapauvretéauMali.Diagnosticde la situation de l'élevage. Partenariat pour le développement de l'élevage, la réduction de la pauvreté et la croissance économique en Afrique. A live (African. Lives tock Initiative).
- [59]. Pomeranz, S. 2006.. Etude sur les filières laitières au Mali. Comité Français pour la Solidarité Internationale.
- [60]. FAOSTAT 2012. Rapport annuel sur le lait
- [61]. Corniaux, C., etal.2005. Consommation de lait et de produits laitiers dans les ménages de Ségou (Mali). Institut d'Economie Rurale.
- [62]. MEP, 2008 Ministère de l'Elevage et de la Pêche. 2008. Stratégie de valorisation du lait cru local au Mali.
- [63]. Meyer, C., DuteurtreG.2001. Equivalents lait et rendements laitiers : modes de calcul et utilisation. In « Marchés urbains et développement laitier en Afrique subsaharienne. Actes de l'atelier international,9-10sept.1998. CIR
- [64]. JANIN, G. LEPROVOST, C. LAPEYRE, A. GUIARD . « Observations des éléments radioactifs en France après l'accident de Tchernobyl VOL. 23 - N° 2 165F. »
- [65]. Rapport 2008 Plan de Surveillance et de Contrôle de la contamination de produits laitiers par les radionucléides en France.