



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم والعلم والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد  
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed  
-----  
معهد الصيانة والأمن الصناعي  
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

**Département de Sécurité Industrielle et Environnement**

## **MÉMOIRE**

Pour l'obtention du diplôme de Master

**Filière :** Hygiène et Sécurité Industrielle

**Spécialité :** Sécurité Industrielle Et Environnement

### **Thème**

**L'usage de nitrite dans les produits alimentaires  
(Industrie de la viande)**

Présenté et soutenu publiquement par :

*MEKKIKA Yamina et SAHLAOUI Yousra*

Devant le jury composé de :

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Grade</b>	<b>Etablissement</b>	<b>Qualité</b>
HAIMOUR Rachida	MCB	Université d'Oran2 /IMSI	<b>Président</b>
ARBI Maachia	MCB	Université d'Oran2 /IMSI	<b>Encadreur</b>
AOUIMER yamina	MAA	Université d'Oran2 /IMSI	<b>Examinatrice</b>

**Année 2020/2021**

## Résumé

L'industrie de la viande désigne l'ensemble des activités industrielles agroalimentaire spécialisées dans la transformation des animaux d'élevage dévolus à l'alimentation humaine. Cela va de l'abattage-découpe-stockage des animaux devenant carcasses bouchères à la viande prête à cuisiner et autres plats cuisinés à base de viande. Dans l'industrie de transformation des viandes, les additifs parmi les plus utilisés, outre les colorants, sont les nitrites.

Les nitrites sont des additifs alimentaires importants pour arrêter la croissance des bactéries et pour rehausser la saveur et la couleur des aliments.

Ce travail est consacré à la réalisation d'une étude sur l'usage de nitrite

Dans les produits alimentaires (Industrie de la viande) a été réalisée et a ciblé plus spécifiquement sur : la source de nitrite, les aliments qui contiennent le nitrite, analyse de nitrite dans la viande, industrie de la viande dans L'ALGÉRIE.

Les informations recueillies ont permis d'identifier les risques des nitrites pour la santé humaine et d'identifier des solutions préventives.

**Mots Clés:** le nitrite, industrie de la viande, les risques, produit alimentaire.

## **Abstract**

The meat industry refers to all the agro-food industrial activities specializing in the processing of farm animals used for human consumption. This ranges from the slaughter-cutting-storage of animals becoming butchered carcasses to ready-to-cook meat and other ready-made meat dishes. Are nitrites.

Nitrites are important food additives for stopping the growth of bacteria and for enhancing the flavor and color of foods.

This work is devoted to carrying out a study on the use of nitrite in food products (Meat industry) was carried out and focused more specifically on: the source of nitrite, foods that contain nitrite, analysis of nitrite in meat, meat industry in ALGERIA.

The information collected made it possible to identify the risks of nitrites for human health and to identify preventive solutions.

**Keywords:** nitrite, meat industry, risks, food product.

## Remerciement :

*On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volenté d'entamer et de terminer le mémoire.*

*Je tiens également a remercie ma petite famille pour tous les efforts et le soutien pour terminer mes études.*

*Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Mme. ARBI on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur sa disponibilité durant notre préparation de mémoire.*

*Je tiens également à remercie les membres de jury par leur remarques et leur critique constructive ma donnée la confiance et aspirant à plus de connaissances.*

*Notre remerciement s'adresse A monsieur le directeur d'institut de maintenance et de sécurité industrielle Mr. BOUHADIBA et Mr. LALAOUI chef département d'hygiène et sécurité industrielle pour sons soutien moral et ses encouragements.*

*Notre remerciement s'adresse également à toute la famille universitaire d'IMSI.*

*Enfin, merci à tous ceux qui ont rendu possible ce travail, et même s'ils ne se retrouvent pas dans cette liste, ils sont dans mes pensée.*

## Dédicaces

*Je tiens c'est avec grande plaisir que je dédie ce modeste travail :*

*A ma très chère mère*

*Qu'ils trouvent en moi la source de leur fierté, quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présences à mes cotés a toujours été ma sources de force pour affronter les déférentes obstacles.*

*A mon très cher père*

*Tu as toujours été a mes cotés pour me soutenir et m'encourager.*

*Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.*

*A mes cher frères Mohamed el-Habib et Abdelkrim*

*A qui je souhaite un avenir radieux plein de réussite et de joie.*

*A mon fiancé Benzuika .A*

*Pour m'encourager et conseiller et m'aider à réaliser mon rêve.*

*Sans oublier mon binôme Sahlaoui Yousra pour sons soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce travail.*

*A mon cher grand – père et mes tantes et mes ancles*

*Un grande merci pour votre motivation*

*A tout mes cher ami(e)s pour leurs aides et supports dans les moments difficiles.*

*Je dédie ce travail à tous ceux qui ont participé à ma réussite.*

**MEKKIKA Yamina**

## **Dédicaces**

*Je dédie ce modeste travail et ma profonde gratitude à:*

*Mes chers parents*

*Ma très chère mère qui m'a encouragé et soutenu pendant mes études depuis mon enfance*

*Mon très cher père qui a tout fait pour m'aider dans mes études*

*Mes chers frères et ma famille*

*A ma binôme MEKKIKA Yamina et sa famille.*

*Et à tous mes amis (es)*

*Enfin pour Toutes les gens personnes qui m'estiment en espérant bien que je n'ai oublié Personne dans cette courte page.*

**SAHLAOUI Yousra**

# Sommaire

<i>Résumé</i> .....	<i>I</i>
<i>Remerciement</i> :.....	<i>III</i>
<i>Dédicaces</i> .....	<i>IV</i>
<i>Dédicaces</i> .....	<i>V</i>
<i>Sommaire</i> .....	<i>VI</i>
<i>Liste des figures</i> .....	<i>X</i>
<i>Liste des tableaux</i> .....	<i>XI</i>
<i>Liste des abréviations</i> .....	<i>XII</i>
<i>Introduction générale</i> :.....	<i>1</i>
<i>Chapitre 01:Généralité sur le nitrite</i> .....	<i>1</i>
I.1 Introduction.....	2
I.2 Le nitrite dans l'environnement :.....	3
I.3 La formation de nitrite : .....	4
I.4 Toxicité des nitrites :.....	5
I.4.1 Toxicité directe des nitrites :.....	5
I.4.2 Toxicité indirecte des nitrites :.....	5
I.5 Sources des nitrates et nitrites :.....	6
I.5.1 Sources naturelles : .....	7
I.5.2 Sources industrielles : .....	8
<i>Chapitre 02 : L'impact de nitrite sur l'organisme</i> .....	<i>9</i>
I.1 Introduction.....	10
I.2 L'aspect chimique de nitrite :.....	10
I.3 Action des nitrites sur l'hémoglobine :.....	10
I.4 Métabolisme des nitrates et des nitrites :.....	13

I.4.1 Nitrates :	13
I.4.2 Nitrites :	13
I.5 Les symptômes et les maladies :	13
I.5.1 Les symptômes :	13
I.5.2 Les maladies :	14
I.6 Conclusion	18
<b>Chapitre 03 : Le nitrite dans les produits alimentaire</b>	<b>19</b>
I.1 Introduction	20
I.2 Quels aliments contiennent des nitrites :	21
I.3 La viande :	21
I.4 Le jambon :	24
I.5 Nitrates et nitrites dans les produits de charcuteries, de salaison et les conserve de viande (PCSCV) :	24
I.5.1 Définitions	24
I.6 Techniques d'utilisation des nitrates et nitrites dans les PCSCV :	25
I.6.1 Types de salaison :	26
I.6.2 Techniques de salaison:	27
I.7 Pourquoi en utilise le nitrite :	30
I.8 Le risque de nitrite et l'homme :	32
I.9 Les solutions:	32
I.10 Conclusion:	34
<b>Chapitre04 : Les analyses de nitrite</b>	<b>35</b>
I.1 Introduction	36
I.2 Matériel et méthodes:	39
I.2.1 Réactifs et solutions:	39
I.2.2 Instrumental:	39



I.2.3 Échantillons et préparation des échantillons :.....	40
I.2.4 Validation pour les produits carnés :.....	40
I.2.5 Application de la méthode aux produits carnés :.....	43
I.3 Résultats et discussion : .....	44
I.3.1 CZE Méthode :.....	44
I.3.2 Validation pour les produits carnés :.....	44
I.3.3 Application de la méthode aux produits carnés :.....	48
I.4 Conclusion .....	51
<b>Chapitre 05 : Les emballages des produits alimentaires nitrité.....</b>	<b>52</b>
I.1 Introduction.....	53
I.2 Caractéristique des emballages pour les viandes :.....	54
I.3 Les exigences d'emballage pour la viande et les produits de la viande :.....	54
I.3.1 Viande fraîche :.....	54
I.3.2 Viande transformée :.....	55
I.4 Matériaux d'emballage : .....	55
I.4.1 Matériaux de film qui fournissent de la force :.....	56
I.4.2 Matériaux de film qui offrent des propriétés barrière :.....	57
I.4.3 Matériaux de film qui offrent une capacité d'étanchéité de l'emballage :...	59
I.5 Option d'emballages pour les viandes fraîche :.....	59
I.5.1 Plateaux enveloppés de film : .....	59
I.5.2 Emballage atmosphère modifiée :.....	60
I.5.3 Emballage sous vide conventionnel:.....	62
I.6 Options d'emballage pour les produits de viandes transformés : .....	62
I.6.1 Emballage sous vide : .....	62
I.7 Conditionnement sous atmosphère modifiée :.....	64
I.7.1 L'emballage spécialisé :.....	65

I.7.2 L’emballage actif: .....	65
I.8 Emballages pour les viandes congelées: .....	68
I.9 La stérilisation : .....	69
I.9.1 Le materiel de stérilisation : .....	70
<b>Chapitre 06 :La consommation de l'Algérie en PCSCV.....</b>	<b>71</b>
I.1 Introduction.....	72
I.2 Réglementation algérienne : .....	75
I.3 Evolution de la consommation produite carnés en Algérie : .....	75
I.3.1 Les industries de transformation des viandes en Algérie : .....	75
I.4 Bellat : .....	76
I.5 Prix des viandes et produits carnés en Algérie : .....	82
I.6 La consommation des viandes et produits carnés en Algérie : .....	82
I.7 Conclusion : .....	84
<b>Bibliographie .....</b>	<b>86</b>

## Liste des figures

Figure I 1 Schéma simplifié du cycle de l'azote dans l'environnement.....	5
Figure III 1 Ajout du sel nitrite à la viande .....	28
Figure III 2 Salaison dans un bac .....	28
Figure III 3 Injection automatique de la saumure.....	29
Figure III 4 Injection manuelle de la saumure.....	29
Figure III 5 l'amélioration de la couleur par le nitrite .....	30
Figure III 6 le viande avec et sans nitrite.....	31
Figure IV 3 Résultat Des analyse par l'électrophérogramme .....	42
Figure V 1 Emballage sous vide qui fournit une visibilité du produit et des informations sur l'étiquette.....	56
Figure V 2 un emballage facile à ouvrir pour plus de commodité pour le consommateur	58
Figure V 3 ligne de conditionnement prête à l'emploi pour steaks en barquettes.....	60
Figure V 4 un emballage de viande .....	61
Figure V 5 Emballage de vente au détail utilisant un plateau su à remballer en film perméable à l'oxygène.....	64
Figure V 6 Emballage sous vide conventionnel (haut), et emballage sous vide en film nitrite (bas).....	65
Figure V 7 Emballage sous atmosphère modifié (MAP) .....	65
Figure V 8 Emballage sous vide.....	67
Figure V 9 Emballage sous atmosphère modifié.....	68
Figure V 10 Emballage actif.....	69
Figure V 11 Emballage principale à rinçage au gaz pour la distribution d'emballage prêt à la vente au détail .....	70
Figure V 12 matériaux et emballages pour viande .....	73
Figure V 13 stérilisation alimentaire des emballages .....	74
Figure VI 1 Boucherie industrielle dans les années 1980 .....	76
Figure VI 2 groupe bellat.....	81
Figure VI 3 un produit de bellat (pâté de volaille) .....	82
Figure VI 4 bellat interne.....	82
Figure VI 5 produit de bellat (chawarma) .....	83
Figure VI 6: les marques de bellat.....	84

## Liste des tableaux

Tableau I 1:Propriétés physico-chimiques des nitrites .....	7
Tableau I 2:Teneur en nitrate de quelques légumes et fruits. ....	11
Tableau II 1 distribution de quelque nitrosamine dans les produits carnés.....	15
Tableau II 2 incidence de quelque cancer dans certain pays de l’UEMOA .....	20
Tableau IV 1 Analyse quantitative des nitrates et nitrites dans les produits carnés .....	53

## **Liste des abréviations**

**CNO : composés N-Nitrosés.**

**NDEA : N-nitroso –dimethyl- alamine.**

**NDMA : N-nitroso–somethyl -alinime.**

**NPIP : N –nitro -piperidine.**

**NPYR : N-nitroso-pyrolidine.**

**OMS : Organisation Mondiale pour la santé.**

**PCSCV : Produit de charcuterie, de salaison et conserves de viandes.**

**UEMOA : Union Economique et Monétaire Ouest Africain.**

**WCRF : le World Cancer Research Fund.**

**MFD : deterioration-flaveur Meat.**

**WOF : Flavor Over-Warmed.**

**MAP : des emballages sous atmosphère modifiés.**

**CE : La Commission européenne.**

**CIRC : le Centre international de recherche sur le cancer.**

**CZE : électrophorèse capillaire zone.**

**AOAC : association of official agricultural chemists.**

**BGE : boutique de gestion espace.**

**ISO : organisation de normalisation international.**

## **Introduction générale :**

D'après les preuves historiques, comme les peintures rupestres, l'homme est omnivore, depuis plus de 40 000 ans. Le régime alimentaire des chasseurs et des cueilleurs se composait probablement de gibier sauvage, de baies indigènes, de racines, de végétation feuillue et de quelques céréales.

L'alimentation dans les sociétés modernes est différente, elle fait de plus en plus appel à des denrées alimentaires traitées et transformées par les industries. L'Algérie n'est pas en reste de ce phénomène du fait de l'urbanisation de plus en plus galopante.

La transformation industrielle des aliments entraîne généralement la perte de leur couleur, de leur texture et de leur goût. Ce qui justifie l'utilisation des additifs alimentaires dans le but de corriger et renforcer leurs propriétés organoleptiques.

Dans l'industrie de transformation des viandes, les additifs parmi les plus utilisés, outre les colorants, sont les nitrates et les nitrites .

Le nitrite et le nitrate sont des additifs alimentaires importants dans les produits de charcuterie. Ces additifs ont été utilisés depuis environ 3000 ans lorsque du sel naturellement contaminé par du nitrate a été utilisé – jusqu'aux 19<sup>ème</sup> et 20<sup>ème</sup> siècles – lorsque les mécanismes de durcissement ont été découverts – jusqu'à nos jours, malgré les avantages de l'application du nitrite dans l'industrie de la viande (couleur rouge-rosé et propriétés antioxydantes et antimicrobiennes), il est nocif pour la santé humaine.

Les effets négatifs du nitrite en tant qu'additif pour la viande ont été enregistrés pour la première fois au début des années 1950 et 1960 lorsque les composés N-nitroso (NOC) ont été initialement découverts.

Des études antérieures ont émis l'hypothèse que les nitrosamines (et la consommation de viande transformée) sont associées à certains types de prévalence du cancer .Par la suite, certains règlements ont restreint la quantité de nitrite de sodium utilisée dans la production de produits carnés.

Certains chercheurs se sont penchés sur la possibilité de substituer le nitrite de sodium par divers extraits végétaux, des bactériocines, des souches bactériennes sélectionnées et une haute pression hydrostatique (HHP), en plus de l'élimination/réduction du nitrite. Les extraits de plantes et les ingrédients semblent être des alternatives appropriées aux nitrites.

Les parties de plantes (légumes, fruits, herbes et épices) contiennent divers types de composés phénoliques bénéfiques pour la santé humaine. Les composés phénoliques démontrent une excellente activité de piégeage des radicaux libres et pourraient donc s'avérer bénéfiques.

Notre travail parle sur l'usage de nitrite dans les produits alimentaires (industrie de viande), IL début par une introduction générale et se subdivise de six chapitres réparties comme suit:

Nous commençons par le premier chapitre, dans lequel nous avons traité des généralités sur les nitrites en indiquant ces connaissances globales accompagnés par leur toxicité.

Nous passons au deuxième chapitre, Ce qu'on appelle l'impact de nitrite sur l'organisme.

Ensuite, le nitrite dans le produit alimentaire C'est le titre du troisième chapitre qui parle des aliments qui contient le nitrite et leurs risques sur l'homme Avec des solutions mentionnées.

Le quatrième chapitre présente quelque expérience pour analyses les nitrites dans les viandes Les analyses de nitrite et Les emballages des produits alimentaires nitrité successivement présente Quelques expériences pour analyser les nitrites dans la viande et Nous avons évoqué les étapes de la mise en conserve et emballer de la viande et aussi comment la stériliser.

Le dernier chapitre est La consommation de l'Algérie en PCSCV, Responsable de la évolution de la consommation produits telque production, importation et les prix de viande en Algérie, et nous avons mentionné en détail la plus importante industrie de viande en Algérie "BELLAT".

# *Chapitre 01: Généralité sur le nitrite*



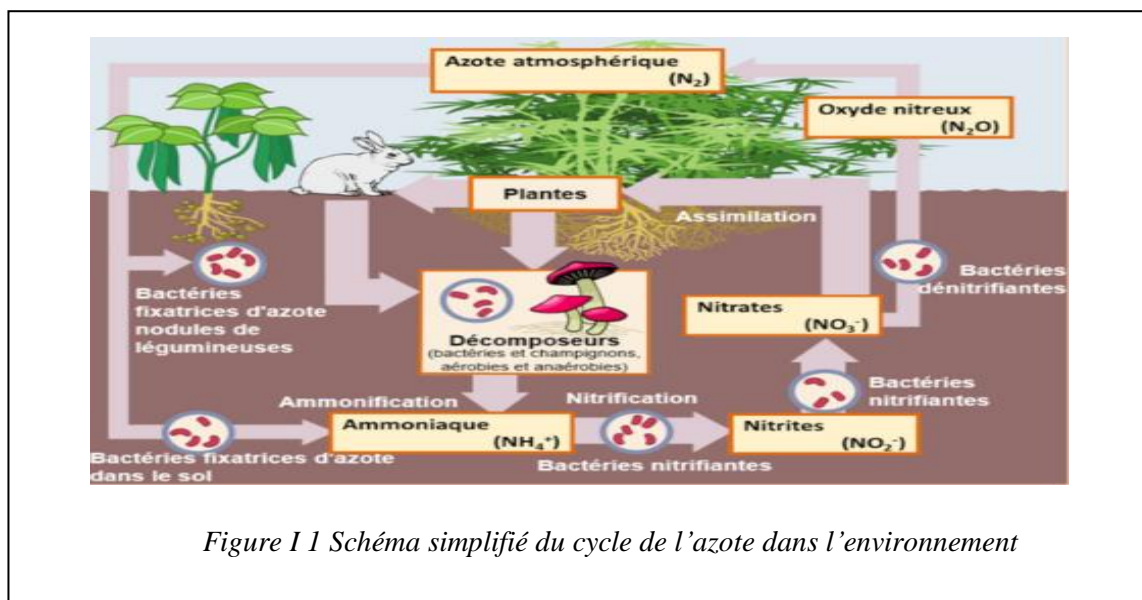
## **I.1 Introduction**

Les nitrates et les nitrites sont des composés chimiques présents naturellement dans notre environnement. Comme l'explique le Centre international de recherche sur le cancer, "les deux sont des produits de l'oxydation de l'azote (qui compose environ 78% de l'atmosphère terrestre) par des micro-organismes dans les plantes, les sols ou l'eau".

L'industrie chimique fabrique des nitrates pour produire de l'engrais, ou encore des nitrites de synthèse, utilisés comme agents de conservation dans l'industrie alimentaire.

## I.2 Le nitrite dans l'environnement :

La présence de Nitrates dans le sol et les eaux est la résultante de l'ensemble des transformations liées au cycle de l'azote qui se déroule naturellement dans l'environnement (Figure 0-1) sous l'action d'un réseau complexe de microorganismes.



Parmi ces microorganismes, un ensemble de populations bactériennes sont capables de transformer l'azote gazeux de l'atmosphère en azote ammoniacal, utilisable par les plantes, notamment les légumineuses associées à certaines bactéries spécifiques. L'azote absorbé par les plantes permet en particulier la synthèse de leurs protéines et d'autres produits organiques utilisés en alimentation animale ou humaine.

Lors de la décomposition des produits végétaux ou animaux dans le sol, l'azote organique qu'ils renferment est à nouveau transformé en azote ammoniacal. Il peut être utilisé à nouveau par les plantes ou va être transformé par la nitrification en nitrites puis en nitrates. En milieu pauvre en oxygène, ces nitrates subissent une dénitrification par certaines bactéries du sol qui les transforment en nitrites puis finalement en diazote atmosphérique inerte ( $N_2$ ), revenant ainsi au point de départ du cycle.

Dans les milieux naturels, la concentration en nitrates du sol ou des eaux est en général faible, les concentrations en nitrates peuvent être plus importantes dans les milieux enrichis en matières organiques, naturellement ou sous l'action de l'homme. Ainsi les accumulations de guano au Chili ont été une source de nitrates naturels utilisés en

agriculture, remplacés par des fertilisants industriels après la mise au point du procédé Haber-Bosch.

L'utilisation à grande échelle de fertilisants azotés a eu un effet incontestable sur l'accroissement des rendements des plantes cultivées. Mais ces apports d'éléments fertilisants ont eu aussi pour conséquence l'accentuation de fuites de nitrates dans l'environnement<sup>[01]</sup>.

### Propriété physique et chimique de nitrite :

Les nitrates et les nitrites sont naturellement des ions qui font partie du cycle de l'azote. Ils ont un certain nombre de propriétés physico-chimiques présentées dans le tableau I<sup>[10]</sup>.

<b>Formule chimique</b>	<b>Nitrite</b> NO <sup>2-</sup>
<b>N° CAS</b>	14797-65-0
<b>Poids moléculaire (g/mol)</b>	46
<b>Propriété sacido-basiques</b>	Base conjuguée d'acide faible : HNO <sub>2</sub> (pka = 3,4)
<b>pH en solution aqueuse</b>	~ 9
<b>Solubilité dans l'eau</b>	Selstrèssolubles
<b>Volatilité</b>	Non volatile

Tableau I 1: Propriétés physico-chimiques des nitrites

### I.3 La formation de nitrite :

Les nitrates (NO<sup>3-</sup>) et les nitrites (NO<sup>2-</sup>) sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement. Ils sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium (NH<sup>4+</sup>), présent dans l'eau et le sol, qui est oxydé en nitrites par les bactéries du genre Nitrosomonas, puis en nitrates par les bactéries du genre Nitrobacter (Santé Canada, 1992). Les nitrates sont très solubles dans l'eau; ils migrent donc aisément dans la nappe phréatique lorsque les

niveaux excèdent les besoins de la végétation (Santé Canada, 1992). La toxicité des nitrates résulte de leur réduction en nitrites et de la formation de méthémoglobine d'une part et de leur contribution possible à la synthèse endogène de composés N-nitrosés d'autre part.

Les concentrations de nitrates et de nitrites peuvent être exprimées sous forme de nitrates (ou nitrites) ou sous forme d'azote. Un milligramme de nitrates par litre (mg/l de  $\text{NO}_3$ ) équivaut à 0,226 mg de nitrates, sous forme d'azote, par litre (mg-N/l). Dans le cas des nitrites, un mg/l équivaut à 0,304 mg-N/l (National Research Council, 1995)<sup>[02]</sup>.

#### **I.4 Toxicité des nitrites :**

Les nitrites sont très toxiques aussi bien chez l'homme que chez les animaux. Leur action s'exerce suivant deux modalités :

- La toxicité directe.
- La toxicité indirecte suite à la formation de composés N-nitrosés.

##### **I.4.1 Toxicité directe des nitrites :**

La toxicité propre des nitrites est liée à leur pouvoir oxydant. En effet, les nitrites ont la propriété d'oxyder l'hémoglobine sanguine en méthémoglobine. Cette forme d'hémoglobine n'est pas apte à transporter l'oxygène et sa présence entraîne une hypoxie au niveau des tissus <sup>[10]</sup>.

La conséquence pathologique de cette action des nitrites est connue sous le nom de méthémoglobinémie. La méthémoglobinémie est à l'origine d'une anoxie tissulaire avec cyanose. D'autres signes cliniques peuvent être observés notamment l'altération de la fonction hépatique, l'augmentation de l'ammoniémie et la diminution de l'urémie, et la modification de l'activité du système nerveux central<sup>[02]</sup>.

##### **I.4.2 Toxicité indirecte des nitrites :**

La toxicité indirecte des nitrites est liée à leur transformation en composés N-nitrosés tels que les nitrosamines et les nitrosamines qui ont des effets cancérigènes.

Les informations suivantes sur la toxicité des nitrites proviennent de «GRAS » (Generally Recognized as Safe) Food Ingrédients : Nitrates and Nitrites (Inclusion

Nitrosamines) », 1972. Ce rapport a été préparé pour la Food and Drug Administration (FDA) des États-Unis par BatteleColumbus Laboratoires et le Département de Commerce, Springfield, Virginie 22151.

Selon cette source, la dose mortelle de nitrate de potassium pour les humains adultes est de l'ordre de 30 à 35 grammes consommés en une seule dose ; la dose mortelle de nitrite de sodium est de l'ordre de 22 à 23 milligrammes par kilogramme de poids corporel. Des doses plus faibles de nitrate de sodium ou de potassium ou de nitrite de sodium ont provoqué une méthémoglobinémie aiguë (lorsque l'hémoglobine perd sa capacité de transporter l'oxygène), en particulier chez les nourrissons, résultant de la conversion de nitrate en nitrite après consommation. Il n'y a aucune preuve confirmable dans la littérature sur la cancérogénicité (capacité cancérogène) du nitrate en tant que tel.

Il a été rapporté que les gens consomment normalement plus nitrates provenant de leur consommation de légumes que des produits de charcuterie qu'ils consomment. Les épinards, les betteraves, les radis, le céleri et les choux font partie des légumes qui contiennent généralement de très fortes concentrations de nitrates.

La teneur en nitrates des légumes est affectée par la maturité, les conditions du sol, les engrais, la variété, etc. Il a été estimé que 10 % de l'exposition humaine au nitrite dans le tube digestif provient de viandes et 90% provient de légumes et d'autres sources. Les nitrates peuvent être réduits en nitrites par certains micro-organismes présents dans les aliments et dans le tractus gastro-intestinal. Cela a entraîné une toxicité des nitrites chez les nourrissons nourris avec des légumes à forte teneur en nitrates. Il n'existe actuellement aucune preuve impliquant le nitrite lui-même en tant que cancérogène<sup>[04]</sup>.

Pour obtenir 22 milligrammes de nitrite de sodium par kilogramme de poids corporel (une dose mortelle), un adulte de 154 livres devrait consommer, à la fois, 18,57 livres de produit de charcuterie contenant 200 ppm de nitrite de sodium (car le nitrite est rapidement converti en nitrique oxyde pendant le processus de durcissement, le chiffre de 18,57 livres devrait être au moins triplé). Même si une personne pouvait manger cette quantité de viande séchée, le sel, pas le nitrite, ne serait probablement le facteur toxique<sup>[03]</sup>.

## I.5 Sources des nitrates et nitrites :

Les nitrates et les nitrites sont présents de façon naturelle dans l'environnement notamment dans le sol, les végétaux et dans l'eau. Par ailleurs, les nitrates et les nitrites peuvent être synthétisés de façon industrielle<sup>[05]</sup>.

### **I.5.1 Sources naturelles :**

#### **I.5.1.1 Nitrates et nitrites dans le sol :**

Il existe des minerais de nitrate naturel dans certains pays tels que le Chili et le Pérou. Dans ces minerais, les sels de nitrate sont liés à d'autres minéraux pour former des dépôts appelés caliche. Pendant longtemps, la production mondiale de nitrate provenait presque exclusivement du désert d'Atacama au nord du Chili. En outre, dans le sol, les nitrates peuvent être produits par des bactéries asymbiotiques des genres azobacter et Clostridium, ayant la capacité de fixer l'azote atmosphérique<sup>[10]</sup>.

#### **I.5.1.2 Nitrates et nitrites dans les végétaux :**

Certains légumes et fruits sont connus pour leur richesse en nitrate. Ils peuvent être divisés en trois groupes en fonction de leur teneur en nitrate (Tableau II). En général, la teneur en nitrite des végétaux n'est pas considérée car elle est habituellement très basse. C'est leur teneur en nitrate qui est généralement prise en compte. Par contre, si les conditions de conservation des végétaux sont défectueuses, leur teneur en nitrite augmente, par suite d'une contamination bactérienne.

La teneur en nitrate d'un végétal est fonction de l'espèce et de la variété du végétal, du type de sol, du climat et des modes de culture (selon que les engrais minéraux soient utilisés ou non). La teneur en nitrate d'un végétal diminue lorsque le végétal atteint sa pleine maturité.

#### **I.5.1.3 Nitrates et nitrites dans l'eau :**

Dans l'eau naturelle non contaminée, la teneur en nitrate est faible, de l'ordre de 1 mg/L. Les nitrites quant à eux, sont généralement retrouvés sous forme de traces du fait de leur grande instabilité. La teneur en nitrate et en nitrite de l'eau peut varier en fonction de différents facteurs tels que la nature du sol, les pollutions d'origine anthropique dues à l'augmentation des déchets animaux et humains, etc...

### I.5.2 Sources industrielles :

Les nitrates et les nitrites peuvent être produits industriellement par 2 méthodes essentielles:

Les nitrates sont produits par la lixiviation des minerais naturels qui contiennent du nitrate (caliche) avec de la saumure, puis par cristallisation fractionnée. La lixiviation est l'extraction des éléments constituant les minéraux par circulation d'une solution aqueuse.

Les nitrates peuvent également être synthétisés par la réaction de neutralisation de l'acide nitrique avec de la soude (hydroxyde de sodium). En effet, lors de la synthèse de l'acide nitrique, le mélange résiduel (de monoxyde d'azote et de dioxyde d'azote) produit est absorbé par une solution de soude, conduisant à la formation des nitrates et nitrites.

En 2004, la production industrielle mondiale de nitrate était estimée à 63 000 tonnes dont 98% provenaient du Chili. Le reste avait été produit en Allemagne et au Mexique, généralement en tant que sous-produit de la fabrication de l'acide nitrique<sup>[10]</sup>.

Teneur en nitrate (mg /kg)	Légumes/fruits
<100	Asperge, oignon, tomate, poivron verts, germe de soja, cassis, groseille rouge, framboise, cerise, fraise
] 100-1000]	Pomme de terre, haricot vert, gombo, aubergine, carotte
>1000	Betterave, céleri, salade verte, épinard, laitue, Radi, chou chinois

Tableau I 2: Teneur en nitrate de quelques légumes et fruits

***Chapitre 02 : L'impact de  
nitrite sur l'organisme***



## I.1 Introduction

Dans un milieu acide, l'estomac de l'être humain, l'ion nitrite donne naissance à de l'acide nitreux qui génère du dioxyde d'azote. Le dioxyde d'azote est capable de réagir avec des substances azotées qu'on appelle amines (les nitrosamines). Les nitrosamines endommagent les gènes et provoquent des cancers dans toutes les espèces animales.

## I.2 L'aspect chimique de nitrite :

Les nitrites sont des substances chimiques naturelles qui entrent dans le cycle de l'azote. Ce sont des ions naturels présent partout dans l'environnement, ils sont tous les deux le produit de l'oxydation de l'azote (ils représentent 78 % de l'atmosphère).

Le nitrite de sodium, de formule  $\text{NaNO}_2$ , est le nitrite le plus important dans l'industrie chimique. Son code est E250. Il s'obtient de nos jours comme sous-produit lors de la synthèse industrielle de l'acide nitrique. Le mélange de monoxyde d'azote et de dioxyde d'azote produit lors de cette synthèse est absorbé par une solution d'hydroxyde de sodium, ce qui conduit à du nitrite et à du nitrate de sodium.

Les nitrites très instables, très réactif il peut jouer le rôle d'oxydant ou de réducteur, cette grande instabilité explique en partie sa toxicité, il sert comme agent de conservation des aliments, en particulier dans les viandes de salaison. En raison de la stabilité de l'ion nitrate la plupart des substances azoté de l'environnement ont tendance à se transformer en nitrate.

## I.3 Action des nitrites sur l'hémoglobine :

L'action des nitrites sur l'organisme peut induire essentiellement un effet méthémoglobinisant. La réaction entre le nitrite et l'hémoglobine provoque la transformation de cette protéine en méthémoglobine très toxique pour le sang. Elle peut être définie comme une forme d'hémoglobine non fonctionnelle dont le fer de l'hème est à l'état ferrique.

Peut aussi contribuer à la formation d'un groupe de composés connus sous le nom de nitrosamines, dont certains sont cancérigènes.

- **Méthémoglobinémie:**

Par définition c'est une maladie causée par un excès de nitrites, les conditions cliniques se produisent à partir de la conversion de l'hémoglobine en méthémoglobine, qui est incapable de relier ou de transporter l'oxygène. La méthémoglobine est formée lorsque le fer de la molécule d'hémoglobine est oxydé de  $Fe^{2+}$  en  $Fe^{3+}$   $Fe^{2+}$  en  $Fe^{3+}$ <sup>[07]</sup>.

Cette intoxication provoquée par un taux trop important de méthémoglobine dans le sang. En se fixant sur l'hémoglobine, le NO issu du nitrite produit une oxydation du fer ferreux en fer ferrique. Dans l'hémoglobine normale, les noyaux hémiques des sous unités de l'hémoglobine lient un fer ferreux ( $Fe^{2+}$ ) qui va lier l'oxygène. Dans le cas de la méthémoglobinémie, le noyau hémique va lier un fer ferrique ( $Fe^{3+}$ ) qui est incapable de lier l'oxygène<sup>[08]</sup>.

Cette transformation rend impossible la fixation et le transport de l'oxygène des alvéoles pulmonaires vers les tissus. La méthémoglobinémie induit des symptômes dès que le taux de méthémoglobine atteint 10 % des globules rouges (coloration de la peau et des muqueuses vers la cyanose, céphalées, vertiges, tachycardie, etc.). Les très jeunes enfants y sont plus susceptibles que les adultes car pendant les premiers mois de la vie, l'hémoglobine reste d'origine fœtale.

- **Méthémoglobine :**

Par réduction les nitrites qui résultent des nitrates oxydent les ions ferreux de l'hémoglobine en ions ferriques, en transformant alors l'hémoglobine en méthémoglobine incapable de céder l'oxygène.

Aux tissus. Au-delà d'un certain taux de méthémoglobine, différents symptômes apparaissent d'une cyanose (maladie bleu) légère des troubles de conscience pouvant évoluée la mort par anorexie cellulaire<sup>[08]</sup>.

- **Nitrosamine-Nitrosamides :**

La synthèse chimique des composés nitrosés se résume par l'action de l'acide nitreux ou de l'ion nitrite sur des amines secondaires ou même tertiaire pouvant être produites au

cours de phénomènes de putréfaction mais aussi au cours de la cuisson ou de la conservation des aliments selon la réaction générale suivante.

Le corps humain produit naturellement des amines. En rencontrant les éléments nitrés des charcuteries, les amines peuvent donner naissance à des nitrosamines. Elles peuvent apparaître dans les charcuteries lors de la fabrication, lors de la cuisson (cuisson à plus de 130 °C), et lors de la digestion humaine, à cause des conditions acides de l'estomac.

Les nitrosamines comptent parmi les plus puissants agents cancérigènes connus. L'exposition aux nitrosamines par nitrosation en milieu acide (au niveau de l'estomac) du nitrite de sodium ajouté à la charcuterie est classée dans le groupe 2A (probablement cancérigènes pour l'homme).

L'industrie charcutière est parvenue à réduire la fréquence des nitrosamines dans certains produits, sans toutefois réussir à les supprimer complètement <sup>[06]</sup>.

Une nitrosamides (ou amide nitreuse) est un composé chimique possédant le groupe fonctionnel R-C (=O) N(NO)-R'. Comme les nitrosamines, les nitrosamides forment une famille de composés chimiques azotés et oxydés qui peuvent être impliqués dans la cancérogénèse, en particulier dans le cancer du colon. Plus instables que les nitrosamines, les nitrosamides sont plus difficiles à étudier. Les réactions de nitrosation conduisent à la formation de nitrosamines ou de nitrosamides selon qu'il s'agit de l'ajout d'ions nitrosonium NO<sup>+</sup> sur une amine ou un amide.

Nitrosamines concentrations moyenne (ug/kg)		NMDA	NDEA	NDBA	NPYR	NPIP
Produits carnés	Bacon	0,25-7,2	1	0,17	4,4-7,9	0,11-0,2
	Viandes fraîches (porc, volailles, bœuf)	0,1-0,9	0,2	-	0,1	0,25-0,7
	Porc, cuit, salé, frit	0,9-1,1	3,3	-	2,6-4,0	-
	Viandes fumées (mouton, porc, volailles)	0,5-2,1	1,1-1,6	0,24-0,45	0,4-1,2	0,24-2,9
	Viandes traitées pour la conservation	0,7-2,0	0,5-2,6	1-50	0,5-5	1 - 9
	Saucisses	0,26-0,91	1,1-2,4	0,26-0,42	0,28	0,06-0,18

Tableau II 1 distribution de quelques nitrosamines dans les produits carnés

## **I.4 Métabolisme des nitrates et des nitrites :**

### **I.4.1 Nitrates :**

Dans les conditions normales, les nitrates sont rapidement absorbés au niveau de l'intestin grêle, puis partiellement recyclés au niveau des glandes salivaires et enfin éliminés par voie urinaire.

La voie métabolique majeure des nitrates est leur conversion en nitrites. Chez l'Homme, cette conversion s'effectue dans la cavité buccale à pH 6-6,4 sous l'action des nitrates réductases bactériennes. La transformation des nitrates en nitrites ne semble possible dans le tube digestif que dans les conditions pathologiques comme l'achlorhydrie gastrique (absence de sécrétion gastrique d'acide chlorhydrique dans l'estomac) et les entérites graves qui occasionnent le développement d'une flore nitrogène<sup>[10]</sup>.

### **I.4.2 Nitrites :**

Les nitrites contrairement aux nitrates, sont absorbés dans toutes les muqueuses et se retrouvent dans le sang puis éliminés par les reins.

Au niveau de l'estomac, en raison du pH acide, les nitrites (apportés par l'alimentation ou provenant de la réduction bactérienne des nitrates au niveau buccal) peuvent se décomposer en oxyde nitreux et réagir avec les amines secondaires, les amides issus des aliments pour former tels que les nitrosamines et nitrosamides.

## **I.5 Les symptômes et les maladies :**

### **I.5.1 Les symptômes :**

Une cyanose grisâtre typique peut être observée lorsque le niveau en méthémoglobine excède 1.5 g/dl, qui est environ 10 % de l'hémoglobine totale d'un individu normal. A ce niveau, le patient ne peut pas encore noter les symptômes.

Les symptômes de la méthémoglobinémie sont généralement ceux liés à un approvisionnement impropre en oxygène (maux de tête, battement de cœur et un essoufflement) et se développent graduellement quand la concentration en méthémoglobine augmente au-dessus de 20 %. Des concentrations supérieures à 50 % ont pour conséquences de sévères hypoxémies et une dépression du système nerveux central. Des concentrations supérieures à 70 % peuvent entraîner la mort.

Pour des individus souffrant d'anémie, de problème cardiaque ou de maladie pulmonaire, les symptômes de l'hypoxémie peuvent apparaître à un faible niveau de pourcentage de méthémoglobine.

### I.5.2 Les maladies :

Le rôle des nitrites dans l'étiologie du cancer chez l'humain, particulièrement celui de l'estomac, a été révisé et discuté dans plusieurs études (Grosse et al. 2006; Walker 1990, Forman 1989). La conclusion tirée notamment sur la base d'études animales est que le couple nitrates/nitrites est «probablement cancérigène pour l'humain dans les conditions de nitrosation endogène (groupe 2A)» (Grosse et al. 2006).

Ainsi, plusieurs études épidémiologiques ont investigué la relation entre les fréquences de cancer et l'ingestion de nitrates. Les résultats de celles-ci sont dans l'ensemble très équivoques. Certaines études épidémiologiques ont observé une augmentation du risque de cancer chez des individus qui, même si les niveaux actuels de nitrates dans les viandes étaient inférieurs à la norme.

Les nitrites provoqueraient des cas de méthémoglobinémie "maladie bleu" résultat d'une oxydation de l'hémoglobine, la formation de méthémoglobine en grande quantité réduit l'oxygénation des cellules, peut se manifester par une cyanose, coloration bleutée de la peau et des muqueuses, et provoquer l'asphyxie et la mort.

Ces additifs peuvent entraîner la formation de composés cancérigènes dans notre estomac : des nitrosamines. Ces substances sont classées cancérigènes probables pour l'humain.

La consommation de charcuterie augmente le cancer colorectal avec un niveau de preuve convaincant.

Tous les mécanismes expliquant entre le cancer colorectal et la consommation de charcuteries ne sont pas parfaitement élucidés, mais il est certain que l'excès de nitrites y contribue.

Ces derniers peuvent en effet se lier à des acides aminés pour former des nitrosamines, classés parmi les agents cancérigènes. Ils peuvent également interagir avec le fer dans les viandes. Pour former du fer nitrosylé, qui joue un rôle promoteur du cancer<sup>[09]</sup>.

La toxicité propre aux nitrates se résume principalement à leur effet sur la thyroïde, l'œsophage, l'estomac et le cerveau. Des études épidémiologiques menées sur différents

continents ont permis de faire un lien entre l'ingestion de fortes quantités de nitrates et l'apparition de cancers au niveau des organes précités, pour bien comprendre on peut citer ces cancers :

❖ **Cancer de la thyroïde:**

L'incidence de l'ingestion des nitrates sur la survenue du cancer de la glande thyroïde a été signalée ces dernières années. En effet, une étude épidémiologique menée par Kilfoyet *ala* mis en évidence un lien statistique entre les apports en nitrates et le risque de cancer de la thyroïde uniquement chez l'homme. L'incidence du cancer de la thyroïde est 2.28 fois plus élevée chez l'homme très grand consommateur de nitrates que chez l'homme très faible consommateur de nitrates. Cette même étude a montré que la consommation de nitrates ne semble exercer aucune influence sur le risque de cancer de la thyroïde chez la femme <sup>[10]</sup>.

❖ **Cancer de l'œsophage et de l'estomac :**

La survenue des cancers de l'œsophage et de l'estomac suite à l'ingestion de fortes doses de nitrates, a été montrée. Sanz Anquela et *al.*, Zhang et *al.* Et Gilli, et *al.* Ont mis en évidence respectivement en Espagne, en Chine et en Italie, un lien statistique entre les apports élevés en nitrates et la survenue du cancer de l'œsophage et de l'estomac.

❖ **Cancer du cerveau:**

Différentes études épidémiologiques dont celle de Barette et *al.*, menée en Angleterre ont mis en évidence un lien statistique entre les apports en nitrites et le risque d'apparition de la tumeur du cerveau chez l'homme.

Les nitrites sont également toxiques lorsqu'ils se transforment en nitrites.

❖ **Cancer colorectal :**

En 2007a conclu que la consommation de charcuteries était liée au cancer du côlon, avec un facteur de certitude très élevé, en se basant sur des corrélations observées lors d'études épidémiologiques.

Un nombre considérable d'études dont trois méta-analyses d'études cas témoins, ont présenté le cancer colorectal comme étant le principal type de cancer associé à une consommation élevée de viande. Ces études ont montré qu'une augmentation de 12 à 17%

du risque de cancer colorectal est associée à une augmentation journalière de 100 g de la consommation totale de viande, et qu'une augmentation de 49% du risque de cancer colorectal est associée à une augmentation journalière de 25 g de la consommation de viande transformée. Des conclusions similaires ont été tirées par Norat et al. et par Larsson et Wolk.

En France, le nombre estimé de nouveaux cas de cancer colorectal en 2005 est de 37 413, répartis en 19 913 cas chez l'homme et 17 500 cas chez la femme. Il se situe au 3ème rang des cancers, après ceux de la prostate et du sein. Il représente 53,8% des cas de cancers digestifs chez l'homme et 68,5 % chez la femme.

En Afrique, certaines études, le plus souvent rétrospectives, ont évalué la fréquence des cancers colorectaux (CCR) à 19% des cancers du tube digestif, occupant la deuxième place après ceux de l'estomac.

A l'INRA de Toulouse, des chercheurs ont montré pour la première fois dans un modèle animal, que la consommation de viandes transformées, modélisant des charcuteries, est directement responsable d'une augmentation des lésions pré-tumorales au niveau du côlon. Les charcuteries modèles en cause sont celles qui ont subi plusieurs processus de transformation (ajout de nitrites et cuisson), et qui sont oxydées et riches en hème. L'incidence des cancers colorectaux et d'autres cancers dans certains pays est indiquée dans le Tableau 0-1.

#### ❖ **Cancer du sein:**

Le cancer du sein peut survenir aussi bien chez les femmes que chez les hommes, et il se forme dans divers tissus des seins. De multiples facteurs ont été associés à un risque accru de développer un cancer du sein, notamment les antécédents familiaux, les mutations génétiques héritées mutations génétiques héréditaires, l'exposition aux hormones, un indice de masse corporelle élevé et la sédentarité.

Les données relatives à la consommation de viande et à l'incidence du cancer du sein montrent que les pays à forte consommation de viande ont un taux plus élevé de cancer du sein que les pays qui consomment peu ou pas de viande, ce qui suggère que la consommation de viande est un facteur de risque potentiel.

viande est un facteur de risque potentiel. Cependant, Lowe et al. (2009) ont conclu que qu'il n'y a pas de corrélation alimentaire entre la consommation de viande rouge et transformée et le risque de cancer du sein.

Bien que certaines études épidémiologiques aient montré que manger de la viande peut augmenter le risque de cancer du sein en raison de l'apport en graisses chimiques formés lors de la cuisson ou de la teneur en hormones (Ganmaa et Sato, 2005 ; Zheng et al. et al. 1998), d'autres études n'ont pas établi de relation entre la consommation de viande et le cancer du sein (Missmer et al., 2005). Par conséquent, la plupart des recommandations alimentaires se sont concentrées sur la réduction du risque de cancer du sein.

#### ❖ Autres types de cancers:

Des études épidémiologiques supportent majoritairement l'existence d'une association positive entre l'ingestion de nitrates/nitrites ou de nitrosamines et le risque de cancer gastrique.

Face au risque de toxicité des nitrates, des nitrites et de leurs dérivés (CNO), des réglementations ont été adoptées pour gérer leur utilisation dans les produits à base de viande<sup>[10]</sup>.

<b>Organes Pays</b>	<b>Œsophage</b>	<b>Estomac</b>	<b>colon Rectum Et anus</b>	<b>Foie</b>	<b>Poumon</b>	<b>thyroïde</b>	<b>cerveau</b>
<b>Burkina Faso</b>	2,21	1,72	2,46	1,22	4,42	2,21	0
<b>Cote d'Ivoire</b>	0,51	3,04	3,04	8,52	81,62	1,01	1,12
<b>Mali</b>	1,63	14,09	3,57	23,18	6,33	0,56	0,10
<b>Niger</b>	0,91	1,83	4,63	12,40	3,59	1,04	0,52
<b>Sénégal</b>	0,26	3,33	2,42	26,15	2,80	1	2,75

Tableau II 2 incidence de quelque cancer dans certain pays de l'UEMOA



## **I.6 Conclusion**

Globalement, il est actuellement impossible de conclure sur le risque de cancer dû à la consommation de viande nitrités. Les données épidémiologiques actuelles sont trop limitées, autant à cause du nombre restreint d'études que de leurs limites sur le plan méthodologique

***Chapitre 03 : Le nitrite  
dans les produits alimentaire***

## **I.1 Introduction**

Les nitrates (ou nitrites) sont des substances chimiques naturelles qui se trouvent dans le sol, l'air et l'eau. Les nitrates sont également utilisés comme additifs alimentaires pour arrêter la croissance des bactéries et pour rehausser la saveur et la couleur des aliments <sup>[11]</sup>.

## I.2 Quels aliments contiennent des nitrites :

De plus, n retrouve les nitrites naturels dans divers légumes : Le radis, la betterave, l'épinard, la laitue, la blette, la mâche, le céleri, le navet, la carotte, le petit pois et le haricot vert.

Le taux de ces nitrites dans ces aliments est très faible. Mais les nitrites ajoutés sont présents aussi dans d'autres produits comme les produits de viande en conserve, le foie gras, le bacon ou bien les produits de salaison. Ils peuvent être ajoutés aux charcuteries, en additifs alimentaires, avec une dose maximale de 150 mg par kilo.

D'ailleurs, au contact de ces composés chimiques, la durée de conservation de vos charcuteries va augmenter, certains de ces composants se transforment en nitrosamine, ce qui développe le risque de cancer chez l'humain<sup>[11]</sup>.

## I.3 La viande :

Le nitrite dans la viande retarde considérablement le développement de la toxine botulique (botulisme), développe la saveur et la couleur de la viande séchée, retarde le développement du rancissement et des mauvaises odeurs et saveurs pendant le stockage, inhibe le développement de la saveur réchauffée et préserve les saveurs des épices, de la fumée, etc.

L'ajout de nitrite à la viande n'est qu'une partie du processus de durcissement. Du sel de table ordinaire (chlorure de sodium) est ajouté en raison de son effet sur la saveur. Du sucre est ajouté pour réduire la dureté du sel. Des épices et autres arômes sont souvent ajoutés pour obtenir une saveur caractéristique de « marque ». La plupart des produits à base de viande salée, mais pas tous, sont fumés après le processus de salaison pour conférer une saveur de viande fumée.

Le nitrite de sodium, plutôt que le nitrate de sodium, est le plus couramment utilisé pour le séchage (bien que dans certains produits, tels que le jambon de pays, le nitrate de sodium soit utilisé en raison de la longue période de vieillissement). Dans une série de réactions normales, le nitrite est converti en oxyde nitrique. L'oxyde nitrique se combine avec la myoglobine, le pigment responsable de la couleur rouge naturelle de la viande crue. Ils forment de la myoglobine d'oxyde nitrique, qui est d'une couleur rouge foncé (comme dans les saucisses sèches non cuites) qui change en le rose vif caractéristique normalement

associé à la viande séchée et fumée (comme les saucisses et le jambon) lorsqu'elle est chauffée pendant le processus de fumage.

Autrefois une tradition consacrée par l'usage pour assurer que le cochon tué perdure à travers les temps maigres, le processus de conservation a évolué en une industrie sujette à la controverse, particulièrement en ce qui concerne l'ajout de nitrates et nitrites.

Les nitrates de sodium ou potassium, soit sous forme produite chimiquement ou minée (salpêtre), ont été ajoutés aux viandes salaisonées pendant des siècles pour :

- Prévenir la croissance des bactéries.
- Minimiser l'oxydation des lipides (gras).
- Ajouter une saveur saumurée distinctive.
- Donner à la viande une couleur rosée.

Ça semble être un scénario assez simple, mais les réactions sont si complexes que les scientifiques ont étudié pendant des années pour en quantifier la chimie. En termes plus simples, les nitrates ajoutés au bacon, à la mortadelle ou au jambon réagissent avec certaines bactéries présentes dans la viande et sont réduits en nitrites. Dans les années 1800, il fut découvert que les nitrites étaient les vrais agents adjuvants de salaison et, à partir de ce point, les producteurs ont utilisé des nitrites produits industriellement pour contrôler plus facilement et accélérer le processus de saumurage.

À la fin des années 1960, les scientifiques ont découvert qu'au cours de ces réactions chimiques, les nitrites n'étaient pas tous au travail.

Les nitrites en reste pouvaient, sous certaines conditions, réagir dans l'estomac pour former des nitrosamines carcinogènes. Les pratiques de transformation et les réglementations gouvernementales sur les nitrites ont rapidement évolué pour minimiser la quantité de nitrites utilisés. Les inquiétudes des consommateurs et des scientifiques perdurent.

Les transformateurs de produits biologiques et naturels ont cherché des solutions de rechange aux nitrites conventionnels. La réponse s'est manifestée sous la forme de légumes. Les légumes sont d'excellentes sources de nitrites. De fortes concentrations se trouvent dans le céleri, la laitue, les épinards et les betteraves. Une poudre ou un jus de ces légumes peuvent être fermentés avec une culture bactérienne réductrice de nitrate. Les

nitrites qui en résultent accomplissent les mêmes tâches que leurs cousins industriels. Vraiment?

Tel que décrit ci-dessus, les réactions des nitrates conventionnels avec les composés de la viande sont complexes. Ces réactions, qui impliquent des nitrates issus de plantes, sont même plus difficiles à quantifier. Les scientifiques de l'alimentation continuent de chercher les conditions optimales de fermentation pour assurer une formation adéquate de nitrites. À cet égard, les résultats de l'industrie sont souvent variables. Pour les produits de salaison biologiques ou « naturels », la durée de conservation, la couleur et le goût sont souvent inconsistants d'un lot à l'autre.

Ces divergences soulèvent des préoccupations en matière de sécurité. Dans les viandes saumurées avec des nitrates naturels, il est impossible de mesurer la quantité actuelle de nitrites formés quand ils réagissent avec la viande. Le taux de nitrates résiduels est souvent beaucoup moins élevé que celui des produits conventionnellement saumurés. Les scientifiques se demandent donc si les taux de nitrites sont suffisamment élevés pour inhiber la croissance des bactéries potentiellement létales.

D'autre part, certaines études ont révélé que si la poudre de céleri est fermentée pour une période prolongée, il peut en résulter des résidus de nitrites en excès. Comme mentionné précédemment, des nitrites en excès peuvent engendrer la formation de nitrosamines entraînant de possibles effets secondaires carcinogènes.

Il est clair qu'avec le rythme de vie accéléré de notre société, les aliments prêts-à-servir tels que les charcuteries ne disparaîtront pas de sitôt. Il est aussi évident, d'après la demande croissante pour les aliments biologiques transformés, que les gens aiment que le prêt-à-servir soit un produit sain et durable. Sachant cela, les chercheurs de l'Université Laval et d'Agriculture et Agroalimentaire Canada qui participent à la Grappe scientifique biologique du Canada travaillent fort pour développer une viande naturellement saumurée qui répond à la demande des consommateurs.

Pendant trois ans, les chercheurs et scientifiques impliqués dans ce projet tenteront de développer un adjuvant de salaison de source naturelle dans lequel chaque ingrédient est responsable d'un seul aspect du saumurage – soient particulièrement la couleur attirante et le goût familier des viandes saumurées. Ils visent aussi à créer un produit qui éliminera

efficacement les agents pathogènes et la formation de nitrosamines. Le résultat pour nous, consommateurs, sera de pouvoir s'asseoir et manger des sandwiches<sup>[12]</sup>.

#### **I.4 Le jambon :**

Le jambon ce n'est pas forcément rose, Le jambon cuit fabriqué sans nitrites (cet additif est aussi appelé aussi « sel de nitrite », « nitrate de sodium » OU E250 dans la liste des ingrédients) est de couleur plus pâle et plus grise<sup>[13]</sup>.

Le nitrite de sodium c'est pas nécessaire à la fabrication du jambon, L'additif réduit le temps de fabrication du jambon et lui donne une couleur rose. Pour défendre sa présence, les industriels brandissent un argument sanitaire, et affirment qu'il agit comme un conservateur et qu'il est nécessaire pour éliminer des éléments pathogènes comme le botulisme, la listériose ou la salmonellose. Or le journaliste Guillaume Coudray, dans une passionnante enquête sur le sujet, parue en septembre dernier (Cochonneries, Comment la charcuterie est devenue un poison, éditions La Découverte) démontre qu'il n'en est rien. Le nitrate de sodium sert à donner une couleur considérée comme plus attractive à la viande et à accélérer le processus de fabrication et rien d'autre.

Les jambons sans nitrites sont plus longs à préparer et ce temps supplémentaire a des conséquences sur le coût de fabrication pour le producteur et donc sur le prix final pour le consommateur<sup>[15]</sup>.

#### **I.5 Nitrates et nitrites dans les produits de charcuteries, de salaison et les conserve de viande (PCSCV) :**

Nitrates et nitrites dans les produits de charcuteries, de salaison et les conserve de viande (PCSCV) :

##### **I.5.1 Définitions**

Les produits de charcuterie, de salaison et les conserves de viande entrent dans la définition générale des produits à base de viande. Ils sont consommés en l'état, éventuellement après cuisson ou réchauffage, ou entrent dans la garniture des plats cuisinés  
[10].

**I.5.1.1 .Produits à base de viande :**

Selon les articles, les produits à base de viande sont des produits qui ont été élaborés à partir ou avec de la viande qui a subi un traitement en vue d'assurer une certaine conservation, de sorte que la surface découpée montre que le produit ne présente plus les caractéristiques de la viande fraîche.

**I.5.1.2 Produits de charcuterie :**

Les produits de charcuterie sont un ensemble de préparations réalisées à partir de la viande additionnée de graisses, d'aromates, d'épices, traités ou non aux nitrites et/ou aux nitrates et ayant subi ou non une cuisson.

Parmi les produits de charcuterie, on distingue entre autres, les charcuteries crues (saucisses fumées, salami, saucissons, etc.), les charcuteries échaudées (saucisse de Lyon, saucisse de Francfort, saucisse blanche, mortadelle, salami cuit, pâtés, etc.) et les charcuteries à chair cuite (boudin, saucisse à tartiner au foie de veau, terrines, mousses, pâtés, rilette, etc.)

**I.5.1.3 Produits de salaison :**

Les produits de salaison désignent tous les produits de charcuterie traités au sel, et aux nitrates et/ou nitrites. Selon le type de salaison, on distingue les produits de salaison crus (lard cru, jambon cru, Coppa, etc.) et les produits de salaison cuits (jambon cuit, rippli, kasseler, etc.).

**I.5.1.4 Conserves de viande :**

Une conserve de viande est une viande stérilisée et conservée dans un bocal ou une boîte en fer blanc. La caractéristique de cette catégorie de produits à base de viande est qu'elle est contenue exclusivement (à l'exception du sel, de l'assaisonnement et des additifs) du maigre et de gras de viande (bœuf, volailles,..). Le « Cornée de bœuf » est un exemple de conserve de viande.

**I.6 Techniques d'utilisation des nitrates et nitrites dans les PCSCV :**

Les nitrates et nitrites sont utilisés pour la salaison des PCSCV. La salaison se définit comme tout traitement des denrées alimentaires par un mélange de nitrate et/ou de nitrite, de chlorure de sodium (Na Cl), de sucre ou d'épices. Il existe différents types de salaison.



### I.6.1 Types de salaison :

Les différents types de salaison selon la nature et la technologie du produit fabriqué sont :

- La salaison nitratée ou salaison au salpêtre.
- La salaison nitritée.
- La salaison mixte.
- La salaison avec un mélange de sel nitrité et d'antioxydant.

#### I.6.1.1 Salaison nitratée ou salaison au salpêtre :

La salaison nitratée est la salaison à partir du sel de cuisine et du nitrate de sodium ou du nitrate de potassium.

Depuis longtemps, le salpêtre (nitrate de sodium ou de potassium) a été utilisé pour la salaison. Pour Hoagland (1910, 1914) cité par Honikel (2008) <sup>[30]</sup>.

Le nitrate est transformé en nitrite par les nitrates réductases bactériennes sous l'action de valeurs de pH plutôt élevées et ensuite en monoxyde d'azote et en nitrate par des processus acido-dépendants. La vitesse de transformation dépend de la quantité de salpêtre ajoutée à la saumure, de la combinaison de l'acide nitreux libérée avec la myoglobine du muscle ou à son élimination par décomposition chimique ou biochimique (dégagement de NO). Le salpêtre est généralement utilisé pour la salaison des charcuteries crues à longue maturation et pour les produits de salaison crus.

#### I.6.1.2 Salaison nitritée :

Elle est, actuellement pratiquée pour tous les produits qui sont rapidement fabriqués et rapidement vendus, La salaison nitritée est la salaison à partir du sel de cuisine et du nitrite de plus 0,6% de sodium ou du nitrite de potassium.

La salaison nitritée est le type de salaison le plus simple pour assurer d'emblée l'ensemble des fonctions technologiques souhaitées avec des apports d'importance variable selon que l'on recherche seulement la fonction couleur ou les fonctions couleur et arôme ou encore au-delà de 80 à 100mg/kg (dose d'emploi), la fonction antimicrobienne.

Ce type de salaison est généralement utilisé pour la salaison de charcuteries crues à maturation courte, de charcuteries échaudées (sans les saucisses blanches), des charcuteries à chair cuite, des produits de salaison cuits et d'autres produits carnés.

### **I.6.1.3 Salaison mixte :**

La salaison mixte consiste à l'adjonction à la fois du nitrate et du nitrite dans un même produit. Le nitrite permet d'amorcer les processus de développement de la couleur du produit, tout en laissant le soin aux bactéries de se multiplier. Les bactéries assureront par la suite la transformation du nitrate présent dans le produit en nitrite, et parallèlement la transformation du nitrite en oxyde d'azote qui pourra se combiner à la myoglobine du muscle.

La salaison mixte est utilisée pour la fabrication de produits assez peu cuits et commercialisés en tranches et présentant une grande surface d'échange au contact de la lumière et, par conséquent, un risque de décoloration.

### **I.6.1.4 Salaison avec un mélange de sel nitrité et d'antioxydant :**

Les antioxydants sont des composés puissamment réducteurs qui vont permettre de stabiliser et de freiner les réactions d'oxydation liées à la présence d'eau libre, à la force ionique du milieu et à la composition des produits <sup>[11]</sup>. Les antioxydants les plus utilisés sont l'acide ascorbique et l'acide érythorbique, respectivement sous forme d'ascorbate de sodium et érythorbate de sodium <sup>[10]</sup>.

En présence de nitrite, l'acide ascorbique et l'acide érythorbique favorisent la formation d'oxyde d'azote et la formation de pigment nitrosé. En outre, leur action permet de réduire la teneur en nitrite résiduel dans les produits de salaison <sup>[7]</sup>, diminuant ainsi la possibilité de formation des nitrosamines. En raison des différentes propriétés de l'ascorbate (acide ascorbique) et de l'érythorbate (acide érythorbique), leur adjonction s'avère nécessaire aussi bien lors de l'utilisation de salpêtre que de sel nitrité pour saumure, soit sous sa forme pure, soit en tant qu'additif naturel.

Les différents types de salaison précédemment cités sont effectués selon deux techniques<sup>[10]</sup>.

### **I.6.2 Techniques de salaison:**

Deux techniques de salaison sont employées :

- La salaison à sec.
- Le saumurage.

**I.6.2.1 Salaison à sec:**

La salaison à sec est la technique la plus anciennement utilisée pour les produits cuits. Elle consiste à frotter les morceaux de viande avec un mélange de sel de cuisine et de salpêtre ou de sel nitrité, associé à un mélange d'épices (Figure III-1). Les morceaux de viande sont entassés 2 à 5 semaines à une température de 5°C dans des bacs. L'eau libre qui s'écoule de la viande est régulièrement enlevée. Il est nécessaire de saler plus d'une fois (Figure III-2). Après environ 4 à 8 semaines, la viande est relativement sèche et se conserve longtemps.



*Figure III 1 Ajout du sel nitrite à la viande*



*Figure III 2 Salaison dans un bac*

**I.6.2.2 Saumurage:**

Le saumurage est une technique qui consiste à conserver une denrée alimentaire dans une saumure. La saumure est une préparation aqueuse contenant en plus du sel, des ingrédients tels que les nitrates et/ou les nitrites, le sucre, des phosphates, des antioxydants.

La conservation de la viande par le saumurage peut s'effectuer selon deux procédés :

le saumurage par injection : la saumure est injectée automatiquement ou manuellement au moyen d'injecteur dans les morceaux de viande (Figures III-3 et III-4) ;

le saumurage par trempage : les morceaux de viande sont immergés dans une saumure où ils restent plus ou moins longtemps.



*Figure III 3 Injection automatique de la saumure*



*Figure III 4 Injection manuelle de la saumure*

### **I.7 Pourquoi en utilise le nitrite :**

Les nitrites jouent un rôle essentiel dans l'industrie chimique pour des raisons technologique et sanitaire.

#### **▪ Conservateur :**

La combinaison de nitrite et le sel de nitrite de la viande transformée est largement utiliser dans la production de viande transformée. L'un des avantages de cet ajout consommé de la viande transformée en toute sécurité en prévenant les agents pathogènes alimentaires.

Ils empêchent le développement de bactérie responsable du botulisme et de la salmonellose ainsi que prévenir la croissance de microbes de la corruption.

Il agit pour retarder le développement de l'arsenic.

#### **▪ la couleur :**

Le principal pigment responsable de la coloration est la myoglobine, et cette couleur dépend sur la quantité de myoglobine et son état chimique.

La couleur rouge de la viande transformée est due au complexe de nitrosylyglobine qui forme la réaction du fer dans la myoglobine avec l'oxyde nitrique résultant des nitrites.

L'intensité de la couleur des viandes transformées avec une concentration d'oxyde nitrique lié à la myoglobine et non sur la concentration de nitrite ajoutée et la couleur résultante varient selon le type de protéines et le pourcentage de fer qu'elles contiennent. Le nitrite agit comme un réservoir d'oxyde nitrique saturé afin de stabiliser la couleur<sup>[16]</sup>.



Les produits à base de viande traités ou non avec les nitrates et nitrites ne présentent pas la même couleur.

L'action des nitrates et des nitrites sur la coloration des viandes aboutit à la formation d'une combinaison stable de l'oxyde azotique avec la myoglobine. Cette action se déroule en différentes étapes.

- **Conserver la saveur :**

L'oxydation de lipides contribue de manière significative à la détérioration de la saveur de la viande L'oxydation des corps gras, composés primaire insipides, tels que les hydroperoxydes, qui forment des composés secondaires de lors de leur dissolution tels que les aldéhydes qui sont considérés responsable spéciale WOF et MFD.

Les nitrites Fournir une viande salée avec une saveur distinctive, et donner un gout particulier.

### **I.8 Le risque de nitrite et l'homme :**

D'après les conclusions du Centre international de recherche sur le cancer, les nitrites sont "probablement cancérigènes" dans des conditions engendrant certaines transformations à l'intérieur du tube digestif.

Car le problème avec l'ingestion de nitrites, c'est la formation de composés dits "N-nitrosés". Qu'est-ce que c'est? D'une part, lors de la digestion d'une tranche de charcuterie, les nitrites interagissent avec des acides aminés. Des nitrosamines se forment alors: il s'agit de composés N-nitrosés liés à un risque de cancer du côlon.

D'autre part, comme l'explique Fabrice Pierre, chercheur dans le laboratoire Toxalim à l'Inra Toulouse, lorsque l'on consomme de la charcuterie, "une interaction entre le fer dit héminique -contenu dans la viande- et les nitrites forme un composé appelé fer nitrosylé. Il apparaît donc pendant la digestion, mais il est aussi déjà présent dans la charcuterie. Or ce fer nitrosylé est associé à un effet promoteur du cancer du côlon". Voilà donc un autre composé N-nitrosé ennuyeux pour la santé.

Notons bien, cependant, que d'autres réactions liées à la consommation de charcuterie sont associés au risque de cancer, comme l'oxydation des lipides par le fer.

### **I.9 Les solutions:**

Produits à base de viande « séchée alternativement » malgré la sécurité du nitrite, les transformateurs de viande et de volaille reconnaissent que certains consommateurs préfèrent les viandes séchées à l'aide de nitrate naturel et les sources de nitrite comme la poudre de céleri<sup>[29]</sup>.

Alors que les transformateurs de viande pensent que ces produits devraient être appelés « salés » car ils sont guéris par la présence d'ingrédients comme le céleri poudre.

En prépare de jambon sans nitrite.

Mieux vaut suivre la recommandation de l'Anses et se contenter de 25 g de charcuterie par jour (il s'agit d'une moyenne et il est possible d'en manger davantage à la fois mais seulement une ou deux fois par semaine). Les fabricants de charcuteries se sont engagés dans des démarches visant à modérer l'utilisation des nitrites. Le code français des usages de la charcuterie (qui concerne aussi bien la charcuterie artisanale que la charcuterie industrielle) préconise de ne pas dépasser la dose de 120 mg par kilo d'aliment au lieu des 150 mg autorisés par la réglementation européenne.

Certains industriels s'efforcent même de s'en tenir à 80 mg. Plusieurs marques commercialisent depuis quelques mois des charcuteries, jambons, tranches de dinde, lardons..., sans nitrites ajoutés, dont la durée de conservation est plus courte. Néanmoins, les jambons sont plongés dans un bouillon de légumes naturellement riches en nitrates (betterave, céleri, blette, carotte), qui se transforment en nitrites au cours de la cuisson : l'apport est donc réduit mais pas nul. Certains artisans fabriquent du jambon cuit totalement sans nitrites, qui se reconnaît à sa couleur grisâtre et doit être consommé dans les 24 heures.

Les fabricants de jambon de Parme ou d'Aoste (des jambons secs), n'utilisent pas non plus de nitrites, mais compensent par une forte quantité de sel (jusqu'à 3 g de sel pour 2 tranches de jambon, tandis qu'il ne faut pas en consommer plus de 6 g par jour) de façon à ce que leurs produits se conservent correctement.

Un bon apport d'antioxydants, en particulier de vitamine C, permet de limiter la formation dans l'organisme de nitrosamines ou de fer nitrosylé<sup>[14]</sup>.



**I.10 Conclusion:**

Les nitrates sont naturellement présents dans certains légumes, certains produits laitiers et certaines viandes. Il n'y a pas de recommandation quant à la quantité de légumes consommés qui contiennent naturellement des nitrates. Des nitrates sont également ajoutés dans les viandes transformées comme agents de conservation. De nombreuses études indiquent qu'une alimentation riche en viandes transformées augmente le risque de cancer du côlon. Toutefois, il n'a pas encore été établi clairement si ce sont les nitrates qui en sont la cause ou d'autres composés présents dans les viandes transformées. Pour réduire le risque de développer un cancer du côlon, c'est une bonne idée de manger très peu de viandes transformées ou de les éviter complètement<sup>[11]</sup>.

***Chapitre04 : Les analyses de  
nitrite***

## I.1 Introduction

Le nitrate et le nitrite sont utilisés depuis des siècles dans la salaison de la viande où ils jouent un rôle important en tant qu'additifs alimentaires (Cammack et al. 1999 ,Weiss, Gibis, Schuh et Salminen, 2010)<sup>[31]</sup>, et son efficacité est bien documentée , cependant, la sécurité de leur utilisation a été contestée en raison d'aspects toxicologiques. Le nitrate est relativement non toxique (IDA 3,7 mg kg<sup>-1</sup> pc<sup>-1</sup>) mais il peut être réduit en nitrite, qui à des niveaux élevés peut être toxique et même mortel (IDA 0,06 mg kg<sup>-1</sup> pc<sup>-1</sup>) (Santamaria, 2006)<sup>[32]</sup>.

Le principal effet toxique du nitrite est l'oxydation de l'hémoglobine en méthémoglobine, un composé incapable de transporter l'oxygène dans le sang, conduisant à une affection connue sous le nom de méthémoglobinémie, particulièrement dangereuse chez les nouveau-nés (Cammack et al., 1999 , Santamaria, 2006)<sup>[33]</sup>. , 2010, Hsu, Arcot et Alice Lee, 2009, Sindelar et Milkowski, 2012)<sup>[34]</sup>.

Récemment, de l'OMS a classé la consommation de viande transformée comme cancérogène pour l'homme (groupe 1), sur la base de preuves suffisantes chez l'homme que la consommation de viande transformée provoque le cancer colorectal. Les experts ont conclu que chaque portion de 50 g de viande transformée consommée quotidiennement augmente le risque de cancer colorectal de 18 % (CIRC, 2015).Ce qui précède- Les N-nitrosamines citées sont l'une des raisons de la cancérogénicité de ces viandes transformées.

Établit les niveaux de nitrate dans les produits non chauffés à 150 mg kg<sup>-1</sup>, mais dans certains produits, des valeurs plus élevées sont autorisées (par exemple, bacon et jambon 250 mg kg<sup>-1</sup>), et le nitrite est limité à 150 mgkg<sup>-1</sup> à quelques exceptions près, jambon sec 100 mg kg<sup>-1</sup>, bacon du Wiltshire 175 mg kg<sup>-1</sup>) (Comission, 2006)<sup>[36]</sup>. Le ministère brésilien de l'Agriculture et de l'Élevage (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, acronyme portugais MAPA)<sup>[37]</sup> détermine que les niveaux maximaux admissibles de nitrate et de nitrite dans les produits carnés brésiliens sont respectivement de 300 mg kg<sup>-1</sup> et 150 mg kg<sup>-1</sup> (Brasil, 2006)<sup>[38]</sup>. Sur la base de la législation du MERCOSUL, le MAPA a également établi que lorsque le nitrate et le nitrite sont utilisés simultanément dans la salaison de la viande, les résultats doivent être exprimés en nitrite résiduel et la valeur maximale admissible est de 150 mg kg<sup>-1</sup> (Brasil, 2009).

La détermination des nitrates et des nitrites dans les produits carnés fait partie de l'analyse de routine des produits carnés pour le contrôle qualité, et les procédures les plus courantes sont les méthodes officielles AOAC et ISO. Ces deux méthodes sont basées sur la réaction de Griess, mais dans la méthode ISO, Carrez I (ferrocyanure de potassium) et Carrez II (acétate de zinc) sont utilisés pour la déprotéinisation (AOAC, 2005 ; ISO, 1975a, 1975b).

Les méthodes officielles AOAC et ISO mentionnées ci-dessus présentent de nombreuses caractéristiques, qui ne sont pas souhaitables compte tenu du grand nombre d'échantillons associés aux analyses de routine, et notamment en ce qui concerne l'étape de préparation des échantillons. Cette étape est laborieuse et chronophage (un seul analyte étant déterminé à la fois), le cadmium est utilisé dans la réduction des nitrates et une grande quantité de réactifs et de fournitures de laboratoire sont nécessaires (générant de grandes quantités de résidus) (Öztekin, Nutku, & Erim, 2002; Rincón, Martínez, & Delgado, 2003, Rincón, Martínez, Pérez-Olmos, & Berzosa, 2008; Ruiz-Capillas, AllerGuiote, & Jimenez-Colmenero, 2007)<sup>[39]</sup>.

Bien que les méthodes spectroscopiques soient de loin les plus largement utilisées pour la détermination des nitrates et des nitrites dans les produits alimentaires, d'autres méthodes basées sur des techniques analytiques ont été rapportées dans la littérature (Chetty & Prasad, 2009 , Öztekin et al., 2002 , Santos, Lima, Tanaka, Tanaka, & Kubota, 2009)<sup>[40]</sup> Au cours des cinq dernières années, seules quelques méthodes ont été publiées, notamment la chromatographie ionique (Lopez-Moreno, Perez, & Urbano, 2016)<sup>[41]</sup> et l'électrophorèse capillaire (CE) (Della Betta, Vitali, Fett, & Costa, 2014, Kalaycıoğlu & Erim, 2016, Pereira, Petrucci et Cardoso, 2012)<sup>[42]</sup>. Cependant, la plupart de ces méthodes analytiques sont également associées à certaines des caractéristiques indésirables des méthodes officielles mentionnées ci-dessus.

Della Betta et al. (2014)<sup>[43]</sup> ont développé et validé une méthode d'électrophorèse en zone capillaire sub-minute pour la détermination du nitrate et du nitrite. Avec la méthode proposée, il a été possible de séparer les analytes en moins de 30 s avec une simple étape de préparation de l'échantillon. Lorsqu'elle est appliquée à des échantillons d'aliments pour bébés, cette méthode a fourni un débit d'analyse élevé, une caractéristique requise pour les analyses de laboratoire de routine, vérifiant le potentiel de la méthode pour une application à d'autres matrices d'échantillons.

Compte tenu de l'importance de déterminer les niveaux de nitrate et de nitrite dans les produits carnés, le but de cet article était d'optimiser et de valider une méthode CZE (cette méthode est utilisée en recherche pour mesurer la mobilité électrophorétique et pour vérifier la pureté des protéines) pour déterminer les nitrates et les nitrites dans les produits carnés. De plus, développer une procédure de préparation d'échantillons à faible coût qui nécessite une quantité minimale de matériaux, génère de faibles quantités de résidus et offre un débit élevé<sup>[17]</sup>.

## I.2 Matériel et méthodes:

### I.2.1 Réactifs et solutions:

Toutes les solutions ont été préparées en utilisant des réactifs de qualité analytique et de l'eau déminéralisée (Milli-Q, Millipore, Bedford, MA, USA). L'acide perchlorique (70 %), la  $\beta$ -alanine, le nitrate de sodium, le nitrite de sodium, le thiocyanate de potassium, l'oxalate de sodium, le bromate de potassium, le bromure de potassium et le tétraborate de sodium décahydraté (pureté N 99 %) ont été achetés auprès de Sigma Aldrich (St. Louis, CO, USA) et de sodium hydroxyde de Vetec (Rio de Janeiro, Brésil). Des solutions étalons ( $1000 \text{ mg L}^{-1}$ ) de nitrate, nitrite et thiocyanate et des solutions mères ( $100 \text{ mmol L}^{-1}$ ) d'acide perchlorique et de  $\beta$ -alanine ont été préparées et conservées à  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  jusqu'à l'analyse puis diluées pour obtenir le résultat de travail. Niveaux de concentration<sup>[18]</sup>.

### I.2.2 Instrumental:

L'analyse a été réalisée dans un système d'électrophorèse capillaire (Agilent Technologies, modèle 7100, Palo Alto, CA, USA) équipé d'un détecteur à barrette de diodes, d'un dispositif de contrôle de température (maintenu à  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ) et d'un logiciel d'acquisition et de traitement des données fourni par le fabricant (HP ChemStation).

Avant la première analyse, le capillaire a été rincé séquentiellement avec  $1,0 \text{ mol L}^{-1}$  de NaOH (30 min) et de l'eau (30 min). Entre les analyses, le capillaire a été rincé pendant 1,0 min avec du BGE. Au début de chaque jour, le capillaire a été conditionné par un rinçage avec  $1 \text{ mol L}^{-1}$  de NaOH (15 min) suivi par un rinçage de 15 min avec de l'eau déminéralisée et une solution d'électrolyte (15 min). Entre les passages, le capillaire a été rincé pendant 1,0 min avec du BGE. A la fin de chaque journée de travail, le capillaire a été rincé avec  $1 \text{ mol L}^{-1}$  de NaOH (10 min) et de l'eau déminéralisée (10 min).

La méthode CZE a été adaptée de Della Betta et al. (2014) et les séparations ont été réalisées dans un capillaire en silice fondue non revêtu de  $48,5 \text{ cm}$  ( $8,5 \text{ cm}$  de longueur effective  $\times 75 \text{ m}$  de D.I.  $\times 375 \text{ m}$  de D.E.) acheté auprès de Polymicro Technologies (Phoenix, AZ, EUA.). Une détection UV directe réglée à  $210 \text{ nm}$  a été utilisée et la température a été maintenue à  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ . Les étalons et les échantillons ont été introduits dans le capillaire en utilisant la procédure d'injection courte avec une pression hydrodynamique de  $50 \text{ mbar}$  pendant  $4 \text{ s}$ . La tension de séparation appliquée était de  $-30 \text{ kV}$ , avec une

polarité négative côté injection. L'électrolyte de fond optimisé (BGE) utilisé dans la méthode proposée était composé de 20 mmol L<sup>-1</sup> d'acide perchlorique et de 65 mmol L<sup>-1</sup> de β-alanine à pH 3,83, le thiocyanate a été utilisé comme étalon interne (IS) et dilué pour obtenir une concentration finale de 6 mg L<sup>-1</sup>.

### I.2.3 Échantillons et préparation des échantillons :

Treize échantillons de différents produits carnés ont été obtenus dans un magasin local et conservés au réfrigérateur à 5 ± 2 °C jusqu'à l'analyse. Ces échantillons ont été séparés en cinq catégories : produits carnés frais (saucisse fraîche) ; produits à base de viande séchée (salami, coppa) , produits à base de viande transformés à chaud (saucisse à hot-dog, mortadelle, jambon), produits de viande crus salés (porc salé), et les produits carnés cuits-salés (côtes de porc, longe de porc).

Les échantillons de produits carnés ont été préalablement hachés et homogénéisés et 2 ± 0,1 g ont été pesés dans un tube en polyéthylène auquel ont été ajoutés 18 ml d'eau désionisée et 2 ml de tétraborate de sodium décahydraté (STB) 5%. Le tube a été scellé et agité dans un vortex pendant 1 min et l'extraction a été réalisée au bain-marie pendant 20 min à 65 ± 2 °C (en agitant occasionnellement). Après refroidissement à température ambiante, le volume a été filtré à travers un papier filtre Whatman (n° 1). Une aliquote de chaque échantillon a été collectée, diluée de manière appropriée avec de l'eau déminéralisée, diluée dans une proportion de 9:1 (v/v) avec I.S. pour donner une concentration finale de 6 mg L<sup>-1</sup> puis injectée dans le système CE. Tous les échantillons ont été préparés en trois réplicats indépendants dès que possible après leur acquisition et avant la date de péremption.

### I.2.4 Validation pour les produits carnés :

La méthode a été validée conformément aux lignes directrices d'Eurachem (EURACHEM, 1998)<sup>[45]</sup> et les paramètres suivants ont été évalués : adéquation du système, linéarité, effet de matrice, sélectivité, précision, exactitude, limite de détection, limite de quantification, robustesse et mesure d'incertitude.

#### I.2.4.1 Adéquation du système :

L'adéquation du système a été vérifiée en tenant compte de l'écart type relatif (RSD) de la moyenne obtenue à partir de 10 injections consécutives de la solution standard, pour

les paramètres suivants : aire de pic corrigée (aire (analyte) / aire (I.S.)) et temps de migration corrigé (temps (analyte) / temps (I.S.)).

#### I.2.4.2 Linéarité et effet de matrice :

Les plages linéaires des courbes d'étalonnage (1 à 12 mg L<sup>-1</sup> pour le nitrate et 0,5 à 6 mgL<sup>-1</sup> pour le nitrite) ont été établies en tenant compte des limites pour les analytes établies par l'agence de réglementation brésilienne.

Les courbes d'étalonnage ont été construites à partir d'étalons à sept niveaux de concentration également espacés, préparées chaque jour d'analyse en trois répétitions indépendantes et exécutées de manière aléatoire. Comme les échantillons à blanc n'étaient pas disponibles, les courbes d'étalonnage matriciel ont été obtenues en utilisant des ajouts d'étalons. La méthode des moindres carrés ordinaires (OLSM) a été choisie pour évaluer la linéarité des deux courbes d'étalonnage (solution standard et matrice) et après un ajustement exploratoire par régression linéaire, les parcelles résiduelles ont été examinées pour des motifs clairs et la présence de points discordants (valeurs aberrantes).

Après une identification visuelle, les valeurs aberrantes ont été évaluées en appliquant le test de Grubbs (Grubbs, 1969)<sup>[46]</sup> jusqu'à ce qu'aucune autre valeur aberrante ne soit détectée ou jusqu'à ce qu'il y ait une baisse de 22,2 % du nombre initial de résultats. Les régressions ont été évaluées pour une violation possible des hypothèses : normalité (Shapiro & Cochran, 1965)<sup>[47]</sup>, homoscedasticité (Cochran, 1941)<sup>[48]</sup> ; l'indépendance (Durbin & Watson, 1951)<sup>[49]</sup>, et l'absence de test fitinF (Snedecor & Cochran, 1989)<sup>[50]</sup>.

Pour évaluer l'effet de matrice, les produits carnés ont été divisés en cinq catégories et un produit de chaque catégorie a été choisi pour représenter l'ensemble du groupe (classification précédemment décrite à la section 2.3). L'effet matrice a été déterminé en comparant les pentes obtenues pour la solution étalon et les courbes d'étalonnage de la matrice en appliquant le Ftest et le t-test. Dans tous les tests statistiques, un niveau de confiance de 95 % a été pris en compte<sup>[19]</sup>.

#### I.2.4.3 Sélectivité :

La sélectivité de la méthode a été évaluée par des simulations dans le logiciel PeakMaster et confirmée par l'injection d'un mélange de solution étalon d'analyse, I.S. et l'interférent possible (bromate, bromure et oxalate). La sélectivité a été établie par la



résolution et la séparation de base des composés dans l'électrophérogramme expérimental résultant.

#### **I.2.4.4 Précision et exactitude:**

La répétabilité (précision intra-journalière) a été examinée en injectant du nitrate, du nitrite et de l'I.S. à trois niveaux de concentration en trois répétitions indépendantes le même jour. Les résultats ont été exprimés en % RSD pour les paramètres de temps de migration corrigé ( $t_m(\text{analyte})/t_m(\text{I.S.})$ ) et de surface de pic corrigée ( $\text{surface}(\text{analyte})/\text{surface}(\text{I.S.})$ ). La précision a été déterminée par la récupération apparente des échantillons enrichis à trois niveaux de concentration (faible, moyenne et élevée) en trois répétitions indépendantes.

#### **I.2.4.5 Limite de détection et de quantification :**

La limite de quantification (LOQ) a été considérée comme la concentration en dessous de laquelle la méthode ne pouvait pas fonctionner avec une précision acceptable (signal/bruit 10). La limite de détection (LOD) était la plus faible concentration de nitrate ou de nitrite détectable dans toutes les répliques, mais non quantifiée, c'est-à-dire non distinguable de zéro (signal/bruit 3). Ces limites ont été établies sur la base de la moyenne obtenue à partir de 3 répétitions indépendantes.

#### **I.2.4.6 Robustesse :**

La robustesse de la méthode CZE pour la quantification des nitrates et des nitrites a été évaluée par le test de Youden (Youden & Steiner, 1975) <sup>[44]</sup>. Sept paramètres analytiques ont été sélectionnés, et de petites variations ont été induites dans les valeurs nominales de la séparation de tension de la méthode (30 et 29 kV) :

- pH du BGE (3,83 et 3,75).
- température de la cartouche (25 et 26 °C).
- pression d'injection (50 et 48 mbar).
- longueur d'onde (210 et 212 nm).
- temps de rinçage entre les courses (60 et 50 s).
- le temps d'injection (4 et 5 s).

Huit passages ont ensuite été effectués pour déterminer l'influence de chaque paramètre sur le résultat final.

Pour chaque combinaison, trois injections d'une solution étalon ont été réalisées. Les résultats obtenus pour chaque combinaison étaient :

- Teneur en nitrate et nitrite ( $\text{mg L}^{-1}$ ).
- Aire de pic corrigée.
- Temps de migration corrigé.
- Pic de symétrie et de résolution ( $R_s$ ).

Pour déterminer l'influence des variations de chaque paramètre sur le résultat final, la moyenne des quatre valeurs correspondant aux conditions nominales a été comparée à la moyenne des quatre valeurs correspondant aux conditions modifiées.

#### **I.2.4.7 Mesure de l'incertitude :**

L'incertitude élargie ( $U$ ) de la détermination des nitrates et des nitrites a été calculée sur la base des lignes directrices d'Eurachem (Elisson, Rosslein et Williams, 2002), en considérant un facteur de couverture ( $k$ ) de 2 (Eq. 1). L'incertitude combinée ( $u_c$ ) a été déterminée en tenant compte des sources d'incertitude suivantes : courbes d'étalonnage ( $u_{cc}$ ), répétabilité ( $u_{rep}$ ), précision intermédiaire ( $u_{ip}$ ), récupération ( $u_{rec}$ ) et préparation des échantillons.

#### **I.2.4.8 Test de compétence :**

Un test d'aptitude a été organisé par l'Institut Adolfo Lutz (Instituto Adolfo Lutz, acronyme portugais IAL, Sao Paulo, Brésil) afin d'évaluer la capacité des participants à déterminer les niveaux de nitrate et de nitrite dans les produits carnés et de nombreux laboratoires brésiliens publics et privés ont participé à le test. Les échantillons de référence ont été préparés et l'homogénéité de l'échantillon a été certifiée par l'organisateur du test. L'échantillon analysé dans le test d'aptitude, une saucisse de style Lionês, a été préparé et analysé selon la méthode proposée dans cet article. Les résultats de l'analyse ont été transmis à l'organisateur du test et la variabilité entre les valeurs obtenues par les différents participants a été calculée pour évaluer les performances des laboratoires.

#### **I.2.5 Application de la méthode aux produits carnés :**

Après avoir confirmé l'aptitude à l'emploi, la méthode CZE et la procédure de préparation des échantillons ont été appliquées pour déterminer les niveaux de nitrate et de nitrite dans treize échantillons de produits carnés.

### I.3 Résultats et discussion :

#### I.3.1 CZE Méthode :

La méthode de séparation a été réalisée en optimisant la méthode précédemment décrite par Della Betta et al. (2014). Étant donné que le nitrite peut être présent à de faibles niveaux dans les échantillons de viande, pour augmenter la détectabilité de la méthode, le diamètre interne du capillaire a été augmenté de 50 à 75  $\mu\text{m}$  et le temps d'injection de 3 s à 4 s, ce qui a entraîné un gain de 2 fois le signal. Afin de minimiser le courant et l'effet Joule, la longueur du capillaire en silice fondue a été augmentée de 32 à 48,5 cm et ainsi le temps de rinçage entre les passages a été augmenté de 30 à 60 s pour garantir un nettoyage efficace.

En raison de la force ionique élevée des échantillons, pour augmenter la capacité tampon, assurer la stabilité pour plus d'analyses et augmenter l'efficacité maximale en raison de la différence du champ électrique entre la prise d'échantillon et le BGE, la concentration des composants BGE a été modifiée.

Cette modification a été réalisée grâce à des simulations dans le logiciel PeakMaster et les concentrations optimales ont été définies comme 20  $\text{mmol L}^{-1}$  d'acide perchlorique et 65  $\text{mmol L}^{-1}$  de  $\beta$ -alanine, ce qui a entraîné une augmentation de la capacité tampon de 17 à 33  $\text{mmol L}^{-1}$ . (Données non présentées).

Les autres paramètres instrumentaux n'ont pas été modifiés. Toutes les modifications apportées afin d'améliorer la méthode ont été mises en œuvre tout en conservant un temps d'analyse court et une bonne résolution. Le temps total d'analyse de la méthode, y compris le rinçage entre les analyses, la permutation des flacons, l'injection et la séparation n'étaient que de 2,35 minutes, ce qui permet d'analyser plus de 25 échantillons par heure, ce qui est souhaitable dans les laboratoires d'analyse de routine.

#### I.3.2 Validation pour les produits carnés :

La méthode proposée par Della Betta et al. (2014) a été validée utilisant une matrice d'aliments pour bébés, mais en raison des modifications apportées à la séparation méthode et l'application à une matrice différente, il a été nécessaire de réévaluer les paramètres de validation des échantillons de produits carnés<sup>[20]</sup>.

### I.3.2.1 Adéquation du système :

Les valeurs % RSD obtenues pour la précision instrumentale étaient de 0,11 et 0,08 pour le temps de migration corrigé et 0,39 et 0,54 pour le surface de pic corrigée pour le nitrate et le nitrite, respectivement. Ces faibles RSD les valeurs démontrent que le système instrumental est adapté à une utilisation dans les procédures d'analyse et de validation.

### I.3.2.2 Linéarité et effets matriciels :

Le profil des parcelles résiduelles n'a montré aucune tendance claire démontrant un écart par rapport à la linéarité ou à l'hétéroscédasticité. La confiance les intervalles pour les résidus suggéraient la présence d'éventuelles valeurs aberrantes, qui n'ont pas été confirmées par l'application du test de Grubbs. que les résidus sont normalement distribués a été confirmé en utilisant le Test de Shapiro-Wilk (Shapiro & Cochran, 1965). L'homoscédasticité a été confirmé avec le test de Cochran (Cochran, 1941) et l'indépendance des résidus en appliquant le test de Durbin-Watson (Durbin & Watson, 1951) et le manque d'ajustement n'était pas significatif ( $p < 0,05$ ). Toutes les hypothèses de régression ont été testées et confirmées, indiquant une linéarité dans ce gamme pour les nitrates et les nitrites sur les courbes d'étalonnage (matrice et solutions étalons).

L'effet de matrice a été évalué en comparant les pentes des deux courbes utilisant le test F et le test t. Les résultats du test ont indiqué ce qui suit : le salami (produits carnés salés à sec) n'a montré un effet de matrice que pour le nitrate et les côtes de porc salées (produits de viande crus salés) a montré un effet de matrice à la fois pour les nitrates et les nitrites. Ainsi, dans ces cas, la matrice des courbes d'étalonnage doivent être utilisées pour la quantification tandis que les produits d'autres catégories, qui n'ont pas montré d'effet de matrice, peuvent être quantifiés à l'aide des courbes d'étalonnage de la solution standard.

Les résultats de l'effet de matrice rapportés ici soulignent l'importance d'évaluer ce paramètre, car une matrice complexe peut contenir des composés qui peuvent augmenter ou réduire le signal analytique, et donc la l'évaluation de ce paramètre peut éviter des résultats trompeurs (Bruce, Minkkinen et Riekkola, 1998) <sup>[21]</sup>.

### I.3.2.3 Sélectivité :

Les produits carnés sont des échantillons assez complexes, qui peuvent contenir de nombreux espèces ionisables ou ioniques, qui peuvent être extraites avec les analyses, mais seuls quelques anions ont une mobilité électrophorétique similaire à celle du Analyses et présentent des groupes chromophores. Ce paramètre a été confirmé par injection de bromate, bromure et oxalate.

L'électrophérogramme démontre que tous les composés peuvent être séparés avec une résolution appropriée, proche de la ligne de base et qu'aucun d'entre eux n'affecte le nitrate, le nitrite ou l'I.S. détermination dans les conditions de séparation, confirmant la sélectivité de la méthode.

### I.3.2.4 Précision et exactitude:

La répétabilité (précision intra-journalière) pour le temps de migration corrigé (RSD) variait de 0,02 à 0,12 % pour le nitrate et de 0,01 à 0,13 % pour le nitrite. Pour l'aire de pic corrigée, la répétabilité variait de 1,16 à 2,86 % pour le nitrate et de 2,05 à 4,57 % pour le nitrite. Les valeurs RSD pour la précision intermédiaire (précision inter-journalière) du temps de migration corrigé variaient de 1,32 à 1,66 % pour le nitrate et de 0,21 à 0,39 % pour le nitrite et pour la zone de pic corrigée, les résultats variaient de 1,74 à 5,15 % et de 1,76 à 5,29 % pour le nitrate et le nitrite, respectivement.

Les résultats de récupération pour les produits carnés étaient acceptables, allant de 83,5 à 107 % pour le nitrate et de 84,9 à 106 % pour le nitrite, confirmant l'exactitude de la méthode.

### I.3.2.5 Limites de détection et de quantification :

Les valeurs pour la LOD étaient de 0,10 mg kg<sup>-1</sup> et 0,31 mg kg<sup>-1</sup> et pour la LOQ étaient de 0,31 mg kg<sup>-1</sup> et 1,25 mg kg<sup>-1</sup> pour les nitrates et les nitrites, respectivement. Ces résultats indiquent que la méthode ne convient pas pour une application aux produits carnés.

### **I.3.2.6 Robustesse :**

Avec l'utilisation du test de Youden, il est possible d'établir les paramètres qui ont le plus d'influence sur le résultat final de l'analyse et d'avoir un contrôle plus rigoureux des variations de ces paramètres qui peuvent survenir lors des analyses de routine (Dejaegher&Heyden, 2007). La méthode CZE sub-minute s'est avérée très robuste, car aucun effet significatif n'a été observé lorsque de petites variations ont été appliquées aux paramètres de séparation (b 1, données non présentées).

### **I.3.2.7 Mesure de l'incertitude :**

Les valeurs déterminées pour l'incertitude élargie de la méthode étaient de 5,36 % pour le nitrate et de 5,63 % pour le nitrite. Les principaux facteurs contribuant à l'incertitude étaient la répétabilité et la précision intermédiaire, comme prévu puisque ces paramètres incluent l'erreur aléatoire de nombreuses variables. D'autres sources, y compris la procédure de préparation des échantillons et la courbe d'étalonnage, ont fourni de petites contributions aux valeurs d'incertitude. Les résultats obtenus montrent la fiabilité de la méthode de détermination des teneurs en nitrates et nitrites dans les produits carnés.

### **I.3.2.8 Test de compétence:**

Trente-deux laboratoires brésiliens ont participé au test d'aptitude et seulement deux ont utilisé la technique d'électrophorèse capillaire tandis que les autres institutions ont utilisé principalement des méthodes spectro-photométriques. Le test d'aptitude confirme la pertinence de la méthode pour l'analyse du nitrite, mais le résultat pour le nitrate a été considéré comme discutable puisque le score z était de 2,3 et la valeur d'acceptation était de 2.

Dans le test d'aptitude, seulement 50 % des résultats ont été jugés satisfaisants pour le nitrate et 63 % pour la détermination du nitrite. Le score z discutable pour le nitrate peut être dû à des différences dans la préparation des échantillons entre notre méthode et les méthodes utilisées par les autres participants. La plupart des autres laboratoires déterminent le nitrate et le nitrite selon la méthode ISO, donc en effet les différences dans

les résultats peuvent être dues à des étapes telles que la réduction des nitrates avec le cadmium, l'extraction, la déprotéinisation, la pureté des réactifs. Parmi ces étapes, la réduction des nitrates par le cadmium peut être une source importante d'imprécision et peut influencer directement les résultats obtenus par les autres participants au Test d'aptitude.

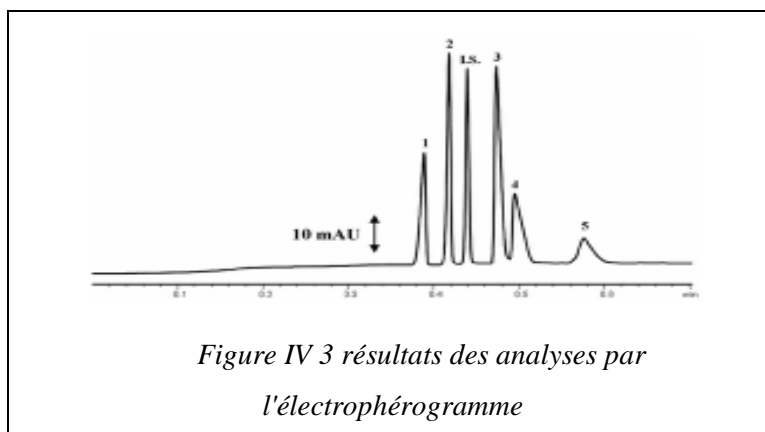


Figure IV 3 résultats des analyses par l'électrophérogramme

Dans notre préparation d'échantillons n'ont pas été appliqués de réactifs spécifiques pour la déprotéinisation, juste l'association du pH alcalin et de la température d'extraction. Près de 90 % des autres laboratoires ont effectué une déprotéinisation avec Carrez I et Carrez II, dont l'efficacité a été remise en cause par certains articles de chercheurs (Rincón et al., 2003 ; Rincón et al., 2008). Selon Rincón et al. (2003) Le réactif Carrez II n'agit pas efficacement sur la précipitation des protéines, tandis que Carrez I peut entraîner une perte de quantification par précipitation du nitrite lié aux protéines, et à cet égard, l'utilisation de ces réactifs doit être sévèrement [22].

### I.3.3 Application de la méthode aux produits carnés :

La méthode CZE optimisée et l'étape de préparation des échantillons ont été appliquées avec succès pour déterminer les niveaux de nitrate et de nitrite dans treize échantillons de produits carnés de différentes catégories.

Dans quatre des produits carnés analysés, les niveaux de nitrite étaient inférieurs à la LOQ. Tous les échantillons étaient conformes à la législation brésilienne et européenne, à l'exception de l'échantillon de côtes de porc salées, qui présentait une concentration résiduelle de nitrite supérieure à  $150 \text{ mg kg}^{-1}$ .

D'autres auteurs ont rapporté des résultats similaires pour les niveaux de nitrate et de nitrite dans les produits carnés brésiliens. Pereira et al. (2012) ont déterminé les concentrations de nitrate et de nitrite dans les saucisses, les saucisses de porc, la Bologne,

le jambon, le bacon et le salami par CE. Les niveaux de nitrate étaient inférieurs à la LOQ dans le bacon et le salami. Dans les échantillons de saucisses de porc et de pepperoni, les niveaux de nitrite étaient inférieurs à la LQ, et l'échantillon de jambon présentait une concentration résiduelle de nitrite supérieure à la limite établie par la législation brésilienne.

Andrade et ses collaborateurs (2003) ont déterminé les niveaux de nitrate et de nitrite dans les saucisses de porc et les saucisses à hot-dog à l'aide d'une méthode spectrophotométrique à injection de flux et les niveaux déterminés dans tous les échantillons étaient conformes aux limites brésiennes.

Les résultats trouvés dans cette recherche mettent en évidence la nécessité d'évaluer constamment les nitrates et les nitrites dans les produits carnés, en particulier après que l'OMS a classé les nitrites comme cancérigènes pour l'homme.



Goûter résiduel (mg kg-1)	NaNO3. (mg kg-1)	NaNO3. (mg kg-1) comme NaNO2.	NaNO2. (mg kg-1)	NaNO2
Saucisse de porc fraîche A.	118= 4.24.	96.5.	45.0 =  1.38.	141
Saucisse de porc fraîche B.	94.3= 4.75.	76.7.	15.6 =  2.5	92.3
Salami à l'italienne A.	65.6= 3.30.	53.3	29.2 =  4.92.	82.5
Salami à 142 l'italienne B. Coppa.	173= 4.87	142	<LOQ.	
71.7	88.3= 3.02.	71.7.	<LOQ.	
Saucisson artisanal.	122= 4.25.	99.3.	<LOQ.	
99.3				
Mortadelle.	161= 2.51	93.9	15.6 =  2.49	109
Francfort.	115 =  4.62.	131.	20.8 =  1.68.	152
Jambon.	129 =  4.16	105.	10.2 =  0.15.	115
Bœuf salé.	77.2 =  4.95.	62.7.	<LOQ	
62.7				
Porc salé.	68.1 =  4.06.	55.3.	13.2 =  1.16.	
68.6				
Côtes de porc salées	95.6 =  4.07	77.7.	127 =  4.81	205
Filet de porc salé.	58.2 =  4.70	47.3.	8.4 =  1.03	55.7
<p>LOD : 0,10 mg kg-1 pour le nitrate et 0,31 mg kg-1 pour le nitrite.                      LOQ : 0,31 mg kg-1 pour le nitrate et 1,25 mg kg-1 pour le nitrite.</p>				

Tableau IV 1 Analyse quantitative des nitrates et nitrites dans les produits carnés

## I.4 Conclusion

L'application de la méthode CZE proposée a fourni des résultats appropriés pour tous les paramètres de validation. La méthode présente de nombreux avantages par rapport aux méthodes officielles (AOAC et ISO), y compris les autres méthodes de chromatographie et CE, principalement en raison de sa simplicité et de son temps d'analyse court (30 s). La procédure de préparation des échantillons développée s'est avérée simple, rapide et efficace, elle ne nécessite pas d'équipement sophistiqué ou une consommation élevée de réactifs (entraînant une faible génération de résidus) et elle offre tous les paramètres importants requis pour les analyses de laboratoire de routine impliquant un taux de rotation élevé. les taux. Lorsqu'il est appliqué à des échantillons de viande produits, la méthode s'est avérée appropriée et les électro-phérogrammes ont montré une bonne séparation, même pour les échantillons à forte teneur en sel, vérifiant la polyvalence de la méthode pour déterminer les ions nitrate et nitrite dans différents types d'échantillons présentant des caractéristiques distinctes. Pour tous les échantillons, à une exception près, les niveaux de nitrate et de nitrite étaient conformes aux limites établies par les organismes de réglementation internationaux et brésiliens. Ces résultats sont d'une grande importance car ils mettent en évidence la nécessité d'une évaluation constante de ces additifs dans les produits carnés afin de garantir le respect des limites réglementaires et de protéger la santé publique <sup>[23]</sup>.

***Chapitre 05 : Les emballages  
des produits alimentaires  
nitrité***

## I.1 Introduction

La sélection d'un emballage approprié est une considération critique et essentielle pour la viande et les produits carnés qui, d'ils sont effectués correctement, permettront aux produits d'être stockés et distribués sur de longues périodes sans perte de qualité ni compromettre la sécurité. D'une manière générale, les emballages ont pour but de protéger les produits de l'environnement afin d'éviter les contaminations physiques (saletés, poussières, bactéries, ect), et les modifications chimiques résultant des conditions environnementales (lumière, oxygène, évaporation de l'eau, chaleur, etc...)

En plus de la protection, l'emballage constitué un moyen de communication très important avec les consommateurs en incluant des informations sur les produits (ingrédients, informations nutritionnelles, poids net inclus, instructions de manipulation) , le transformateur (nom et adresse) et des informations utiles pour la préparation et portion . Un emballage peut également offrir aux consommateurs la possibilité de voir le produit, soit à travers un emballage en film transparent, une fenêtre en film transparent ou une image imprimée sur l'emballage. Par exemple, la (Figure 0-1) est un emballage qui affiche le produit pour le consommateur et fournit des informations sur l'étiquette. Des informations supplémentaires sur la nutrition, les ingrédients et les instructions de manipulation ont fournies sur le panneau arrière. L'emballage peut également communiquer des informations sur le les processus impliqués dans la production et la transformation du produit [24].



*Figure V 1 Emballage sous vide qui fournit une visualité du produit et des informations sur l'étiquette*

## I.2 Caractéristique des emballages pour les viandes :

La fonction principale d'un emballage est de protéger le produit à l'intérieur pour qu'il arrive au consommateur dans un état optimal. Dans le cas du secteur de la viande, ce sont des aliments particulièrement sensibles à l'oxydation. Très souvent, il faut des emballages pour des produits à forte teneur en matières grasses, d'où l'importance d'une haute barrière à l'oxygène pour empêcher leur dégradation.

Cependant, il existe également de nombreux autres facteurs qui peuvent contribuer à leur dégradation physique, chimique, biologique et microbiologique. Ces facteurs peuvent altérer ce type d'aliments, voire même les rendre dangereux pour la santé.

## I.3 Les exigences d'emballage pour la viande et les produits de la viande :

### I.3.1 Viande fraîche :

Les exigences pour un emballage efficace de la viande et des produits carnés sont très différentes lorsque s'agit de viande et crue comme le bœuf haché, les steaks ou les côtelettes par rapport aux produits transformés tels que les saucisses de francfort, le jambon et le rosbif.

La viande fraîche est biologiquement active et contient de nombreux enzymes et composés actifs qui soutiennent activités métaboliques et respiratoires qui affectent à la fois le produit et l'environnement qui l'entoure par exemple, la viande fraîche continue de consommer de l'oxygène et d'émettre du dioxyde de carbone, un peu comme les muscles vivants, bien qu'à un rythme beaucoup plus lent.

Le résultat dans un emballage fermé est une réduction de la teneur en oxygène et une augmentation du dioxyde de carbone, avec des implications à la fois pour la couleur et la durée de conservation du produit. Parce que la couleur de la viande fraîche est le développement et le maintien de la couleur rouge cerise aussi longtemps que possible.



*Figure V 2 un emballage facile à ouvrir pour plus de commodité pour le consommateur*

La viande fraîche contiendra également une certaine quantité de bactéries inévitables qui se développent facilement sur la viande crue et finissent par réduire la qualité du produit. Ainsi, une deuxième priorité pour l'emballage de la viande fraîche est l'introduction d'une technologie qui ralentira la croissance bactérienne et réduira la détérioration du produit pendant le stockage et la distribution. Étant donné que l'exposition à l'oxygène est le moyen le plus courant de développer la couleur rouge cerise de la viande fraîche, mais encourage également la croissance rapide des bactéries d'altération, la technologie d'emballage pour la viande fraîche a développé plusieurs alternatives pour atteindre les objectifs de couleur et de durée de conservation<sup>[24]</sup>.

### **I.3.2 Viande transformée :**

Pour les produits carnés transformés qui comprennent des produits salés au nitrite et des produits cuits non salés, la couleur est développée dans le cadre du processus de salaison et /ou de cuisson, et la plupart des activités biologiques et microbiologiques sont éliminées par le processus de cuisson qui inactive à la fois les enzymes et les micro-organismes. En conséquence, la couleur du produit est beaucoup plus stable que pour la viande fraîche et la durée de conservation potentielle est considérablement plus longue. Une priorité majeure pour l'emballage dans ce cas est d'éliminer ou de réduire considérablement le contact de l'oxygène avec les produits pour maintenir la stabilité de la couleur, la stabilité de la saveur et la suppression de la croissance des micro-organismes aussi longtemps que possible.

### **I.4 Matériaux d'emballage :**

Au cours des 50 dernières années environ, l'industrie de la viande est passée du papier de boucherie et de simples suremballages de film pour la vente au détail à ce qui est maintenant principalement des emballages « prêts à l'emploi » avec des films flexibles multicouches. La Figure 0-1 est un exemple de ligne d'emballage pour des steaks emballés individuellement dans des barquettes qui seront prêtes à être présentés au détail, et Figure 0-2 est un exemple d'emballage prêt à l'emploi dans des films flexibles. Cela signifie qu'une grande partie des produits carnés est conditionnée dans des installations centralisées, puis transportée vers des entrepôts des magasins de détail sous une forme qui peut être simplement placée sur les étagères des magasins de détail.

Cela a été rendu possible par le développement de films d'emballages flexibles complexes qui offrent une résistance, des propriétés spécifiques de barrière aux gaz et à la

vapeur d'eau, une imprimabilité nécessaire, la plupart des films d'emballages sont généralement des stratifiés ou des coextrusions de plusieurs matériaux de film pour créer la meilleure combinaison de propriétés pour un produit spécifique. Les propriétés nécessaires du film peuvent être classés dans trois catégories générales : résistances propriétés barrière et capacité d'étanchéité.

#### I.4.1 Matériaux de film qui fournissent de la force :

Pour fournir à un emballage une résistance à la perforation, une résistance à la déchirure et la capacité de tolérer l'abrasion, la manipulation, et dans certain cas le traitement thermique, trois matériaux de film flexible sont couramment utilisés : le nylon, le polyester, ou le polypropylène.



*Figure V 3 ligne de conditionnement prête à l'emploi pour steaks en barquettes*

Le nylon est reconnu pour sa résistance à la traction, sa flexibilité et sa tolérance thermique et fournira également une bonne barrière à l'oxygène une fois sec. Cependant, c'est une mauvaise barrière contre l'humidité et absorbe-t-elle. Par conséquent, il est également utilisé comme couche intermédiaire pour le film multicouche avec d'autres

films offrant les propriétés de barrière et la capacité de thermocollage nécessaire, en particulier pour les emballages sous vide et les sacs de cuisson.

Le polyester est également connu pour sa résistance, sa flexibilité thermique.



Fournit une bonne base pour l'impression. Le polyester n'est pas une bonne barrière aux gaz ou vapeur d'eau et principalement utilisés pour sa résistance dans les emballages sous vide, les sacs de cuisson, et les produits qui peuvent être stérilisés à la chaleur.

Le polypropylène, sous forme orienté, offre une bonne résistance à la traction et la traction et une bonne tolérance à la température. Ce film est également une bonne barrière à l'eau, ce qui fait du polypropylène un bon choix pour les produits bouillis dans le sac ou les produits emballés traités à la vapeur.

#### **I.4.2 Matériaux de film qui offrent des propriétés barrière :**

Les propriétés de barrière pour les films multicouches sont le plus souvent obtenues avec du chlorure de polyvinyle du dichlorure de polyvinylidène, de l'alcool vinylique d'éthylène et du papier d'aluminium. Le polychlorure de vinyle est clair, brillant et a une bonne résistance à la traction, bien qu'il ne soit pas comparable au nylon ou au polyster. il



se scelle facilement à la chaleur et sous forme plastifiée, est imperméable à l'oxygène, ce qui confère à ce film un suremballage de viande fraîche pour permettre un bon développement de la couleur.

Le dichlorure de polyvinylidène (Saran) est bien connu pour ses propriétés barrière à la fois à l'oxygène et à la vapeur d'eau. Il est thermoscellable, accepte bien l'impression et est une inclusion courante dans les films multicouche ou une bonne barrière est nécessaire tel que les emballages thermoformés semi-rigides et dans les emballages sous atmosphères modifiée.

L'alcool éthylène vinylique est un film hautement imperméable aux gaz tels que l'oxygène et le dioxyde de carbone, mais peut perdre certains de ces propriétés de barrière lorsqu'il est exposé à une humidité élevée. Par conséquent, il est préférable de l'utiliser comme couche centrale avec des films qui le protègent de l'humidité. Ce matériau de film offre également une bonne résistance, élasticité et stabilité thermique.

Son utilisation la plus courante concerne les emballages où une bonne barrière à l'oxygène est essentielle. Le nec plus ultra des matériaux pour l'emballage est la feuille d'aluminium. Ce n'est pas seulement une barrière exceptionnelle à la vapeur d'eau mais offre également une protection contre la lumière. Le papier d'aluminium est le plus souvent utilisé pour les produits sensibles aux changements de saveur induits par la lumière et l'oxygène, tels que les produits séchés.

Le papier d'aluminium est également souvent utilisé pour les emballages souples autoclaves qui sont stérilisés par la chaleur. Ce matériau a une très faible résistance à la déchirure, ne peut pas être thermoscellé et perdra ses propriétés de barrière si des trous d'épingle se développent. Par conséquent, il est nécessaire de combiner une feuille d'aluminium avec un film d'étanchéité ainsi qu'un film qui offrira une résistance à la perforation, à la déchirure et la traction.

**I.4.3 Matériaux de film qui offrent une capacité d'étanchéité de l'emballage :**

Les matériaux qui fournissent les propriétés de thermocollage nécessaires de films multicouches comprennent le polyéthylène, le surlyn et le polystyrène. Le polyéthylène est disponible sous trois formes différentes, la forme à faible densité fournissant le matériau de thermoscelle le plus efficace.

Le polyéthylène est une bonne barrière à la vapeur d'eau mais une mauvaise barrière à l'oxygène. Étant donné que ce matériau thermosoude très bien à une température de scellage relativement basse, il est fréquemment associé à des films barrières et à des films à haute résistance dans les applications d'emballages de viande. Le polyéthylène est également un matériau relativement peu coûteux, ce qui le rend très attractif pour les applications de thermoscelle.

Le Surlyn est de l'éthylène polymérisé modifié avec l'ajout d'ions sodium ou métallique qui assurent la réticulation entre les polymères pour augmenter la rigidité. Surlyn a une large plage de température de thermoscelle et offre une bonne adhérence à d'autres matériaux, y compris le papier d'aluminium, ce qui en fait un scellant efficace pour de nombreuses applications d'emballages différentes. Bien que couramment utilisés dans l'emballage de la viande. Surlyn est un film relativement cher. Le polystyrène est un matériau dur et transparent qui est le plus souvent formé en rigide plateaux ou couvercles de plateaux. Le polystyrène expansé fournit le matériau en mousse souvent utilisés pour les plateaux.

**I.5 Option d'emballages pour les viandes fraîches :****I.5.1 Plateaux enveloppés de film :**

L'emballage le plus courant que les consommateurs expérimentent avec la viande fraîche est le plateau enveloppé d'un film ou un film hautement perméable à l'oxygène, généralement du chlorure de polyvinyle, est étiré sur un plateau en polystyrène (Figure 0-3) qui comprend un tampon de trempage sur le fond du plateau pour absorber la purge ce film est transparent, brillant et permet à l'oxygène atmosphérique de pénétrer dans l'emballage pour conserver la couleur rouge vif de la viande fraîche, cependant comme la

viande métabolise l'oxygène, la concentration en oxygène s'épuise lentement et la décoloration se produit généralement après environ 3 à 7 jours, en fonction de la température et d'autres conditions environnementales.



*Figure V 5 Emballage de vente au détail utilisant un plateau su à remballer en film perméable à l'oxygène*

### **I.5.2 Emballage atmosphère modifiée :**

Pour améliorer la stabilité de la couleur de la viande fraîche avec une teneur élevée en oxygène ou avec du monoxyde de carbone ont été développés et sont couramment utilisés dans le commerce. Pour le (MAP) à haute teneur en oxygène, un mélange gazeux de 40% à 80% d'oxygène est injecté dans l'emballage pour remplacer l'air inhérent avant que l'emballage ne soit scellé. Typiquement, environ 25% de dioxyde de carbone est inclus car ce gaz ralentit la croissance bactérienne. Le dioxyde de carbone n'est pas utilisé à plus de 30% environ, car les concentrations plus élevées de ce gaz provoqueront une décoloration de la viande.

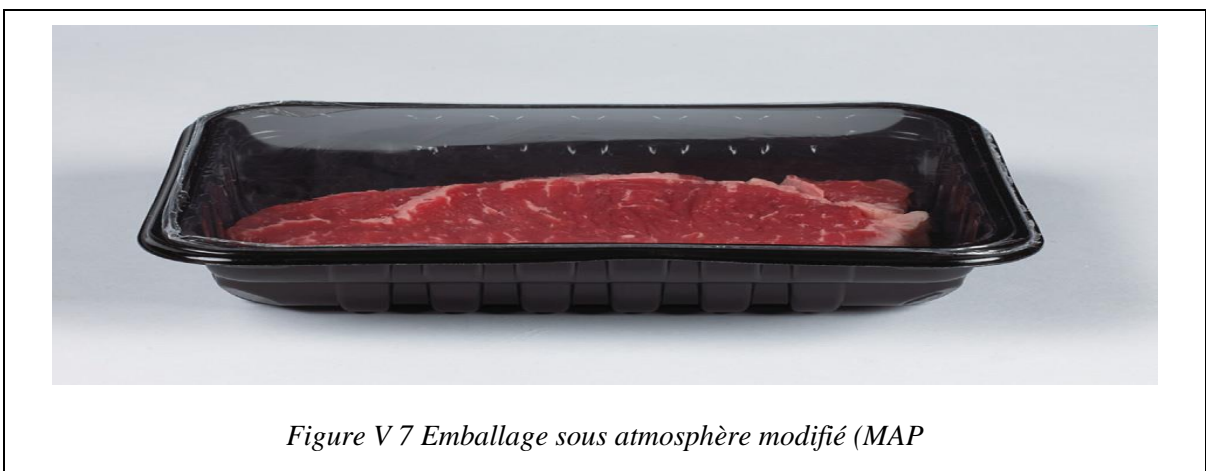
Une autre alternative d'emballage de viande fraîche qui conserve la couleur rouge cerise attrayante est un nouveau film d'emballage développé par Bemis corp. En 2010. Ce système d'emballage utilise un film qui contient une très faible concentration de nitrite (quelques parties par million) intégré sous dans la structure de film.

L'emballage, contenant le produit, est scellé sous vide pour former un emballage sous vide lorsque le film est en contact avec la surface du produit, une petite quantité de nitrite est libérée pour former le dioxyde nitrique qui réagit avec la myoglobine pour

former de l'oxyde nitrique myoglobine, un pigment rouge cerise impossible à distinguer de l'oxymyoglobine et de la carboxymyoglobine Figure 0-4. Tant qu'un vide est maintenu, la couleur rouge est également maintenue. L'utilisation du vide. Cependant, cela signifie également que la durée de conservation, y compris la couleur, est stable pendant plus de 35 jours.



La concentration de nitrite utilisé dans le film est trop faible pour donner une couleur durcie lorsque l'emballage est ouvert ou lorsque le produit est cuit.



**I.5.3 Emballage sous vide conventionnel:**

L'emballage sous vide conventionnel avec des films à haute barrière n'est pas utilisé pour la plupart de l'emballage de détail car cet environnement ne permet pas un métier à tisser couleur à oxygène.

Cependant, l'emballage sous vide conventionnel est le système de choix pour les coupes primaires et secondaires destinées à la distribution en gros. Un bon emballage sous vide élimine essentiellement tout l'oxygène et par conséquent la croissance bactérienne supprimée tout en préservant la capacité de la viande à former une couleur rouge fleurie lorsque l'emballage est ouvert et exposé à l'oxygène. Étant donné que la viande est métaboliquement active, toute petite quantité d'oxygène résiduel qui reste dans l'emballage après le scellage sera métabolisée et convertie en dioxyde de carbone, ce qui contribue à améliorer la durée de conservation.

**I.6 Options d'emballage pour les produits de viandes transformés :****I.6.1 Emballage sous vide :**

Les produits carnés transformés comprennent les produits carnés salés au nitrite tels que les saucisses et le jambon, et les produits cuits non salés tels que le rosbif et la poitrine de dinde rôtie. Parce qu'une préoccupation majeure pour le maintien de la qualité de ces produits est d'éviter le contact avec l'oxygène le conditionnel sous vide est une pratique courante pour ceux-ci ainsi que pour les volailles fraîches et congelées, et les coupes primaires et subprimaires en gros (Figure 0-5). Parce que Les viandes transformées étant des produits cuits, le nombre de micro-organismes est considérablement réduit et l'environnement anaérobie d'un emballage sous vide est propice à une durée de conservation prolongée de plus de 120 Jours si une basse température est maintenue.

Les films utilisés pour ces emballages comprendront des matériaux à haute barrière tels que dichlorure de polyvinylidène ou l'éthylène alcool vinylique, et sont souvent conçus pour être thermorétractables afin d'assurer une adhérence très étroite au produit. Cela permet d'obtenir un emballage attrayant attractif avec une excellente visibilité du produit et permet de réduire la purge du produit. Également. Quelques produits, tels que les jambons en conserve et certaines viandes de déjeuner en conserve, comme le SPAM et les saucisses viennoises, sont emballés dans des sacs en plastique. Comme le SPAM et les saucisses

viennoises sont encore emballés sous vide dans des boîtes de métal ou de boîtes en métal ou en plastique. Les boîtes de conserve offrent les propriétés de barrière nécessaires à la vapeur d'eau et à l'oxygène, ainsi que la rigidité nécessaire à la conservation du produit. la vapeur d'eau et l'oxygène, ainsi que la rigidité nécessaire aux processus de cuisson intense utilisés pour obtenir la pasteurisation ou la stérilisation, comme dans le cas de la viande en conserve stable à température ambiante viande en conserve.

L'emballage sous vide est également utilisé pour les produits à cuire dans le sac tels que le rosbif, les jambons et les poitrines de dinde rôties qui sont exposés et vendus par les épicerie fines où les produits sont emballés. Les produits sont découpés à la demande. Ces films doivent constituer une bonne barrière pour le stockage des produits finis ainsi qu'une résistance pour supporter le traitement de cuisson. Le matériau du film barrière.



Le matériau du film barrière est généralement de l'alcool éthylène-vinyle et le matériau de base pour l'intérieur de l'emballage est une forme de nylon ou de Surlyn. L'intérieur de l'emballage est une forme de nylon ou de Surlyn. Un aspect inhabituel de ces films de ces films est qu'ils comprennent également une couche ou un revêtement interne spécialement conçu pour être en contact direct avec le produit et pour résister à la cuisson. Qui est en contact direct avec le produit et qui se lie physiquement à la surface du produit pendant la cuisson afin d'éliminer la purge. surface du produit pendant la cuisson pour éliminer la purge. Ce matériau de surface intérieur est hautement spécifique pour chaque type de produit, au point même d'être légèrement différent pour les différentes espèces de produits comme le bœuf, le porc ou la dinde. Le procédé "Cook-in-the-bag produit un emballage extrêmement étanche qui est attrayant dans les étalages de charcuterie.

### I.7 Conditionnement sous atmosphère modifiée :

Bien que l'emballage sous vide soit très efficace pour préserver la couleur et empêcher l'altération microbienne, la pression physique externe exercée sur le produit n'est pas suffisante. Microbienne des viandes transformées, la pression physique externe exercée sur le produit par l'atmosphère est problématique pour les produits en tranches.

Physique externe exercée sur le produit par l'atmosphère est problématique pour les produits en tranches, car les tranches ou les morceaux collent ensemble. car les tranches ou les morceaux collent entre eux. Dans ce cas, une barquette en mousse avec une barrière intégrée avec un couvercle en film barrière ou un sachet souple peut être utilisé (Figure 0-6). Au lieu d'utiliser au lieu d'utiliser le vide pour ces emballages, l'espace de tête de la barquette ou l'intérieur du sachet est rincé avec un mélange de 70 % d'azote et 30 % de dioxyde de carbone, ou dans certains cas, 100 % d'azote. Dans certains cas, 100 % d'azote.



*Figure V 9 Emballage sous atmosphère modifié*

Cela permet d'obtenir un environnement sans oxygène sans la pression physique qui est caractéristique d'un emballage sous vide. Certains produits séchés produits séchés sensibles à la détérioration due à la lumière, tels que le jerky et les saucisses sèches

peuvent être emballés dans des sachets laminés d'aluminium pour bloquer l'exposition à l'oxygène et à la lumière. Et l'exposition à la lumière.

### I.7.1 L'emballage spécialisé :

Il existe plusieurs applications d'emballage spécialisées qui permettent de mieux contrôler la durée de conservation et la croissance microbienne pour des types de produits spécifiques. Elles sont classées dans les catégories suivantes "D'emballage actif" ou "d'emballage intelligent". Un emballage actif signifie que l'emballage libère ou absorbe des composés ou des gaz pendant le stockage qui modifient l'environnement de l'emballage.

L'emballage intelligent comprend un composant qui surveille les conditions de l'emballage d'une manière ou d'une autre et fournit une indication de l'historique de l'emballage.

### I.7.2 L'emballage actif:



*Figure V 10 Emballage actif*

L'emballage actif est une pratique courante pour certains types d'aliments. Il peut inclure des piègeurs d'oxygène, des absorbeurs d'humidité, des émetteurs de dioxyde de carbone, des sources de d'antimicrobiens ou d'antioxydants qui sont libérés lentement, et des barrières contre les rayons ultraviolets. Les capteurs d'oxygène sont probablement les plus courants et sont utilisés pour les produits sensibles à de petites quantités d'oxygène



résiduel dans les aliments. À de petites quantités d'oxygène résiduel dans l'emballage. Les absorbeurs d'oxygène consistent en un petit sachet contenant de la poudre de fer qui est inséré dans l'emballage avec le produit Les absorbeurs d'oxygène consistent en un petit sachet contenant de la poudre de fer qui est inséré dans l'emballage avec le produit.

un espace libre (Figure 0-7) Le fer est facilement oxydé par l'oxygène et le résultat est le suivant l'oxygène résiduel dans l'emballage. Comme il est pratiquement impossible de d'éliminer tout l'oxygène d'un emballage avec un rinçage au gaz, le piègeur d'oxygène peut jouer un rôle important dans le processus de fabrication du produit peut jouer un rôle important dans la durée de conservation du produit. Certains fabricants de films ont développé des matériaux d'emballage qui intègrent un absorbeur d'oxygène dans la structure du film qui peut ensuite être utilisé pour la couche intérieure d'un emballage multicouche.

Les absorbeurs d'humidité sont généralement des sachets de gel de silice qui peuvent être utilisés pour maintenir un environnement à faible taux d'humidité lorsque cela est nécessaire un environnement à faible taux d'humidité là où cela peut être nécessaire. Produits de consommation tels que les appareils électroniques. Cependant, l'utilisation d'absorbeurs d'humidité n'est pas courante pour les produits tels que les viandes transformées qui ont une forte teneur en humidité.

Cependant, l'utilisation d'absorbeurs d'humidité n'est pas courante pour les produits tels que les viandes transformées qui ont une forte teneur en humidité. Le site Les tampons absorbants utilisés dans les plateaux de viande fraîche pour absorber la purge peuvent être considérés comme une autre forme d'absorbeur d'humidité forme d'absorbeur d'humidité. Ils sont courants au fond des plateaux de viande fraîche et ils empêchent l'apparition inesthétique de purge libre dans l'emballage.



*Figure V 11 Emballage principale à rinçage au gaz pour la distribution d'emballage prêt à la vente au détail*

Les émetteurs de dioxyde de carbone offrent un moyen d'augmenter la teneur en dioxyde de carbone dans un emballage pour un plus grand impact antimicrobien. Bien qu'ils ne soient pas aussi courants que les piègeurs d'oxygène, ceux qui sont utilisés fonctionnent généralement en utilisant de l'acide ascorbique et du bicarbonate de sodium pour générer du dioxyde de carbone.

De sodium pour générer du dioxyde de carbone et absorbent également l'oxygène au cours du processus, ce qui leur confère une double fonction. Antioxydants libérés au contact du produit ont fait l'objet de nombreuses recherches récentes. En contact avec le produit ont fait l'objet de nombreux efforts récents de recherche et de développement, notamment en raison de l'importance accrue de la sécurité alimentaire. Développement, notamment en raison de l'importance accrue accordée à la sécurité alimentaire.

Un grand nombre d'antimicrobiens ont été étudiés, notamment des acides organiques, des bactériocines antibiotiques, des extraits de plantes et des huiles essentielles. Bien que beaucoup d'entre eux se soient révélés efficaces, les applications commerciales ont été limitées en raison de nombreux facteurs, notamment l'approbation réglementaire des antimicrobiens spécifiques et le coût supplémentaire.

Cependant, cette technologie représente un grand potentiel pour un meilleur contrôle microbien.

Des antioxydants tels que l'hydroxyanisolebutylé (BHA) et l'hydroxytoluène butylé (BHT) sont parfois incorporés dans les produits alimentaires.

(BHT) sont parfois incorporés dans les films d'emballage pour stabiliser la structure du film et empêcher sa détérioration. Structure du film et empêcher sa détérioration. Ces antioxydants ont alors le potentiel de migrer dans le produit et de fournir une protection antioxydante. Les antioxydants naturels tels que le romarin, le tocophérol et les extraits de plantes ont également été utilisés pour les systèmes d'emballage à antioxydants actifs.

La lumière ultraviolette est un puissant catalyseur de l'auto-oxydation de la myoglobine en métmyoglobine qui change la couleur de la viande fraîche en un brun indésirable. L'incorporation de bloqueurs de lumière ultraviolette dans les films d'emballage a été étudiée comme un moyen d'améliorer la stabilité de la couleur de la viande fraîche. D'améliorer la stabilité de la couleur de la viande fraîche. Cependant, ces

films bloquent également une partie de la lumière visible, ce qui rend le produit moins visible. Actuellement, la meilleure approche pour répondre aux préoccupations relatives à l'exposition aux rayons ultraviolets et à l'oxydation qui en résulte. Reste un emballage en aluminium combiné à l'élimination de l'oxygène résiduel.

L'emballage intelligent implique un système d'emballage qui comprend un dispositif ou un composé qui surveille les conditions internes ou externes de l'emballage et qui est fourni par le fabricant composé qui surveille les conditions internes ou externes de l'emballage et qui fournit des informations ou des indications sur l'historique de l'emballage ou du produit. Par exemple, des indicateurs ont été mis au point qui peuvent être fixés à la surface d'un emballage et qui changent de couleur lorsque certaines limites de température cumulatives ont été atteintes pendant le stockage ou la distribution cumulatives ont été atteintes pendant le stockage ou la distribution.

Ces indicateurs permettent de signaler les incidents d'abus de température si cela devait se produire. Plusieurs types d'indicateurs ont été développés pour surveiller et montrer des choses comme la concentration d'oxygène, les métabolites microbiens comme indicateurs d'altération, la croissance des agents pathogènes bactériens, la durée de stockage et l'humidité qui sont tous destinés à fournir des informations sur l'état en temps réel de la qualité du produit de la qualité du produit. Bien que plusieurs indicateurs de ce type aient été développés, ils n'ont pas été largement utilisés dans l'industrie de la viande en raison de leurs coûts supplémentaires indicateurs.

### **I.8 Emballages pour les viandes congelées:**

Terminons avec les emballages pour viande congelée, fraîche ou déjà transformée. Dans ce cas, la fonction principale de l'emballage n'est pas de prolonger la durée de conservation de l'aliment, mais de résister aux basses températures, à la traction et à la perforation, entre autres. Pour ce faire, le format le plus courant est celui des structures semi-rigides avec du polyéthylène et du polyamide.

SP Group propose de nombreuses solutions d'emballage alimentaire pour viande, des matériaux rigides pour l'emballage thermoformable, des matériaux semi-rigides pour l'emballage sous vide, à tous les types d'emballages souples avec une barrière pour une meilleure protection et conservation <sup>[26]</sup>.



*Figure V 12 matériaux et emballages pour viande*

### **I.9 La stérilisation :**

La stérilisation est un excellent moyen de conservation des viandes, Cuire puis stériliser ou cuire et stériliser directement dans la conserve, les deux techniques sont possibles. Pour les braisés, quand la teneur en eau est convenable, la cuisson dans la conserve est bien souvent supérieure aux cuissons à l'air libre. Le fumet et le jus se concentrent. La viande mature longtemps sans perte de saveur.

#### **La stérilisation par types de préparations :**

- **Les viandes cuisinées :** S'assurer que la viande est à maturation. Mettre en conserve les plats cuisinés à chaud.
- **Les viandes au naturel :** Utiliser des morceaux de la taille de la conserve. Épicer comme pour une cuisson et placer 3 heures en stérilisation à l'eau bouillante. Le résultat sera meilleur si la viande est revenue 5 minutes avant la mise en conserve.

- **Les viandes en gelée** : Idem que pour la viande au naturel mais couvert de gelée. La gelée peut se préparer d'avance. Elle se stérilise et s'utilise à discrétion pour couvrir viandes et pâtés.
- **Les charcuteries** : Elles peuvent être cuites puis stérilisées (la saucisse fraîche par exemple) ou cuites et stérilisées en même temps dans leur conserve. Elles doivent mûrir avant consommation : un pâté est bien meilleur 2 mois après sa stérilisation. En ajoutant une couenne, on obtient de la gelée. Les pâtés peu gras sont moins secs.

### I.9.1 Le matériel de stérilisation :

Tompress commercialise tout le matériel nécessaire pour faire ses conserves. 17 stérilisateur et 17 modèles de bocaux sont disponibles. Il est même possible, pour ceux qui voudraient s'essayer aux conserves métalliques, de se procurer des boîtes réutilisables qui se ferment sans sertissage ! Pour les boîtes serties, Tompress a sélectionné 3 machines robustes et bien adaptées aux très petites productions [25].



*Figure V 13 stérilisations alimentaires des emballages*

***Chapitre 06 :La  
consommation de l'Algérie  
en PCSCV***

## I.1 Introduction

L'industrie de la viande désigne l'ensemble des activités industrielles agroalimentaire spécialisées dans la transformation des animaux d'élevage dévolus à l'alimentation humaine. Cela va de l'abattage-découpe-stockage des animaux devenant carcasses bouchères à la viande prête à cuisiner et autres plats cuisinés à base de viande<sup>[27]</sup>.



*Figure VI 1 Boucherie industrielle dans les années 1980*

La consommation de produits carnés constitue souvent le marqueur symbolique de la prospérité relative d'une société et/ou de groupes socioéconomiques spécifiques (Raude et Fischler, 2007). Plusieurs chercheurs ont montré que la consommation alimentaire se diversifiait en fonction de l'amélioration du revenu des ménages:

la consommation des produits végétaux de base –en particulier les céréales, les pommes de terre et les légumineuses– tend généralement à diminuer pour laisser une place croissante à la viande et aux produits d'origine animale comme le fromage ou le poisson (Combris, 1992 ; Padilla et al., 2005 ; Poulain, 2007). Selon la FAO, on consomme de plus en plus de viande au niveau mondial. Ainsi, la hausse de la consommation de viandes dans les pays en voie de développement s'explique par la modernité alimentaire recherchée par les consommateurs (Chikhi et Padilla, 2014) et par les progrès des industries agroalimentaires de transformation.

Les viandes offrent des nutriments d'une valeur bénéfique pour la santé<sup>1</sup>. Selon la FAO, la consommation mondiale de viande s'est élevée à plus de 286 millions de tonnes en 2010 et devrait progresser de 200 millions de tonnes entre 2010 et 2050<sup>2</sup>. La consommation moyenne de viande par habitant dans le monde en 2011 était de 41,8 kg et

dans les pays en développement de 31,5 kg et serait en croissance (Bolis, 2015). Généralement, la viande est consommée là où elle est produite et s'échange peu à l'échelle mondiale (8%) (Kebbab, 2014). Si la consommation de viande a diminué au Nord de la Méditerranée (France, Espagne, Italie et Grèce) de 2002 à 2012 avec une moyenne respective de 105 à 85 kg/an/personne, elle a cependant augmenté dans la même période au Sud de la Méditerranée (Tunisie, Egypte, Maroc et Algérie) avec une moyenne respective de 23,5 à 39 kg/an/personne. Les modèles de consommation de viande rencontrés sur le pourtour Méditerranéen sont variés car on consomme plus de porc dans les pays du Nord, plus de viande ovine et surtout de volaille dans le sud (Fao, 2014, Marouby, 2003 ,Globo Meter, 2014 , France AgriMer, 2014). Ainsi, d'ici 2022, la tendance de consommation de viandes dans le Bassin Méditerranéen va converger vers un apport équilibré en viandes, respectivement 64,5 kg/ans/personne au Nord et 54 kg/ans/personne au Sud avec des disparités nationales.

Du point de vue sanitaire, les pays du nord Méditerranéen sont reconnus pour leur plus faible consommation de viande et leur plus faible incidence du cancer du côlon et des maladies cardiovasculaires en comparaison avec les pays du Nord de l'Europe (Helsing, 1995). Selon le Centre International de Recherche sur le Cancer, la consommation immodérée des viandes rouges et transformées augmente très fortement le risque de plusieurs cancers (OMS, 2015). Les produits transformés sont généralement fabriqués avec des ingrédients<sup>3</sup> cancérigènes (Magdelaine, 2009). D'autres études montrent qu'il n'y a pas d'incidence de l'augmentation de la consommation des viandes rouges sur le risque de maladies cardiovasculaires et le cancer du côlon (Hill, 2002). La FAO a affirmé dans un rapport que les trois-quarts des nouveaux pathogènes ayant affecté les humains dans les dix dernières années proviennent des animaux ou des produits animaux (Otte et al., 2007, Abis et al., 2010). Du point de vue environnemental, la consommation de viande est accusée de conduire à la régression des forêts tropicales, d'aggraver la famine et la crise climatique (Magdelaine, 2009 ,Nicolino, 2009 , Mekonnen et Hoekstra, 2011 , FAO, 2013). Depuis 10 ans, les français, italiens et espagnols consomment moins de viande en raison des problèmes liés à la souffrance animale, aux scandales sanitaires à répétition et aux problèmes écologiques. Mais aussi du fait de la réduction du pouvoir d'achat des ménages dans ces économies frappées par la crise financière et par la hausse des prix des viandes fraîches cédant la place ainsi aux produits carnés (Crédoc, 2012 , FAO, 2013b). Les végétariens affirment qu'un régime sans viande est respectueux de la nature et meilleur



pour la santé. Quant aux défenseurs de la viande, ils mettent en avant les qualités<sup>4</sup> d'un aliment savoureux et sûr, ancré dans la culture humaine (Laporte et al. 2014).

En effet, face aux nouveaux modes de vie et aux exigences des consommateurs, les industries agroalimentaires innovent sans cesse, créant ainsi de nouveaux produits. Cependant, l'industrie agroalimentaire amplifie à l'échelle globale les accidents sanitaires, qui deviennent de ce fait des scandales planétaires. Cette évolution nous a amené à poser un certain nombre de questions sur la place actuelle de la viande et des produits carnés dans le modèle alimentaire méditerranéen et particulièrement en Algérie. Pourquoi le rapport des consommateurs à la viande a-t-il changé ces nouvelles tendances alimentaires ? Telles sont nos interrogations dans cette contribution.

## I.2 Réglementation algérienne :

En application des dispositions de l'article 19 du décret exécutif n° 90-39 du 30 janvier 1990, modifié et complété, susvisé, le présent arrêté a pour objet de rendre obligatoire une méthode de détermination de la teneur en nitrites dans la viande et les produits de la viande.

L'utilisation des nitrites dans les PCSCV est très réglementée.

Grace à leur savoir-faire, les charcutiers algériens, artisans et industriels sont en dessous de ce seuil et se sont engagés dans le code des usages de la charcuterie à limiter l'utilisation des nitrites.

## I.3 Evolution de la consommation produite carnés en Algérie :

L'Algérie produit plus de 20 millions de têtes ovines, 2 millions de bovins et une production moyenne de 300.000 tonnes de viandes blanches par année (ANDI, 2016)<sup>5</sup>. L'importation des viandes est un moyen de régulation du marché dans les périodes de fortes demandes (ramadhan et autres fêtes religieuses). Les viandes importées sont principalement les viandes bovines congelées (ONS, 2014a). En Moyenne, l'Algérie importe chaque année presque 40.000 tonnes de viande congelée. L'Algérie importe aussi des bovins vivants et des poussins. En 2013, l'Algérie a importé 19.784 tonnes d'animaux vivants de l'espèce bovine à partir de la France, 20.000 tonnes de viandes bovines fraîches ou réfrigérées du Brésil et 40.199 tonnes de l'Inde (ONS, 2014b).

### I.3.1 Les industries de transformation des viandes en Algérie :

Selon la dernière Nomenclature Algérienne des Activités (NAA), sont considérées comme industries de viandes toutes les industries de transformation<sup>6</sup> des viandes et abats des espèces animales destinées à la consommation humaine (bovins, ovins, caprins, camélidés, équidés, volailles, lapins et différents gibiers). Tout en produisant des produits frais, congelés ou surgelés, elles sont réparties en trois catégories.

- 1/ La production de viandes de boucherie.
- 2/ La production de viandes de volailles et lapins.
- 3/ La préparation de produits<sup>7</sup> à base de viandes.

Malgré les changements rapides dans le mode alimentaire des Algériens, les entreprises algériennes s'intéressent très peu à la transformation des viandes. On y trouve des marques nationales telles que Bellat, Chariaa et Cavis. En outre, la charcuterie constitue la principale activité de ces entreprises (pâté de poulet, « cachirs », « cornedbeef », etc.). Ces industries alimentaires<sup>8</sup> en pleine phase de diversification et de modernisation se dotent d'unités de conserveries de viandes modernes et envisagent d'aller progressivement à la fabrication et au conditionnement des plats préparés (pizza, lasagne, moussaka, boureks, quiches, etc.).

#### **I.4 Bellat :**

Créée en 1970, la SARL CVA Bellat s'est spécialisée dans la production et la commercialisation des produits carnés (cachirs, pâtés Rôtis fumés...) et a grandement contribué à la modernisation de la filière jusque-là traditionnelle.

La mise en place par les pouvoirs publics de dispositifs d'incitation à l'investissement aidant, le Groupe s'est lancé dans le développement de sa base productive par la réalisation de quatre autres unités (Margarine, Corned-beef et plats cuisinés, abattoir avicole et une ferme avicole).

Aujourd'hui la Sarl CVA Bellat se positionne comme un acteur de référence sur le marché national de l'agro-alimentaire et ambitionne de poursuivre ses efforts pour améliorer davantage la qualité de ses produits et gagner plus la confiance des consommateurs. Un plan qualité a été engagé pour la mise en place d'un système de management de la sécurité des denrées alimentaires selon les standards internationaux (HACCP -norme ISO 22000- ISO 14000...) ainsi qu'un laboratoire d'autocontrôle. Une grande usine de produits carnés a été réalisée à Tessala-El-Merdja pour remplacer l'ancienne unité implantée aux Eucalyptus. Cette nouvelle unité est dotée de moyens et de procédés de productions modernes et est entrée en activité durant le premier semestre 2012. En vue d'assurer une meilleure intégration, le groupe a également réalisé une ferme avicole pour assurer l'approvisionnement de ses unités en intrants (viandes blanches)<sup>[28]</sup>.



*Figure VI 2 groupe bellat*

Le groupe Bellat c'est : La plus grande unité en Afrique de transformation de viandes à Tessala-El-Merdja - L'unité de transformation des viandes BVC aux Eucalyptus

L'unité d'élevage en batterie à Boufarik L'unité d'abattage de volaille à Meftah L'unité de production de plats cuisinés et corned-beef à Meftah L'usine d'aliment de bétails à Boufarik

Le groupe Bellat a cultivé au fil des années des valeurs qui font aujourd'hui sa fierté, des valeurs qui sont devenus les leitmotifs du groupe, et qui font que, le groupe Bellat soit le leader de la transformation des produits carnés en Algérie, respecté au niveau national et international. Nous ne serions jamais arrivés là où nous sommes, et prétendre être leader national avec des visées vers l'exportation si nous n'étions pas intransigeants et fiers de nos valeurs qui sont :

- La Transparence.
- La Gestion rigoureuse.
- La Qualité.
- L'Excellence.
- La Traçabilité
- l'Innovation.

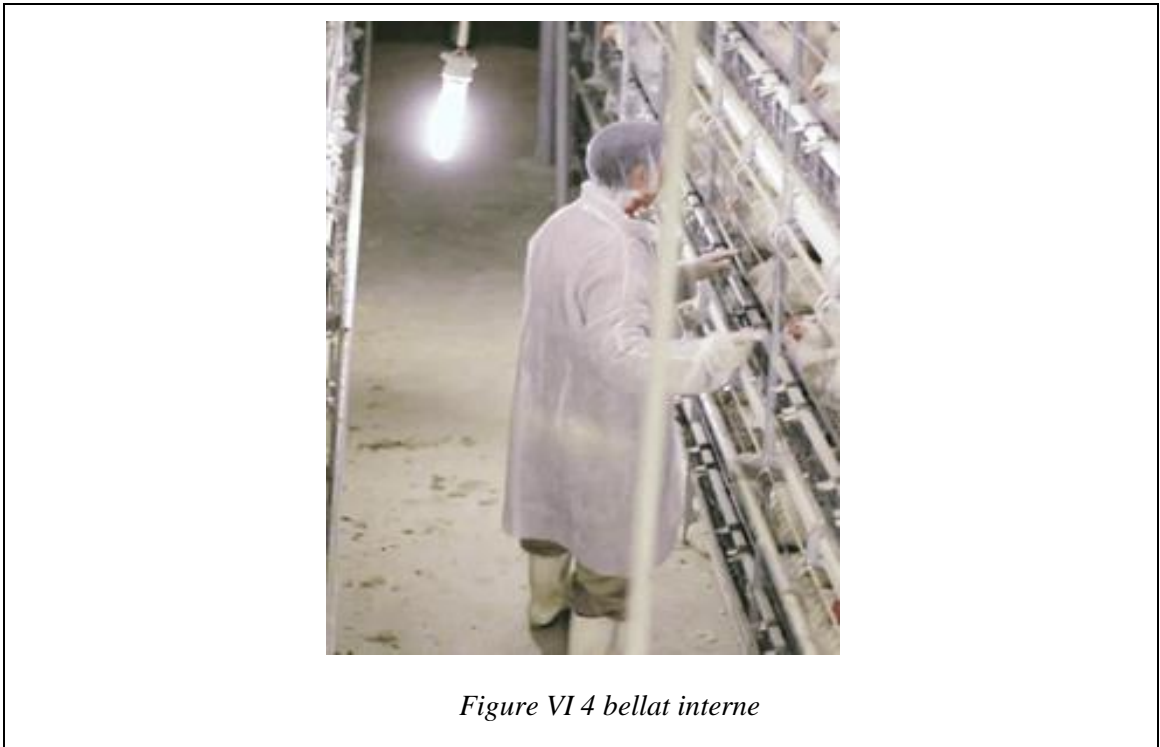




Figure VI 5 produit de bellat (chawarma)

Le but du groupe Bellat à l'avenir, est de mener l'Algérie à l'autosuffisance en matière de viande blanche. Nous ne cessons d'investir, de créer des emplois, nous sommes devenus un acteur majeur et novateur en Algérie, grâce à de constants efforts, ainsi que la confiance dont nous témoignent nos clients, consommateurs et partenaires.

Les marques de bellat :

- Kachir :
- Kachir Viande
- Kachir
- Pâtés .
- Pâté Fromage.
- Pâté Pizza.
- Pâté Thon.
- Pâté Dinde.
- Pâté au Foie de Volaille.



*Figure VI 6: les marques de bellat*

**Mortadelle** : gros saucisson de porc et de bœuf.

- Princesse.
- Champion.
- Végétarien.

**Rôtis** :

- Rôti Poulet.
- Rôti Dinde.
- Rôti Bœuf.
- Chawarma .
- Chawarma Poulet.
- Chawarma Dinde.
- Chawarma Bœuf.

**Produits gras** :

- Margarine El Horra.

- Margarine Rabha.
- Smen Bellat.

**Les slices :**

- Jambon de Poulet.
- Mortadelle.
- Galantine.
- Saucisson Salami Viande.
- Chawarma Poulet.
- Chawarma Dinde.
- Chawarma Bœuf.

**Les délices :**

- L'épicé.
- Le Gourmet.
- Délice de Poulet Salami.

**Luncheons :**

- Luncheon Poulet.
- Luncheon de Poulet aux Olives.
- Luncheon de Poulet Epicé.

**Autres produits :**

- Galantine.
- Chicken Bœuf.
- Saucisson Salami Viande.
- Jambon de Poulet.
- Les conserves.
- Chtitha poulet.
- Chtitha Bœuf.
- Haricots Blancs au Poulet.
- Haricots Blancs au Bœuf.
- Lentilles au Poulet.
- Petits Pois au Poulet



- Petits Pois au Bœuf.
- Tadjine aux Olives aux Champignons.
- Bon Bœuf.
- Corned Bœuf.
- Pâté au Foie.

### **I.5 Prix des viandes et produits carnés en Algérie :**

Le niveau élevé des prix des viandes à la consommation est fortement déterminé par l'importance des marges commerciales des bouchers (environ 20% brute) (Sadoud et Chehat, 2008). Or, cette marge est insuffisante pour rémunérer travail, équipements, et frais (transport vif et mort, tuerie, etc.). En 2011, une hausse touche particulièrement la viande de poulet (+15,4%). La hausse moyenne des prix de l'ensemble des produits agricoles frais s'élève à +73,8% par rapport à 2001.

Elle est plus importante pour certains produits, tels les viandes de mouton (ONS, 2012b). Après une très nette décélération du rythme de hausse affichée, l'année 2012 s'est distinguée par une très forte augmentation des prix. Elle concerne particulièrement de la viande et abats de mouton (30,3%) et la viande de poulet (+20,3%). La hausse moyenne des prix de la viande de mouton s'élève à 111% par rapport à 2001 (ONS, 2013). Ainsi, face à la cherté de la viande rouge, le consommateur algérien se rabat sur la viande blanche.

En effet, en 2012, il a été estimé que les viandes faisaient partie du quotidien pour 60,8% des consommateurs. Néanmoins, 66,3% des consommateurs algériens considèrent que les viandes sont parmi les aliments très coûteux (Chikhi, 2015). Les viandes préparées/transformées offertes à la consommation en Algérie ne sont pas exemptes de nitrate de sodium et pourraient en conséquence constituer un danger pour la prévalence du cancer colorectal.

### **I.6 La consommation des viandes et produits carnés en Algérie :**

En Algérie, le régime alimentaire comporte, de la volaille, des œufs et des viandes ovine et bovine. Les viandes caprines et camelines sont nettement moins consommées (Mebtoul 2007). Les types de viandes rouges consommées par les Algériens sont

principalement la viande ovine (55%) et bovine (34%) (Nedjraoui, 2012). Pour le groupe «viandes rouges, blanches et poisson», considéré comme un indicateur de développement, la consommation par tête en Algérie était de l'ordre de 29,54 kg/an en 1990. Elle a d'ailleurs stagné jusqu'en 2005 (Abis, 2011). Ainsi, la consommation nationale des viandes du mouton et du bœuf est de 10,5 kg/hab/an (Sadoud, 2011).

Tandis que la consommation de viande blanche est en moyenne 15 kg/hab/an (Aziza, 2013). Malgré la progression de la consommation de viande (particulièrement blanche et bovine), l'Algérien reste l'un des plus faibles consommateurs de viandes du Maghreb, en partie en raison de la faiblesse de la production. En effet, si le salaire national minimum garanti (SNMG) s'est stabilisé depuis le 1er janvier 2012 à 18 000 DA/mois, en 2013 les prix moyens de vente au détail dans la Ville d'Alger par exemple ont enregistré une hausse saisonnière par rapport à 2012 pour la viande bovine (Beafstack de 1205,05 DA à 1378,52DA), (viande avec os de 792,60DA à 841,66DA) et la viande de mouton de 1205,05DA à 1378,52DA. Tandis que le prix de la viande de poulet a baissé de 330,89DA à 293,47DA pour la même période (ONS, 2014d).

Lorsque l'Algérie arrive à produire suffisamment de viande, le taux de consommation des citoyens répondra aux normes et le prix de la viande sera beaucoup plus accessible (Akkouche, 2013). Pour satisfaire le besoin en viandes, les consommateurs algériens se rabattent sur les viandes congelées ou transformées vendues moins cher. En 2009, ce sont plus de 23,3% des Algériens qui ont acheté des viandes congelées (Media Sens, 2009). La consommation des viandes transformées est quotidienne pour 37% des Algériens (Chikhi et Padilla, 2014) <sup>[27]</sup>.

### I.7 Conclusion :

Selon le CNIS9, les importations de viandes fraîches en volume ont enregistré une hausse de 67% en 2013 par rapport à l'année précédente. Ces chiffres démontrent la forte demande nationale et confirment le renoncement progressif à la viande congelée par le consommateur algérien. De ce fait, la faible consommation algérienne actuelle des viandes notamment rouges est due au faible pouvoir d'achat des ménages.

Elle correspond aussi à de « nouvelles tendances » orientées vers les viandes transformées quoique la population souhaite consommer plus de viande fraîche. Ainsi, les viandes rouges restent en Algérie très peu consommées durant l'année. Le rituel de consommation concerne plutôt la période de l'Aïd El Adha, le ramadhan et autres fêtes notamment pour la viande ovine. La viande de la volaille se consomme quotidiennement durant le reste de l'année.

Les pays comme la France, l'Espagne, l'Italie et la Grèce demeurent dans un régime alimentaire fort en viandes et produits carnés. Les effets des grandes tendances montrent que le développement économique des pays du Sud Méditerranéen comme l'Algérie, semble conduire ces pays vers un mode de comportement alimentaire proche de celui des pays du Nord Méditerranéen.

## **Conclusion générale :**

Le nitrite est un additif multifonctionnel couramment utilisé dans l'industrie de la viande. Cependant, en raison de l'effet négatif du nitrite sur la santé humaine, il est important de réduire la quantité de nitrite ajoutée aux produits carnés. Les extraits de plantes semblent être une alternative appropriée au nitrite synthétique

En général, les extraits de plantes présentent des activités antioxydants et antimicrobiennes, peuvent empêcher la décoloration des produits carnés et, en quantité appropriée, n'altèrent pas la saveur du produit. Il est à noter que l'incorporation de certains extraits de plantes en combinaison avec des nitrites produit un effet synergique (par exemple, dans le cas de la betterave, du marc de raisin rouge et des catéchines de thé vert), alors que certains extraits (par exemple, l'épine-vinette et le thé vert) produisent des effets antagonistes. Par conséquent, il est important d'étudier la nature de l'extrait en combinaison avec le nitrite. Dans d'autres cas (par exemple, extrait de fruit du dragon rouge), une quantité plus élevée d'extrait augmente la propriété antioxydant du produit. En général, les extraits de plantes diminuent la légèreté du produit, en plus d'augmenter sa rougeur et son jaunissement.

Dans la plupart des cas, la quantité de micro-organismes présents dans un produit préparé avec un extrait végétal était réduite, voire pas détectée du tout. Cependant, certains auteurs suggèrent que cet effet bénéfique n'était pas seulement un effet de l'extrait de plante, mais était également due à un traitement thermique approprié et à de bonnes conditions d'hygiène en place lors de la préparation du produit spécifique (par exemple, des saucisses à fermentation sèche). De plus, dans la plupart des cas, l'ajout d'extrait végétal aux produits carnés, en combinaison avec une quantité plus faible (ou une absence totale) de nitrite, n'a pas entraîné d'effets négatifs sur les qualités sensorielles des produits.

Cette revue démontre qu'il est possible d'utiliser de faibles quantités de nitrite dans la préparation de produits carnés, et que l'ajout d'extraits de plantes permet d'obtenir une qualité de produit similaire à celle obtenue en utilisant le nitrite de sodium seul. La difficulté majeure réside dans le choix de la quantité optimale d'extrait végétal à appliquer. Par conséquent, d'autres études sont encore nécessaires à cet égard.

## Bibliographie

[01] <https://www.echosciences-grenoble.fr>

[02] [Sante.lefigro.fr](http://Sante.lefigro.fr)

[03] [mobile.inspq.qc.ca](http://mobile.inspq.qc.ca)

[04] <https://conservancy.umn.edu> (University of Minnesota Agricul.TURE

[05] [www.ncbi.nlm.nih.gov](http://www.ncbi.nlm.nih.gov)

[06] [https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/corporate\\_publications/files/nitrates-nitrites-170614-FR.pdf](https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/corporate_publications/files/nitrates-nitrites-170614-FR.pdf)

[07] Exemple du Mémoire du science alimentaire et nutrition

[08] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Nitrite\\_de\\_sodium](https://fr.wikipedia.org/wiki/Nitrite_de_sodium)

[09] <https://www.doctissimo.fr/nutrition/sante-dans-l-assiette/cancer-et-alimentation-ou-sont-les-risques/nitrates-nitrites-alimentation-danger>

[10] <http://www.beep.ird.fr/collect/eismv/index/assoc/TD11-21.dir/TD11-21.pdf>

[11] [Www.unlockfood.ca](http://Www.unlockfood.ca)

[12] <https://www.dal.ca>

[13] [www.linfodurable.fr](http://www.linfodurable.fr)

[14] <https://www.doctissimo.fr/nutrition/sante-dans-l-assiette/cancer-et-alimentation-ou-sont-les-risques/nitrates-nitrites-alimentation-danger>

[15] <https://conservancy.umn.edu> (University of Minnesota Agricul.TURE

[16] [https://www.lexpress.fr/styles/saveurs/nitrites-ajoutes-nitrites-naturels-doit-on-se-mefier-de-ces-conservateurs\\_1886992.html](https://www.lexpress.fr/styles/saveurs/nitrites-ajoutes-nitrites-naturels-doit-on-se-mefier-de-ces-conservateurs_1886992.html)

[17] <http://doi.org/10>

- [18]<http://doi.org/10.1007/s12161-015-0241-4>
- [19]<http://doi.org/10.1016/j>
- [20][http://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00287-4](http://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00287-4)
- [21]<http://doi.org/10.1007/s12161-011>
- [22]<http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.03.016>
- [23]<http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.12.034>
- [24] Les emballages des viandes et produits carnées (chapitre 15)
- [25]<https://www.papillesetpupilles.fr/2011/10/comment-conserver-la-viande-confits-techniques-pour-faire-des-conserves-fumage-et-sous-vide.html/>
- [26]<https://www.spg-pack.com/blog/fr/les-materiaux-et-lemballage-pour-viande-comment-ont-ils-evolue/>
- [27] fr.m.wikipedia.org.
- [28][www.bellat.net](http://www.bellat.net)
- [29]<https://www.foodwatch.org/fr/actualites/2019/stop-aux-nitrites-ajoutes-dans-notre-alimentation/>
- [30] Hoagland (1910, 1914) cité par Honikel (2008).
- [31] (Cammack et al. 1999 ,Weiss, Gibis, Schuh et Salminen, 2010)
- [32] (Santamaria, 2006)
- [33](Cammack et al., 1999 , Santamaria, 2006)
- [34] 2010, Hsu, Arcot et Alice Lee, 2009, Sindelar et Milkowski, 2012)
- [36] (Comission, 2006)
- [37] (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, acronyme portugais MAPA)
- [38](Brasil, 2006).
- [39] (Öztekin, Nutku, &Erim, 2002;Rincón, Martínez, & Delgado, 2003, Rincón, Martínez, Pérez-Olmos, &Berzosa, 2008; Ruiz-Capillas, AllerGuiote, & Jimenez-Colmenero, 2007).

[40] (Chetty& Prasad, 2009 , Öztekin et al., 2002 ,Santos, Lima, Tanaka, Tanaka, & Kubota, 2009).

[41] (Lopez-Moreno, Perez, & Urbano, 2016).

[42] (CE) (Della Betta, Vitali, Fett, & Costa, 2014, Kalaycıoğlu&Erim, 2016, Pereira, Petrucci et Cardoso, 2012).

[43]Della Betta et al. (2014).

[44]Youden (Youden& Steiner, 1975).

[45](EURACHEM, 1998).

[46] Grubbs (Grubbs, 1969).

[47](Shapiro & Cochran, 1965).

[48] homoscedasticité (Cochran, 1941)

[49] l'indépendance (Durbin & Watson, 1951)

[50] (Snedecor& Cochran, 1989)<sup>[50]</sup>.