

Liste des abréviations

AJR : Apports Journaliers Recommandés

AOAC: Association of Official Analytical Chemist

CE : Commission Européenne

CIRC : Centre International de Recherche sur le Cancer

EPIC: European Prospective Investigation into Cancer

FAO: Food and Agriculture Organisation of the United Nations

FSA : Food Standard Agency

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique

NRC : National Research Council

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

SIN : Système International de Numérotation

UEMOA : Union Economique et Monétaire Ouest Africain

Liste des figures

Figure 1 : Teneurs en nitrites des échantillons de saucisson des marques A, B et C.....	17
Figure 2 : Teneurs en nitrites des échantillons de jambon des marques A, B et C	19
Figure 3 : Teneurs en nitrites des échantillons de merguez des marques A et C.....	21
Figure 4 : Teneurs résiduelles moyennes en nitrites des différentes charcuteries.....	23

Liste des tableaux

Tableau I : Composition nutritionnelle de 100g de charcuterie.....	4
Tableau II : Fréquence de consommation des produits de charcuterie à Dakar	5
Tableau III : Norme Codex pour le jambon cuit.....	11
Tableau IV : Norme de l'Union Européenne	11
Tableau V : Concentrations en mg de nitrites de sodium par litre d'extrait de saucisson pour les échantillons des différentes marques.....	16
Tableau VI : Concentrations en mg de nitrites de sodium par litre d'extrait de jambons pour les échantillons des différentes marques.....	18
Tableau VII : Concentrations en mg de nitrites de sodium par litre d'extrait de merguez pour les échantillons des différentes marques.....	20

Sommaire

Introduction	1
Première partie	3
I. Quelques aspects nutritionnels des produits de charcuterie et impacts sanitaires decoulant de leur consommation régulière	3
II. Utilisation des additifs nitres dans la charcuterie et risques associés à leur présence ..	7
<i>II.1. Effet sur la couleur, le gout et la qualité microbiologique.....</i>	<i>8</i>
<i>II.2. Toxicologie des nitrites.....</i>	<i>8</i>
<i>II.3. Effets des nitrates et des nitrites chez l'homme</i>	<i>9</i>
III. Dosage des nitrites	10
IV. Règlementation sur l'emploi des nitrites dans les produits carnés.....	11
<i>IV.1. Cas du Codex alimentarius</i>	<i>11</i>
<i>IV.2. Cas de l'union européenne</i>	<i>11</i>
<i>IV.3. Cas de l'UEMOA et du Sénégal.....</i>	<i>12</i>
Deuxième partie	13
I. Prélèvements et transport des échantillons	13
II. Matériel et méthode	14
<i>II.1. Matériel.....</i>	<i>14</i>
<i>II.2. Méthodologie</i>	<i>14</i>
<i>II.2.1 Analyse chimique.....</i>	<i>14</i>
<i>II.2.2.Préparation des réactifs.....</i>	<i>15</i>
<i>II.2.3.Méthode d'analyse chimique.....</i>	<i>15</i>
III. Résultats	16
<i>III.1. Dosage des nitrites dans les différents échantillons de saucisson</i>	<i>16</i>
<i>III.2. Dosage des nitrites dans les échantillons de jambon.....</i>	<i>18</i>
<i>III.3. Dosage des nitrites dans les échantillons de merguez</i>	<i>20</i>
Discussion.....	22
Conclusion	26
Bibliographie	28

Introduction

La viande occupe une grande place dans l'équilibre des besoins alimentaires de l'organisme humain en raison de son apport en protéines, en lipides, en fer, en vitamines et en minéraux. Le modèle alimentaire actuel intègre de façon importante les produits à base de viande transformés notamment les charcuteries.

Au Sénégal, outre la production locale non négligeable, une augmentation des importations de charcuterie estimées à 409 tonnes entre 2001 et 2007 (Diouf et *al.*, 2011) a été notée. Sur 500 personnes interrogées à Dakar par ces auteurs, plus de 30% ont déclaré consommer de façon régulière les produits de charcuterie en particulier le saucisson, le jambon et la merguez.

En dépit des risques sanitaires liés à leur consommation, ces charcuteries ont été pendant longtemps indexées être à l'origine de nombreuses pathologies dont le plus connu est le cancer colorectal (Norat et *al.*, 2005).

Les procédés de traitement de la viande parmi lesquels l'ajout d'additifs alimentaires notamment le nitrite de sodium y jouerait un rôle capital. Le nitrite est utilisé comme agent de préservation et agent antibactérien. Il attribue la couleur et la saveur caractéristique à la viande salaisonée, prévient la détérioration et renforce la salubrité des aliments en inhibant la croissance des bactéries telles que *Clostridium botulinum* et *Listeria monocytogenes* (Conseil des viandes du Canada, 2013).

Les additifs nitrés sont capables de former des nitrosamines, objectivant ainsi la cancérogénicité du nitrite et du nitrate selon les conclusions d'une étude du Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC, 2006). Plus récemment, une équipe de chercheurs de l'institut national de la recherche agronomique (INRA) de Toulouse a montré dans un modèle animal que la consommation de charcuterie ayant subi plusieurs transformations (ajout de nitrites et cuisson) est directement responsable d'une augmentation de lésions pré-tumorales au niveau du colon (INRA, 2010).

Ces données ont justifié la mise en place dans les pays développés d'une réglementation relative à l'utilisation des nitrites dans les produits à base de viande traitée avec l'établissement de limites résiduelles.

Au Sénégal, malgré la présence d'industries de transformation de la viande, il n'existe aucune réglementation relative à l'emploi des nitrites dans les charcuteries consommées par la population. Il devient donc urgent de contrôler les teneurs en nitrite dans ces produits, tant du point de vue du respect des nécessités légales, que pour la prévention des risques sanitaires.

L'objectif général de cette étude est donc d'évaluer la concentration en nitrite de produits de charcuterie fabriqués et commercialisés sur le marché dakarois.

De façon spécifique, il s'agira de :

- déterminer le taux de nitrite dans trois marques de saucissons et de jambons et dans deux marques de merguez,
- faire une étude comparative des différentes marques étudiées
- et enfin de comparer les valeurs obtenues avec les normes internationales.

Ce travail est présenté en deux parties :

- la première partie est principalement axée sur les produits de charcuterie et sur l'utilisation de nitrite de sodium comme additif,
- la deuxième partie présentera la méthodologie, les résultats des tests effectués sur diverses marques locales de charcuterie. Suite à la discussion de ces résultats, quelques recommandations seront proposées en fin de conclusion.

Première partie

Généralités sur la charcuterie et les additifs nitrés

I. Aspects nutritionnels des produits de charcuterie et impacts sanitaires découlant de leur consommation régulière



La charcuterie est l'ensemble des préparations alimentaires réalisées à partir de la viande additionnée de graisses, d'aromates, d'épices traitées ou non aux nitrites et/ou aux nitrates et ayant subi ou non une cuisson (Durand, 2002).

On distingue plusieurs types de produits de charcuterie parmi lesquels les saucissons, les jambons les merguez etc...

Les charcuteries représentent une source de protéines animales de haute valeur nutritive, elles sont sources de protéine de bonne valeur biologique. Les teneurs en gras ont diminué d'environ 25 % en 30 ans et ces lipides sont majoritairement constitués d'acides gras insaturés. Ils contiennent du sel qui est nécessaire à leur qualité microbiologique.

Les charcuteries ont une forte densité nutritionnelle : les vitamines du groupe B, le fer et le zinc s'y trouvent à des teneurs intéressantes (Sylvestre et *al* 2010).

Les apports nutritionnels de 100g de charcuterie sont présentés dans le tableau ci-contre :

Tableau I : Composition nutritionnelle de 100 g de charcuterie

Composition	Quantité	% en AJR
Energie	230 kals	12 %
Protéines	17,6 g	35 %
Glucides	1,87 g	1 %
Lipides	16,9 g	24 %
Sodium	1070 mg	45 %
Fibres	0 g	0 %
Minéraux	0 g	0 %
Magnésium	24,9 mg	7 %
Phosphore	163 mg	23 %
Potassium	330 mg	16 %
Calcium	11,3 mg	1 %
Manganèse	0,0471 mg	2 %
Fer	1,66 mg	12 %
Cuivre	0,162 mg	16 %
Zinc	1,93 mg	19 %
Sélénium	8,71 µg	16 %
Iode	10,4 µg	7 %
Vitamines		
A rétinol	602 µg	75 %
D	0,579 µg	12 %
E	0,318 mg	3 %
K1	0,112 µg	
C	5,09 mg	6 %
B1	0,509 mg	46 %
B2	0,324 mg	23 %
B3	5,83 mg	36 %
B5	0,56 mg	9 %
B6	0,314 mg	22 %
B9	41,1 µg	21 %
B12	1,64 µg	66 %

AJR : Apport journalier recommandé

Source Cliqual 2013 : Table de composition nutritionnelle des aliments,
(informationsnutritionnelles.fr/charcuterie)

Une enquête réalisée en France a montré que la charcuterie est présente partout avec près de 100 % d'acheteurs pour une moyenne de 29 kg par foyer (Legendre, 2008). Sylvestre et *al.* (2010) ont révélé qu'en France, 90 % des adultes ou des enfants consomment la charcuterie au moins une fois par semaine (principalement sous forme de jambon cuit). La consommation moyenne des adultes est estimée à 34,3 g/jour. Au Sénégal, les résultats d'une enquête (Diouf et *al.*) portant sur 500 personnes ont donné la fréquence de consommation des produits carnés selon le tableau suivant :

Tableau II : Fréquence de consommation des produits de charcuterie à Dakar

Produits	Consommation			
	Régulièrement	Occasionnellement	Rarement	Jamais
Saucisson	38,77 %	30,68 %	8,33 %	6,28 %
Viande hachée	30,55 %	16,67 %	11,15 %	8,33 %
Jambon	27,58 %	31,89 %	8,55 %	5,65 %
Merguez	25,55 %	37,35 %	19,44 %	19,45 %
Moyenne	30,60 %	29,14 %	11,86 %	9,92 %

Cette enquête de Diouf et *al.* réalisée en 2011 à Dakar a montré que 55,5 % des marchés classent le saucisson comme le produit le plus régulièrement consommé par les dakarois suivi du jambon et de la merguez.

La consommation régulière de charcuterie est associée à divers risques pour la santé. Une étude européenne portant sur près de 500000 personnes suivies pendant 13 ans a permis d'établir la relation entre une forte consommation de charcuterie ou de viande transformée et le risque accru de décès. Selon Rohrmann et *al.*, 2013, consommer entre 40 et 80 g de charcuterie par jour accroît le risque de décès de 9 %, entre 80 et 160 g par jour le risque de décès augmente de 21 % et en consommer plus de 160 g par jour l'élève à 44 %. Ces produits transformés sont en effet riches en matières grasses et en cholestérol et peuvent être à l'origine d'affections cardiovasculaires mais aussi d'autres pathologies telles que le diabète, le cancer...

Plusieurs types de cancers ont été associés positivement à une consommation de viandes traitées. Récemment en 2014, Pouchieu et *al.* ont démontré une augmentation du risque de cancer du sein avec la consommation de charcuterie. Une étude suédoise a mis en évidence un lien entre charcuterie et cancer du pancréas en affirmant que pour chaque augmentation de 50 g par jour, un risque significatif de cancer du pancréas apparaît (Larsson et *al.*, 2012)

Ce lien est plausible du fait que le nitrite ajouté à la charcuterie une fois dans l'organisme forme des nitrosamines cancérigènes capables d'atteindre cet organe.

En revanche, l'effet de la consommation de viande sur le risque de cancer colorectal est un sujet controversé. De nombreuses études *in vitro* et épidémiologiques ont fourni des éléments permettant d'établir une relation de cause à effet entre consommation régulière de charcuterie et un risque de cancer colorectal.

Deux études expérimentales de Santarelli et *al.* ont montré qu'une charcuterie du commerce telle qu'une saucisse « hot dog » ainsi qu'une charcuterie modèle type « épaule » contenant des nitrites oxydés sont promotrices de lésions précancéreuses.

Les données issues des études épidémiologiques de Sandhu et *al.* (1997) et Larson et *al.* (2006) ont suggéré que la consommation de charcuterie est associée à un risque de cancer colorectal. Selon ces auteurs, une consommation de 25-30 g par jour de charcuterie augmente le risque de cancer colorectal de 9 à 49 % alors que la consommation de 100-120 g par jour de viande rouge l'augmente de 17 à 24 %. En 2005, l'étude européenne de l'European Prospective Investigation Into Cancer (EPIC) a montré que le risque de cancer colorectal était plus élevé d'un tiers chez les sujets qui consomment régulièrement plus de 160 g par jour de viande de boucherie (Chapelon et Ruault, 2005). Cette étude a porté sur 478 040 hommes et femmes recrutés dans 10 pays européens différents qui ont été interrogés sur leur mode de vie en particulier sur leur habitude alimentaire et suivis en moyenne pendant 5 ans. Parmi eux 1329 cas de cancer colorectal ont été observés dont 855 cas du colon et 474 du rectum.

La même année Norat et *al.* ont utilisé le modèle linéaire de la relation dose-réponse pour estimer à 24 % l'augmentation du risque de cancer colorectal pour chaque élévation de la consommation de 120 g et à 36 % l'augmentation du risque pour une élévation de 30 g de viande traitée.

Selon Santarelli et *al.* 2010, l'épidémiologie propose une association positive entre la consommation de charcuterie et de viande rouge et le risque de cancer colorectal. Ils suggèrent que le risque est six fois plus important pour la charcuterie que pour la viande rouge. L'hème et les composés nitrosés/nitrosyles sont les principaux agents qui pourraient expliquer la promotion du cancer colorectal par les charcuteries.

Au vue de ces différentes données épidémiologiques, il apparait que les additifs nitrés présents dans la viande traitée jouent un rôle primordial dans l'augmentation des risques sanitaires pour l'homme. Il serait de ce fait quelque peu judicieux de s'appesantir non seulement l'utilité de ces sels de nitrites dans la charcuterie mais aussi sur leur toxicité afin d'apprécier le risque sanitaire.

II. Utilisation des additifs nitrés dans la charcuterie et risques associés à leur présence

Les nitrites de sodium et de potassium sont des additifs alimentaires utilisés intentionnellement dans la charcuterie pour améliorer le goût, la couleur et inhiber le développement de certaines bactéries.

Selon le Codex, l'additif alimentaire se définit comme toute substance qui n'est pas normalement consommée en tant que denrée alimentaire, ni utilisée normalement comme ingrédient caractéristique d'une denrée alimentaire qu'elle ait ou non une valeur nutritive, et dont l'addition intentionnelle à une denrée alimentaire dans un but technologique (y compris organoleptique) à une étape quelconque de la fabrication, de la transformation, de la préparation, du traitement, du conditionnement, de l'emballage, du transport ou de l'entreposage de la dite denrée entraîne, ou peut, selon toute vraisemblance, entraîner directement ou indirectement) son incorporation ou celle de ses dérivés dans cette denrée ou en affecter d'une autre façon les caractéristiques (Codex, 1995)

Le nitrite de sodium est classé par la commission du *Codex alimentarius* dans le groupe des additifs alimentaires conservateurs et fixateurs de couleur et lui a attribué un numéro SIN E251 pour le système international de numérotation.

II.1. Effet sur la couleur, le goût et la qualité microbiologique

Lorsque du sel nitré est ajouté à la charcuterie, l'ion nitrite NO₂ se fixe lui-même sur la myoglobine de la viande formant une nitroso-metmyoglobine de couleur brune. En condition anaérobie, la nitroso-metmyoglobine peut ensuite être convertie lentement en nitrosomyoglobine de couleur rouge sombre.

Lorsqu'elle est soumise à la chaleur, cette nitrosomyoglobine se transforme en nitroso-hemochrome de couleur rose. Ainsi après salaison, la viande peut avoir plusieurs teintes : brune, rouge sombre, rose, la couleur dépendant de la concentration des pigments héminiques et de leur état chimique (Parthasarathy et *al.*, 2012).

L'ajout de nitrate ou de nitrite à la viande s'accompagne de réactions enzymatiques de protéolyse et de lipolyse responsables de la formation de composés sapides (Durand et *al.*, 1989).

L'action des nitrites sur les microorganismes résulte de la formation intracellulaire de monoxyde d'azote qui bloque la croissance de la cellule microbienne. Le pouvoir antimicrobien des nitrites est reconnu à l'égard d'un grand nombre de souches bactériennes notamment les *Clostridium* (Mescle, 2002).

II.2. Toxicologie des nitrites

Les études de cinétique et de métabolisme sont compliquées du fait que le nitrite est également synthétisé par voie endogène indépendamment des sources d'aliments ou d'eau potable.

Après leur ingestion via les aliments ou l'eau, les nitrates et les nitrites sont rapidement absorbés dans l'intestin grêle et transportés dans le sang avec une biodisponibilité d'au moins 92 % (Mensinga et *al.*, 2003). Les nitrates et nitrites absorbés sont remis sélectivement en circulation par les glandes salivaires.

Les concentrations plasmatiques de nitrite sont normalement plus basses que celles des nitrates en raison de la plus faible exposition et de la ré oxydation du nitrite en nitrate par l'hémoglobine oxygénée dans le sang.

Sur les 25 % du nitrate exogène, 20 % sont réduits en nitrite par les bactéries buccales (Walker, 1996). Lorsque la salive est avalée, l'estomac réduit le nitrite salivaire en acide nitreux, puis en oxyde d'azote notamment en oxyde nitrique (Lundberg et *al.*, 2004, 2008). Cet oxyde d'azote peut se fixer au niveau de l'hémoglobine et former de la

méthémoglobine bloquant ainsi la fixation de l'oxygène et par conséquent l'oxygénation des tissus.

Les nitrites peuvent aussi engendrer *in vivo*, par réaction avec les amines secondaires, des nitrosamines dont certains sont connus pour leur pouvoir cancérigènes (Magee et Barnes, 1956). Chez les humains, quelle que soit la dose ingérée, l'élimination des nitrites est essentiellement rénale.

II.3. Effets des nitrates et des nitrites chez l'homme

Une vaste gamme de doses orales de nitrates et nitrites létales pour l'homme est rapportée et est probablement due à la grande variabilité de la sensibilité individuelle. La dose orale létale estimée pour les nitrites est comprise entre 1,6 et 9,5 g.

La méthémoglobinémie est l'effet indésirable le plus signalé de l'exposition au nitrite. Certains groupes d'individus sont particulièrement susceptibles à la formation de méthémoglobine notamment les fœtus, les nourrissons de moins de 6 mois et les sujets présentant un déficit génétique en NADH-cytochrome b5-méthémoglobine réductase.

Ward et *al.* (2010) ont observé que la prévalence de l'hypothyroïdie était de 24 % plus élevée chez les femmes dans le quartile le plus élevé pour l'apport en nitrates. Parallèlement, une étude de Kilfoy et *al.* (2010) a mis en évidence un lien statistique entre les apports en nitrates et le risque de cancer de la thyroïde chez l'homme. Un rapport de Santé Canada établi en 2013, a indiqué que l'exposition aux nitrates altère la fonction thyroïdienne humaine en inhibant de façon compétitive l'absorption de l'iodure par la thyroïde, ce qui diminue la sécrétion des hormones thyroïdiennes.

Toujours selon Santé Canada (2013), il existe une association entre l'apport en composés contenant de l'azote et le risque de diabète insuline dépendant de type 1.

Le principal problème associé à l'exposition prolongée aux nitrites est la formation de composés N-nitroso dont bon nombre sont cancérigènes. A pH bas, les nitrites peuvent entrer dans des réactions de nitrosation formant alors des nitrosamines ou des nitrosamides (Honickel, 2008). La sécrétion acide chlorhydrique dans l'estomac diminue le pH à 2. Ces conditions favorisent la formation de nitrosamines et de nitrosamides au niveau gastrique (Kuhnle et *al.*, 2007).

Les nitrosamides, cancérigènes puissants, sont des agents alkylants directs qui agissent sur le site de formation ou d'application. C'est pourquoi elles sont capables de former des

adduits avec l'ADN sur leur site de formation (Vermeer et Maanen, 2001). Les nitrosamines quant à elles exercent leur pouvoir cancérigène suite à une activation métabolique prônée par les oxydases à fonction mixte microsomaux (Mirvish, 1995 et Gangolli et *al.*, 1994). Leur action se fait donc essentiellement via la formation d'intermédiaires qui réagissent avec les groupes nucléophiles des macromolécules cellulaires telles que l'ADN, l'ARN et les protéines (Montesano et Bartsch, 1976).

Ainsi, la détermination des taux de nitrite contenus dans la charcuterie est essentielle pour une bonne prévention de leurs effets nocifs pour les consommateurs. De nombreuses techniques de dosage des additifs nitrés dans les produits à base de viande sont élaborées.

III. Dosage des nitrites

Plusieurs méthodes de dosage des nitrites existent, la plupart repose sur la réaction de Griess. Le principe de cette réaction est basé sur la formation d'un composé azoïque en présence d'acide sulfanilique et de N-naphtyléthylènediamine.

Le groupe du Comité Européen de Normalisation chargé des nitrites a recensé une vingtaine de méthodes différentes dont les 2 tiers sont des variantes de la méthode de Griess. A l'issue de six années de travail, ce groupe n'a pas réussi à normaliser une méthode multi matrice pour remplacer la méthode de Griess dite horizontale applicable à tous les types de produit alimentaires (Riz, 1995).

L'une des méthodes de dosage des nitrites dans les produits carnés retenue par le CNE selon la norme NF ENV 12014-3 repose sur la réaction de Griess et est validée pour une teneur en nitrite comprise entre 10 à 50 mg/kg (Riz et Guillard, 1999).

La méthode de référence ISO/dis 2918 de dosage des nitrites dans la viande et les produits à base de viande traitée mise au point par le codex depuis 1975 utilise également la réaction de Griess.

Dans notre étude, la méthode de quantification utilisée repose sur le principe de la réaction de Griess dont les différentes étapes seront explicitées dans la méthodologie.

IV. Règlementation sur l'emploi des nitrites dans les produits carnés



IV.1. *Codex alimentarius*

La commission du *Codex alimentarius* à travers le comité mixte FAO/OMS d'experts sur les additifs alimentaires fixe les niveaux admissibles de nitrates (comme source de nitrites) dans les produits de viande et de volaille entre 250 et 500 mg/kg.

Cependant, la norme codex sur les additifs alimentaires établie depuis 1995, suggérait d'adopter en 2014 pour les nitrites dans les produits de viande transformés une limite maximale de 80mg/kg.

La norme *codex* pour le jambon cuit *codex* stand 96 1981 fixe les limites de nitrite aux valeurs du tableau III.

Tableau III: Norme *Codex* pour le jambon cuit

	Quantités maximales ajoutées	Concentration produit final
Nitrite de sodium ou de potassium	200 mg/Kg	125 mg/Kg

IV.2. *Union européenne*

La directive 95/2/CE limitait les nitrites dans les produits de viande à 150 mg/kg. La législation européenne sous la directive 95/2 de l'union européenne suggère de limiter les additifs et impose une limite résiduelle de 250 mg de nitrates par kg de viande. Le tableau IV suivant donne les valeurs limites fixées par l'Union Européenne.

Tableau IV: Norme de l'Union Européenne

	Dose d'incorporation	Quantités résiduelles
Nitrite de potassium	150 mg/Kg	50 mg/Kg
Nitrite de sodium	150 mg/Kg	100 mg/Kg
Nitrate de sodium	300 mg/Kg	250 mg/Kg

IV.3. Sénégal et UEMOA

Au Sénégal, il n'existe pas encore de texte réglementaire sur les produits de charcuterie. En effet selon Diouf et *al.* (2011), les produits carnés sont entourés par un vide juridique.

L'analyse des textes du Sénégal montre qu'ils sont muets sur l'utilisation des additifs alimentaires dans les denrées d'origine animale en général et en particuliers dans les produits à base de viande.

L'UEMOA quant à elle dispose d'un règlement n°0072007/CM/UEMOA qui ne cite pas nommément les additifs alimentaires. Néanmoins, l'article 5 dudit règlement précise que les états membres fondent leurs mesures sanitaires sur les normes, directives et autres recommandations internationales notamment celles du *Codex alimentarius*.

Deuxième Partie

Dosage des nitrites dans différents échantillons de saucisson, de jambon et merguez

Ce travail a reposé sur une étude analytique des niveaux résiduels de nitrite de sodium de divers produits de charcuterie fabriqués et commercialisés au Sénégal. L'étude a eu pour cadre le laboratoire de toxicologie et d'hydrologie de la faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontologie de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar et s'est déroulée dans la période d'octobre 2014 à janvier 2015.

Le choix des matrices a porté sur 3 charcuteries différentes que sont le Saucisson, le Jambon et la Merguez jugées les plus consommées par les sénégalais. Pour le saucisson et le jambon, 3 marques ont été étudiées et pour les merguez seules 2 marques ont été analysées. Le choix des marques a été effectué après un recensement des différents produits disponibles sur le marché local.

I. Prélèvements et transport des échantillons

Pour le saucisson, les 2 premières marques (A et B) ont été achetées dans le même magasin et ont été prélevées au niveau du rayon de charcuterie-boucherie. Il s'agit d'échantillons obtenus à l'aide d'une trancheuse et conditionnés par le charcutier dans un papier spécial. Leur poids était de 100 g chacun. La troisième marque de saucisson (C) a été achetée dans un autre magasin. Elle était conditionnée dans un boyau en plastique et conservée au réfrigérateur, son poids était de 500 g.

Pour les jambons, les 3 marques ont été achetées dans le même magasin et conditionnées de la même manière que les 2 premières marques de saucissons. Leurs poids étaient aussi de 100 g.

Pour les merguez, les deux marques étudiées ont été déjà conditionnées dans des plateaux fermés à l'aide de para film et ont été prélevées des réfrigérateurs des magasins. Elles avaient un poids de 500 g chacune.

Tous les échantillons ont été transportés dans un sachet en plastique en moins de 15 mn au laboratoire et ont été conservés à +4°C durant toute la période d'analyse.

II. Matériel et méthode



II.1. Matériel

Le matériel utilisé pour la préparation des échantillons et le dosage des ions nitrites comprenait :

- une balance
- un mortier et un pilon
- des fioles jaugées de 100 ml
- des fioles jaugées de 25 ml
- des pipettes de 2 ml, 10 ml
- un entonnoir
- du papier filtre
- des erlen meyer
- un agitateur électrique
- des cuves à spectrophotométrie
- et un spectrophotomètre

Le spectrophotomètre utilisé est un UV-visible de marque Cary 60. Il est couplé à un logiciel de traitement de données Cary win UV. Cet appareil permet de mesurer l'absorbance d'une solution à une longueur d'onde donnée ou sur une région donnée du spectre. L'absorbance est directement proportionnelle à la concentration des substances en solution, à condition de se déplacer à la longueur d'onde à laquelle la substance absorbe les rayons lumineux. Le spectrophotomètre possède une gamme spectrale allant de 180 à 1100 nm, avec une précision de 0,5 nm. Il possède 2 détecteurs de diodes en silicium. La précision photométrique est de 0,005 pour l'absorbance.

II.2. Méthodologie

II.2.1. Préparation des échantillons

Pour chaque marque, trois échantillons provenant de trois tranches différentes du même produit sont prélevées. Chaque charcuterie est découpée aseptiquement à l'aide d'un couteau en petit morceaux puis 2 à 5 g sont pesés et mis dans un flacon en verre hermétiquement fermé à l'aide de para film puis numéroté selon un code pour faciliter l'identification. Au total, 24 échantillons sont obtenus.

II.2.2. Préparation des réactifs

Les réactifs sont préparés extemporanément pour chaque manipulation.

II.2.2.1. Ferrocyanure de potassium à 15 %

Le ferrocyanure de potassium à 15 % est obtenu par dissolution de 15 mg de ferrocyanure de potassium dans 100 ml d'eau distillée.

II.2.2.2. Sulfate de zinc à 20 %

Le sulfate de zinc à 20 % est préparé par dissolution de 20 mg de sulfate de zinc dans 100 ml d'eau distillée.

II.2.2.3. Réactif de Saltzman (réactif des ions nitrites)

La préparation du réactif des ions nitrites est effectuée de la manière suivante : après dissolution de 2,5 g d'acide sulfanilique dans 400 ml d'eau distillée, 70 ml d'acide acétique concentré et 10 ml de la solution aqueuse de N-naphtyle-éthylènediamine à 0,1% (10 mg dans 10 ml) ont été ajoutés à la préparation. De l'eau distillée a ensuite été utilisée dans le but d'obtenir un volume final de 500 ml.

II.2.3. Méthode d'analyse chimique

II.2.3.1. Principe du dosage des ions nitrites : Réaction de Griess

Le principe de cette méthode repose sur la formation d'un complexe coloré par réaction de diazotation entre l'ion nitrite, une amine primaire aromatique, la sulfanilamide et une autre amine aromatique, le dihydrochlorure de N-(1-naphtyl)-éthylène diamine (NED).

La réaction de Griess se produit en 2 étapes : l'ion nitrite réagit avec l'acide sulfanilique pour former un composé diazoïque (sel de diazonium) qui se combine ensuite en milieu acide (pH inférieur à 2) avec le NED pour former un composé rosé dont l'absorbance à 540 nm est proportionnelle à la concentration en ions nitrites.

II.2.3.2. Mode opératoire

L'échantillon prélevé est broyé au mortier avec 3 fois 20 ml d'eau distillée. Avant l'ajout de la deuxième fraction d'eau distillée mais également de la troisième, le surnageant est transvasé dans une fiole de 100 ml. Lors de la dernière phase de trituration, 20 ml d'eau distillée sont à nouveau utilisés, puis le surnageant et le broyat

sont transvasés dans la fiole, un volume final de 100 ml sera obtenu après ajout d'eau distillée. L'extrait est agité 15 mn sur un agitateur électrique. Après décantation, 20 ml de surnageant sont transvasés dans une fiole de 25 ml. 1 ml de ferrocyanure de potassium à 15 % et 1 ml de sulfate de zinc à 20 % y sont par la suite ajoutés. La solution ainsi obtenue est agitée pendant quelques secondes puis complétée à 25 ml avec de l'eau distillée. Après filtration, 5 ml de cet extrait final sont mis en réaction dans un tube à essai avec 5 ml de réactif de Saltzman. Les absorbances et les concentrations sont lues au spectrophotomètre après 20 mn de coloration.

III. Résultats

La gamme d'étalonnage est préparée à partir d'une solution mère à 200 mg/L par dissolution de 30 mg de nitrite de sodium dans 100 ml d'eau distillée. La gamme est validée avec une pente de **0,088** et un coefficient de corrélation de **0,8389**.

III.1. Dosage des nitrites dans les différents échantillons de saucisson

Le dosage spectrométrique a donné les absorbances et les concentrations en nitrite de sodium des échantillons de saucisson présentées dans le tableau V.

Tableau V : Concentrations en mg de nitrites de sodium par L d'extrait de saucisson pour les échantillons des différentes marques

	Poids (g)	Absorbance	Concentration (mg/L)
Marque A			
A₁	3,016	0,4515	5,1
A₂	2,177	0,3346	3,8
A₃	3,268	0,4550	5,1
Marque B			
B₁	2,515	0,2282	2,6
B₂	3,284	0,2463	2,8
B₃	3,178	0,3048	3,4
Marque C			
C₁	2,369	0,2485	2,8
C₂	2,558	0,3485	3,9
C₃	2,616	0,2804	3,1

Ces données montrent une concentration en nitrites plus importante pour les échantillons A₁ et A₃. Les valeurs sont égales pour B₂ et C₁. On note des concentrations très voisines pour les marques B et C avec des taux variant de 2,6 à 3,9 mg/kg. Ces concentrations obtenues après dosage spectrométrique sont rapportées en teneurs en nitrites de sodium par Kg de saucissons par utilisation de la formule :

$$\text{Teneur} = \text{Concentration} \times \text{Volume extraction} / \text{Poids}$$

Le volume utilisé pour l'extraction est de **100ml** pour tous les échantillons. Les différentes teneurs en nitrites de sodium exprimées en mg/kg de saucissons pour les échantillons des trois marques sont représentées dans le graphe 1

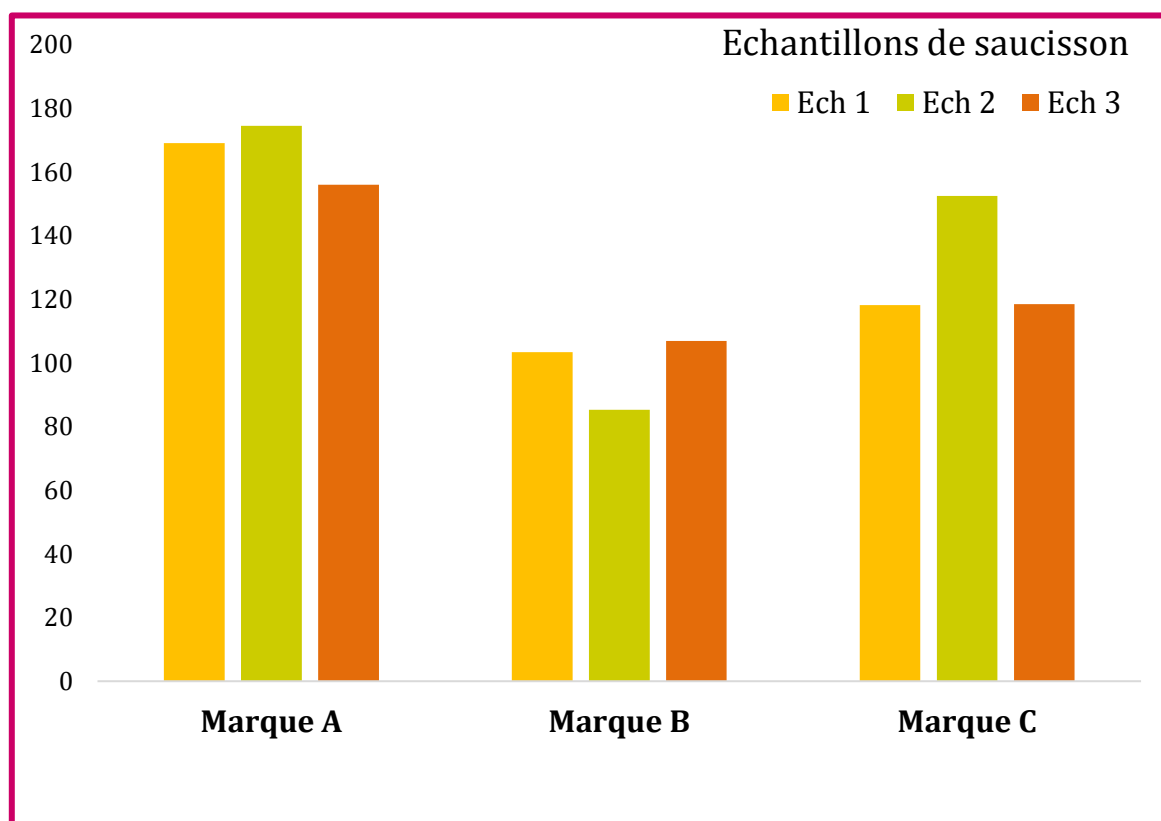


Figure 1: Teneurs en nitrites des échantillons de saucisson des marques A, B et C

Ces résultats révèlent des quantités de nitrite plus élevées pour la marque A avec des teneurs comprises entre 156,06 et 174,55 mg/kg. Les niveaux les plus petits sont obtenus avec la marque B avec une concentration maximale à 106,98 mg/kg. Les échantillons C₁ et C₃ présentent des taux de nitrite quasi égaux et C₂ avoisine A₃ avec une teneur de 152,46 mg/kg.

III.2. Dosage des nitrites dans les échantillons de jambons

L'analyse des différents échantillons de jambon a conduit aux absorbances et concentrations du tableau VI.

Tableau VI: Concentrations en mg de nitrites de sodium par L d'extrait de jambon pour les échantillons des différentes marques

	Poids (g)	Absorbance	Concentration (mg/L)
Marque A			
A1	3,080	0,1968	2,23
A2	2,634	0,1737	1,97
A3	3,417	0,2170	2,46
Marque B			
B1	2,126	0,1034	1,17
B2	2,292	0,1175	1,33
B3	2,561	0,1112	1,26
Marque C			
C1	2,637	0,1635	1,85
C2	3,034	0,1530	1,73
C3	3,796	0,2443	2,77

La concentration la plus grande en nitrite de sodium est obtenue avec l'échantillon 3 de la marque C de jambon (2,77 mg/ L), suivi de la marque A qui présente des taux de 2,46 et 2,23 mg/L respectivement pour les échantillons A₃ et A₁. Toutes les autres marques confondues ont des concentrations comprises entre 1,33 et 1,97 mg/L.

Le calcul des taux de nitrites après analyse des différents échantillons de jambon a conduit aux résultats présentés dans le graphe 2.

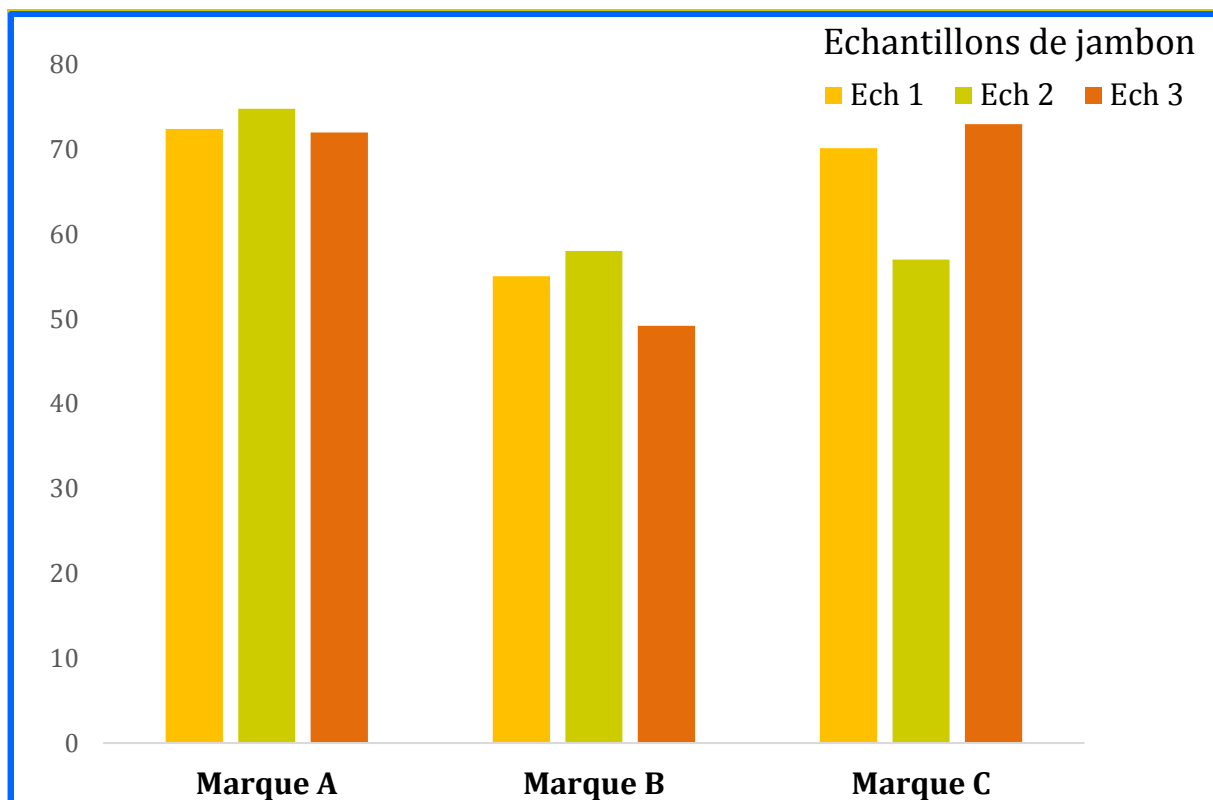


Figure 2 : Teneurs en nitrites des échantillons de jambon des marques A, B et C

Ces données illustrent des niveaux de nitrites voisins pour les marque de jambon A et C avec des valeurs comprises entre 57 et 74 mg/kg. Les échantillons A₁, A₃ et C₃ présentent des concentrations très proches avec des valeurs variant de 71, 99 à 72, 97 mg/kg de nitrite. La marque B a une concentration en nitrite plus importante de 58,02 mg/kg avec B₂.

III.3. Dosage des nitrites dans les échantillons de merguez

Pour les merguez, seules les marques A et C ont été étudiées. Les merguez de la marque B ne sont pas disponibles sur le marché.

Les absorbances et les concentrations de nitrite résiduel des deux marques de merguez sont données dans le tableau VII.

Tableau VII: Concentrations en mg de nitrites de sodium par L d'extrait de merguez pour les échantillons des différentes marques

	Poids (g)	Absorbance	Concentration (mg/L)
Marque A			
A1	2,078	0,2536	2,88
A2	2,968	0,4090	4,64
A3	3,091	0,3364	3,82
Marque C			
C1	2,710	0,1027	1,16
C2	2,423	0,1000	1,13
C3	2,408	0,1044	1,18

L'observation de ces valeurs montre que pour tous les échantillons de la marque C, les concentrations ne dépassent pas 1,2 mg/L alors pour la merguez A, les taux sont presque de 3 à 4,7 mg/L.

Les teneurs en nitrites obtenues à partir de ces différentes concentrations sont représentées dans le graphe 3.

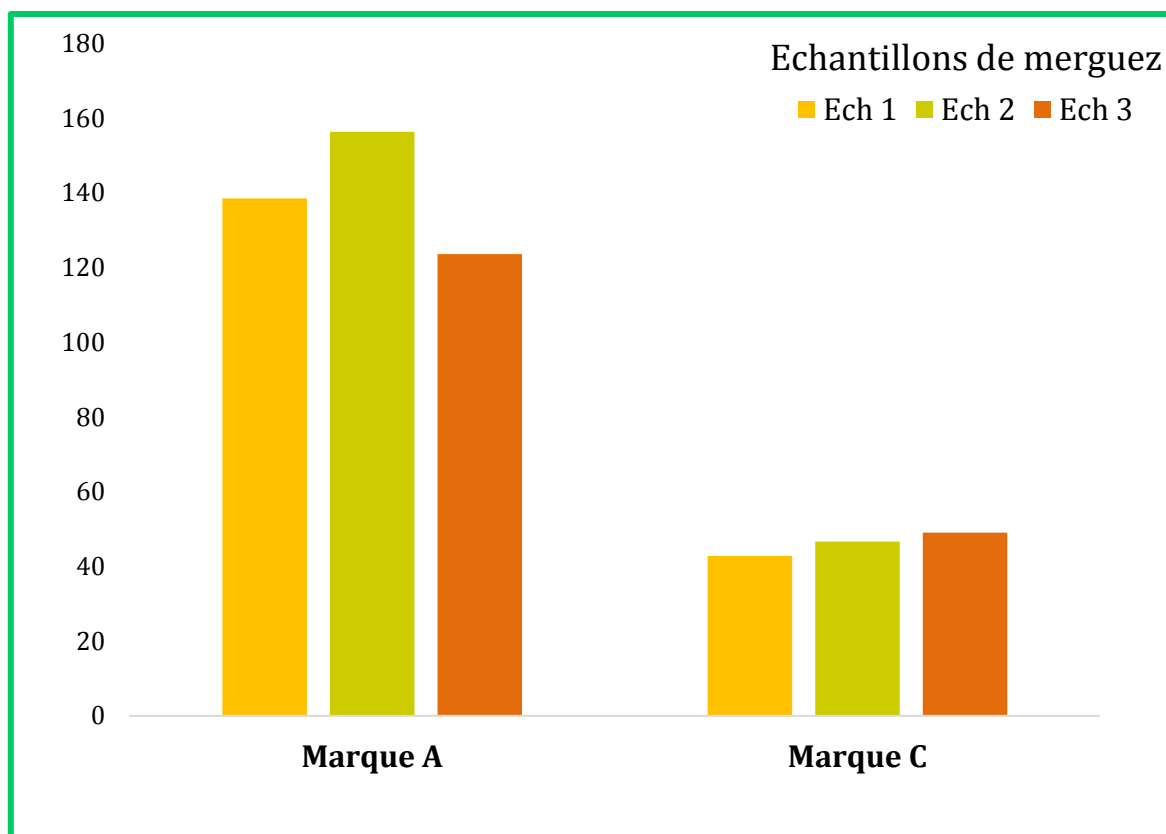


Figure 3: Teneurs en nitrites des échantillons de merguez des marques A et C

Ces résultats révèlent des teneurs en nitrite de sodium presque 3 fois plus grandes pour les merguez A que pour les échantillons de C. Ces valeurs sont comprises entre environ 123,6 et 156,5 mg/kg pour A et entre 43 et 49 mg/kg pour C.

Discussion

L'emploi des nitrites comme conservateurs des produits de viande est essentiel à leur bonne qualité organoleptique et microbiologique. Malgré leur rôle important pour assurer une sécurité et une durée de vie meilleures à la charcuterie, les nitrites ne sont pas sans risque pour la santé des consommateurs. Ces additifs font l'objet de réglementation dans beaucoup de pays européens. Cependant, la plupart des états africains en particulier le Sénégal ne disposent pas de loi relative à la bonne utilisation des nitrites en dépit d'une production locale non négligeable des produits de charcuterie. Notre travail a porté sur la détermination des niveaux résiduels de nitrite de sodium de divers produits de charcuterie commercialisés à Dakar, avec pour objectif l'évaluation de la teneur en nitrites dans trois matrices de charcuterie à savoir le saucisson, le jambon et la merguez.

Le principe de la méthode utilisée repose sur la réaction de Griess qui est une réaction de diazotation par les nitrites de l'acide sulfanilique. Il se forme un sel de diazonium qui est ensuite couplé avec une amine (réaction avec le N-naphtyléthylène diamine), ce qui donne un composé azoïque rose qui absorbe à 540nm.

Beaucoup de méthodes de dosage des nitrites dans la viande utilisent la réaction de Griess. C'est le cas de la méthode de référence iso/dis 2918 pour le dosage des nitrites dans la viande et les produits à base de viande traitée et aussi de la méthode 973.31 de l'association of official analytical chemist qui est une méthode colorimétrique de dosage des nitrites dans les produits carnés.

Ces diverses méthodes sont différenciées par la technique d'extraction des nitrites de la matrice à étudier qui influe sur la quantité de nitrites libres.

Dans notre étude, l'extraction est effectuée à température ambiante avec 100 ml d'eau distillée avec adjonction de ferrocyanure de potassium et de sulfate de zinc pour enlever les graisses et clarifier la solution à doser.

Dans le cas où ce sont des sels de nitrate qui sont employés lors de la fabrication, ces derniers sont réduits en nitrites par le nitrate réductase des bactéries de la charcuterie. Des nitrates libres peuvent encore être présents et le dosage nécessite alors une réduction préalable de ces nitrates en nitrites.

D'autre part, une étude des niveaux résiduels de nitrites des produits de viande salés conduite en Roumanie par Lonescu et *al.*(2006) a montré qu'une extraction alcaline avec l'eau distillée et une solution de NaOH à 2 % conduit à des teneurs résiduelles en nitrites

plus élevées par rapport à la méthode de référence. Ainsi, la méthode d'extraction du nitrite du substrat a un rôle décisif sur la quantification des niveaux résiduels.

La courbe de calibration de la méthode employée est réalisée par l'utilisation d'une gamme d'étalonnage composée de 5 standards de concentration comprise entre 0 et 100 mg/L de nitrite de sodium. La gamme d'étalonnage est validée avec un coefficient de corrélation ($r^2 = 0,838998$). La gamme a permis d'avoir une courbe d'étalonnage à partir de laquelle sont calculées les différentes concentrations en nitrites des échantillons.

Les résultats obtenus sont validés par le test de Cochran qui compare les variances des valeurs inter jours des mêmes extraits. Pour les saucissons, le test de Cochran donne une valeur de 0,67 pour la marque A, 0,52 pour la marque B et 0,5 pour la marque C. Les tests de Cochran des échantillons de jambon sont de 0,6 pour A, 0,7 pour B et 0,51 pour C. Les valeurs obtenues pour les merguez sont respectivement de 0,55 et 0,95 pour les marques A et C.

Ces valeurs sont toutes inférieures à 1, ce qui signifie que les tests sont non aberrants. La détermination des teneurs en nitrites dans les différentes charcuteries étudiées est effectuée dans trois échantillons du même produit pour chaque matrice.

L'analyse des trois marques de charcuterie a conduit aux différentes teneurs résiduelles moyennes représentées dans la figure ci-après :

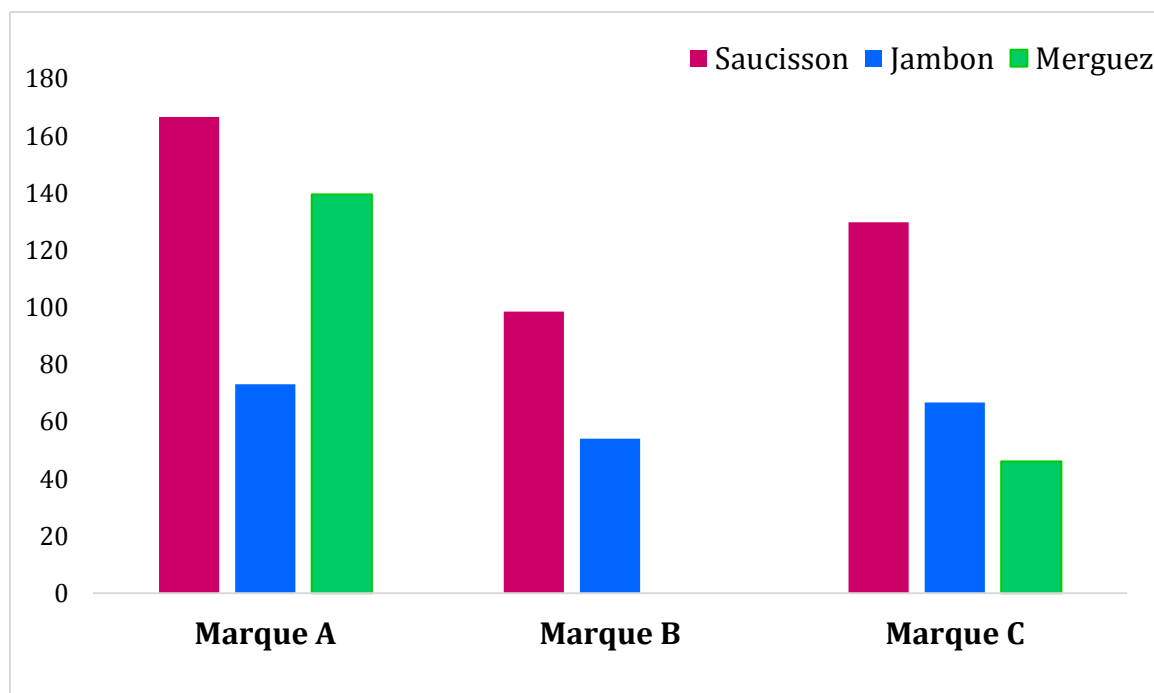


Figure 4 : Teneurs résiduelles moyennes en nitrites des différentes charcuteries

L'analyse des résultats obtenus montre que les teneurs en nitrites dans les saucissons sont plus importantes quel que soit la marque de charcuterie considérée avec des concentrations comprises entre 98,5 et 166,5 mg/kg.

L'ajout de nitrite a un rôle important pour l'obtention d'une bonne qualité microbiologique des viandes traitées. Lors de la fabrication du saucisson, il existe deux étapes d'étuvage et de séchage nécessaires à une bonne qualité gustative qui contribuent au développement bactérien. Ainsi, un taux plus important de sel nitré pourrait être essentiel pour une bonne conservation de ces produits. Slowinski et *al.* (1994) ont montré que la réduction de la teneur en sel diminue les capacités de rétention d'eau et augmente les pertes dans les émulsions de viande à partir desquelles sont préparés les saucissons.

Parallèlement, pour toutes les matrices, les taux en nitrites sont plus élevés pour la marque A que pour les deux autres.

L'étude de la marque A révèle une teneur en nitrite plus grande dans l'ordre pour le saucisson, la merguez et le jambon. La concentration pour le saucisson est près de 2 fois supérieure à celle du jambon.

La détermination des taux de nitrite pour la marque B donne une valeur supérieure pour le saucisson avec une concentration presque 2 fois plus élevée que pour le jambon.

Pour la marque C, les teneurs obtenues sont plus importantes dans l'ordre pour le saucisson, le jambon et la merguez. Les saucissons étant près de 2 fois plus concentrée en nitrites que les jambons et presque de 3 fois que les merguez.

Le taux de nitrite plus bas pour les jambons pourrait s'expliquer par l'effet des nitrites sur la couleur. Sans sel nitré, le jambon serait naturellement gris et cette couleur n'inciterait pas à la consommation (Le Minous, 2004). Une étude menée par Martin et *al.* (2010), sur l'impact du salage sur la couleur des jambons a montré que celle-ci est obtenue avec une teneur en nitrites de 30 mg/kg et que l'augmentation de cette dernière jusqu'à 120 mg/kg ne modifie que légèrement la teinte.

La comparaison des différentes marques étudiées montre que le saucisson A, contient près de 2 fois plus de nitrite de sodium que les saucissons de marque B et C.

Les valeurs obtenues avec les jambons révèlent que A renferme près de 2 fois plus de nitrite de sodium par kg que B et presque les mêmes concentrations que C. Parallèlement la marque de jambon C possède près de 2 fois plus de nitrite par kg que le jambon de

marque B. Les concentrations en nitrite dans les jambons A et C sont très voisins avec un taux légèrement supérieur pour A.

Pour les merguez, les données montrent que la marque A contient environ 3 fois plus de nitrite de sodium que la marque C. Globalement, les quantités de nitrite obtenues pour toutes les charcuteries sont comprises entre 46,14 et 166,56 mg/kg.

Une étude de 200 échantillons de produits de viande traitée a montré des niveaux compris entre 0,2 et 450 mg/kg de nitrite (FSA, 1998). Cassens (1997) a trouvé une concentration moyenne comprise entre 5 et 10 mg/kg de nitrite en étudiant 164 échantillons de produits de viande traitée.

Une surveillance de saucisses 'hot dog' aux USA a révélé une concentration moyenne de 100 mg/kg (NRC, 1981).

Une autre mesure des niveaux de nitrate et nitrite dans le cadre d'une étude sur l'alimentation commanditée par santé canada à Ottawa en 2000 a trouvé 15,1 mg/kg de nitrite dans les saucisses francfort et 11,1 mg/kg dans les hot dog.

En 2014, Mey et *al.* ont déterminé une concentration moyenne de 97,3 mg/kg exprimée en nitrite de sodium en analysant 101 types de saucisses de type nord et sud européen.

Les résultats obtenus comparés à la norme de la législation européenne qui limite les nitrites résiduels dans la charcuterie à 100 mg/kg, montre que pour les saucissons, les marques A et C dépassent ; pour les jambons, toutes les 3 marques sont conformes et pour les merguez seule A est au-delà de la limite.

La norme codex pour le jambon cuit fixe les nitrites à 125 mg/kg, ainsi toutes les marques de jambon étudiées peuvent être considérées comme étant de bonne qualité nitrite.

Considérant la législation américaine qui limite les nitrites dans la charcuterie à 200 mg/kg, toutes les charcuteries étudiées sont conformes.

Et enfin les charcuteries analysées sont en dessous de la limite de la commission du *Codex alimentarius* qui fixe une norme de 250 à 500 mg/kg de nitrate comme source de nitrite dans les produits de viande traitée.

Conclusion

Les additifs nitrés sont des ingrédients essentiels à la bonne qualité des produits de charcuterie tant du point de vue microbiologique que pour la couleur et la saveur. Cependant le pouvoir cancérigène des nitrates et des nitrites alimentaires fait depuis des décennies l'objet de débat avec pas mal de preuves affirmatives.

En 2007, le CIRC a classé le nitrite cancérigène probable uniquement dans les conditions d'une nitrosation endogène. L'exposition au nitrite exogène chez les gros consommateurs de produits à base de viande traitée avec du nitrite peut atteindre 90 % (CIRC, 2006). Ces taux de nitrite ingérés via les produits de charcuterie, contribuent pour une part modérée à la formation de nitrosamines cancérigènes.

Ainsi, pour faire face à ces risques liés à la présence de nitrite dans la viande, différentes réglementations ont été mises en place notamment dans les pays développés avec des limites résiduelles maximales exprimées en mg de nitrite de sodium par kg de produits. Néanmoins la tendance actuelle milite en faveur d'une diminution des taux de nitrite ajoutés à la charcuterie mais ceci reviendrait inévitablement à réduire le niveau de sécurité et de durée de vie et conduirait à assister ainsi à l'augmentation de la prévalence de produits non conformes.

Selon une récente étude de l'institut du porc en France (2010), la réduction du nitrite aura essentiellement un impact sur la croissance de *Clostridium botulinum* et la production de toxine par ce germe. La maîtrise de cette bactérie par les nitrites nécessite une concentration d'au moins 80 mg/kg.

Par ailleurs vue l'importance de ces composés pour une bonne qualité des produits de viande, il serait judicieux de se conformer aux différentes normes internationales pour assurer un équilibre entre l'effet bénéfique et le risque engendré par les sels nitrés.

C'est dans ce cadre que s'est inscrite cette étude avec pour objectif général la détermination des taux de nitrite résiduels de quelques produits de charcuterie fabriquées au Sénégal par l'utilisation d'une méthode basée sur la réaction de Griess qui est la technique de référence pour le dosage des nitrites en particulier dans les produits de viande.

Le travail porte sur le saucisson, le jambon et la merguez qui sont plus consommés par les sénégalais. La sensibilité de la méthode est donnée directement par la pente de la droite d'étalonnage qui est de 0,088. Les résultats obtenus avec la méthode sont validés en étudiant la reproductibilité par un test d'homogénéité des variances des différentes mesures effectuées sur des jours différents.

Les résultats obtenus suite au dosage révèlent une teneur en nitrite de sodium de 166,56mg/kg pour le saucisson de marque A, 98,51mg/kg pour la marque B de saucisson et 129,71mg/kg. Pour les jambons, les taux sont de 73,06mg/kg pour A, 54,08mg/kg pour B et 66,71mg/kg pour C.

L'étude des merguez qui a porté seulement sur les marques A et C a trouvé une teneur de 139,46mg/kg pour la première et 46,14mg/kg pour la seconde.

Vu les taux de nitrites considérables contenus dans les produits locaux de charcuterie et considérant la place importante des charcuteries dans le model alimentaire actuel, les recommandations suivantes sont formulées pour une meilleure protection de la santé des consommateurs :

Aux autorités

- ✓ Elaborer une loi de gestion des additifs alimentaires et des nitrites en particulier
- ✓ Effectuer des contrôles réguliers sur les différents produits
- ✓ Informer les populations sur les habitudes alimentaires compatibles avec une meilleure santé

Aux fabricants

- ✓ Limiter au maximum les quantités de nitrite ajoutées à la charcuterie
- ✓ Réfléchir sur les nouvelles techniques de conservation des denrées

Aux consommateurs

- ✓ Réduire au maximum la consommation journalière de charcuterie
- ✓ Ne pas se fier à la couleur de la charcuterie pour estimer la qualité en effet plus un produit est coloré plus il est susceptible de contenir beaucoup de nitrite.

Bibliographie

1. **Andre V, Lechavral M et Sichel F**, Dosage des nitrites dans une charcuterie in Travaux pratiques de mutagenèse et toxicologie, Université de Caen (UFR des sciences pharmaceutiques) France, 2014 : 31-33.
2. **Bamba L K**, Etat des lieux sur la réglementation des nitrates et nitrites dans les produits à base de viande au sein de l'UEMOA, Thèse de médecine vétérinaire n°21, UCAD Dakar, 2011.
3. **Cassens R G**, Résiduel nitrite in cured meat, Food technol 51, 1997: 53-55.
4. **Chapelon F C et Ruault M C B**, Viande, poisson et cancer colorectal in Médecine et Science 21(10), 2005 : 866-867.
5. **Cliqual**, Table de composition nutritionnelle des aliments, 2013, disponible sur informationsnutritionnelles.fr/charcuterie, consulté le 08/02/15.
6. **Codex alimentarius**, Norme codex pour le jambon cuit, codex stand 96-198, 1981 : 2.
7. **Codex alimentarius**, Norme générale pour les additifs alimentaires, codex stand 192, OMS, 1995 : 3.
8. **Conseil des viandes du Canada**, Le nitrite dans les produits de salaison, disponible sur www.cmc-cvc.com/fr/nutrition-santé/le-nitrite-dans-les-produits-de-salison, consulté le 12/2/15.
9. **Conseil des viandes du Canada**, Comprendre les rôles que joue le nitrate et le nitrite en matière de santé humaine, disponible sur www.cmc-cvc.com, consulté le 15/3/15.
10. **Cross A, Cantor K P, Keif J S, Lunch CF and Ward M H**, Pancreatic cancer and drinking water and dietary sources of nitrate and nitrite, Am J. Epidemiol 195(7), 2004: 693-701.

- 11. De Mey E, De Klerck K, De Maere E, Dewuff L, Fraeye I, Van Der Heyden Y et Paelink H**, The occurrences of N-nitrosamines résiduel nitrite and biogenic amines in commercial dry fermented sausages and evaluation of their occasionnal relation in Meat Science 96, 2014 : 821-828.
- 12. De Roos A J, Ward M H, Lynch C F and Cantor K P**, Nitrate in public water supplies and the risk of colon and rectum cancers, Epidemiology 14(6), 2003: 640-649.
- 13. Diouf L, Kane A, Seydi M et Samb A**, Disponibilité sur le marché et consommation des produits de charcuteries à Dakar in ITA Echos n°6, bulletin semestriel de vulgarisation de la recherche et du développement agroalimentaire, 2011 : 10-11.
- 14. Durand P, Rosset R et Vendevre J L**, Charcuterie industrielle, salaison, plats cuisinés et produits dérivés de la viande : toxicité des nitrates et des nitrites in Technologie des produits de charcuteries et des salaisons, Paris, Lavoisier, 1989 : 10-46.
- 15. Durand P**, Définitions, réglementation et classification des produits de charcuteries et de salaison in Technologie des produits de charcuteries et des salaisons, Paris Lavoisier, 2002 : 10-46.
- 16. Food Standard Agency**, Total diet study: nitrate and nitrite food surveillance in Information sheet n°163, London 1998.
- 17. Honickel K O**, The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products, Meat Science 78, 2008: 68.
- 18. IARC**, Ingested nitrate and nitrite and cyanobacterial peptide toxins in IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans 94, 2010: 43-325.

- 19. INRA**, Charcuteries et cancer colorectal: première démonstration expérimentale d'un effet promoteur dans un modèle animal, disponible sur www.i-dietetique.com/articles/cancer-colorectal-l-inra-confirme-les-soupcons-qui-pesent-sur-la-charcuterie/8080.html, consulté le 12/2/15.
- 20. Institut du porc**, Vers une recommandation de réduction du taux de nitrite dans les différentes familles de charcuterie FT 74, 2010, disponible sur en.ifip.asso.fr, consulté le 3/5/15.
- 21. Jakszyn P, Bingham S, Pera G, Agudo A, Luben R and coll**, Endogenous exposure to N-nitrosocompounds and gastric cancer risk in the European Prospective Investigation Into Cancer and Nutrition (EPIC-EURGAST) Study, *Carcinogenesis* 27(7), 2006: 1497-1501.
- 22. Kilfoy B A, Zhang Y, Park Y, Holford T R, Schatzkin A, Hollenbeck A, Ward M H et al**, Dietary nitrate and nitrite and the risk of thyroid cancer in the NIH-AARP diet and health study, in *International J of cancer* 129(1), 2010 : 160-172.
- 23. Kuhnle G G, Story G W, Reda T, Mani A R, Moore K P, Lunn J C and Bingham S A**, Diet-induced endogenous formation of nitroso compounds in the GI tract, *Free RadicBiol Med*, 43, 2007: 1040-7.
- 24. Larson S C etWolk A**, Red and processed meat consumption: meta-analysis of prospective studies, in *British Journal of Cancer* 106, 2012: 603-607.
- 25. Legendre V**, Les consommateurs de porc frais: qui sont-ils? Eclairage sociologique, in *Techniporc* 31(4), 2008.
- 26. Le Minous A E**, Reduction et substitution du sel dans les produits transformés, *Programme Nutrition Santé en Bretagne*, 2004 : 109 pp.
- 27. Lonescu A, Zara M, Aprodu I, Vasile A et Garac G**, Monitoring des nitrites et nitrates résiduels des produits de viande salée avec le test nitrite merckoquant, in *Scientificstudy and Research* 7 (4), 2006 : 745-755.

- 28. Lundberg J O, Weitzberg E, Cole J A et Benjamin N**, Nitrate ,bacteria and human health, in *Nat Rev Microbiol* 2(7), 2004 : 593-602.
- 29. Lundberg J O, Weitzberg E et Gladwin M T**, The nitrate-nitrite-nitric oxide pathway , in *Physiology and Therapeutics Nat Rev Drug Discov* 7(2), 2008 : 156-167.
- 30. Magee P N et Barnes J M**, The production of malignant primary hepatic tumors in the rat by feeding dimethylnitrosamine, *British Journal of Cancer* 10, 1956 :114-122.
- 31. Martin J L, LHommeau T et Beraha P**, Impact du salage sur la couleur des jambons et lardons, *Techniporc*, 33(5), 2010 :19-26.
- 32. Mensinga T T, Swaim P D, Bellamy W D, Rittman B E et Tang Y**, Health implications of exposure to environmental nitrogenous compounds, *ToxicolRev* 22(1), 2010 : 41-51.
- 33. Mescle J F**, Additifs, conservateurs (antibactériens, antifongiques), in *Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires*, Lavoisier Paris, 2002 : 197-199.
- 34. Norat T, Bingham S, Ferrari P, Silmani N, Jenab M et al**, Meat, fish and colorectal cancer risk : The European Prospective Investigation into cancer and nutrition, *Journal of the national cancer Institute* 97(12), 2005 : 906-916.
- 35. National Research Council**, The effects of nitrate and N- nitroso compounds, Whashington DC.
- 36. Parthasarathy D P et Bryan N S**, Sodium nitrite: the cure of nitric oxide insufficiency, *Meat Science* 92, 2012: 274-279.

37. **Pouchieu C, Deschasaux M et Touvier M**, Consommation de viandes rouges et charcuteries et risque de cancer du sein, modulation par une supplémentation en antioxydants dans l'étude SUIVI MAX, *Nutrition clinique et Métabolisme* 28, 2014 : 42.
38. **Rohrmann S, Overvad K, Bueno De Mesquita H B, Jakobsen M U et al**, Meat consumption and mortality- results from the European Prospective Investigation into cancer and nutrition, *Bio Med Central Medecine*, 2013 : 12pp.
39. **Santarelli R, Pierre F et Corpet D E**, Processed meat and colorectal cancer: A review of epidemiologic and experimental evidence, *Nutrition and Cancer* 60(2), 2008: 131-144.
40. **Santarelli R, Naud N, Taché S, Guéraud F, Vendevre J L, Corpet D E et Pierre F H F**, Hot dog promotes the formation of diméthylhydrazineinducedmucin-depletedfoci in rat colon, in *Charcuteries et cancerogenese colorectale, additifs alimentaires et procédés de fabrication inhibant la promotion chez le rat*, Thèse Université Toulouse, 2010: 86-102.
41. **Santé Canada**, Recommandations pour la qualité de l'eau potable au canada : documentation technique-le nitrate et le nitrite, Bureau de la qualité de l'eau et de l'air, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, santé canada ottawa, Catalogue H144-13/2-2013F-PDF, 2013.
42. **SlowinskiM et Mroczeck J**, Effect of reducing cooking salt on the technological and sensory properties and microbiological status of sausages, *PrzemyslSpozywczy*, 48 (3), 1994: 86-89.
43. **Sylvestre J L, Krempf M et Lecerf J M**, Les charcuteries, *Cahier de nutrition et de diététique* 45(6), 2010 : 227-337.
44. **Vidal C A G, Ovando A C, Hernandez M E P et Lopez E C**, Determination of nitrites in commercials sausages by anthocyanins degradation-Experimental design and optimisation, *Journal MexiSoc* 58(2), 2014 : 180-184.

45. **Walker R**, The metabolism of dietary nitrite and nitrate, *BiochemSoc Trans* 20, 1996: 780-785.
46. **Ward M H, Kilfoy B A, Weyer P J, Anderson K E, Folsom A R et Cerhan J R**, Nitrate intake and the risk of thyroid disease, in *Epidemiology* 21(3), 2010: 389-395.

Résumé

Contexte : Les charcuteries peuvent être à l'origine de nombreuses pathologies dont la plupart implique les additifs nitrés qui y sont ajoutés lors de la fabrication pour améliorer leurs qualités organoleptique et microbiologique. En effet, le profil toxicologique des nitrites est caractérisé par leur implication dans l'initiation de certains cancers notamment les cancers colorectaux (avec un facteur de certitude élevé). Le respect des limites fixées par les différentes normes internationales est donc essentiel pour une prévention de la santé des consommateurs. Au Sénégal, en dépit de l'utilisation de ces additifs dans la production de divers produits dérivés de viande, il n'existe pas de réglementation.

Objectifs : Cette étude se propose de (i) déterminer, par une approche analytique, la teneur en nitrites de différents types de charcuteries fabriquées et commercialisées au Sénégal dans le but de (ii) vérifier leur conformité par rapport aux normes internationales.

Méthode : Le taux de nitrites de plusieurs échantillons issus de 3 types de matrices (saucisson, jambon et merguez) de différentes marques a été déterminé par spectrométrie selon la méthode de Griess.

Résultats : La teneur en nitrites dans les échantillons de Saucissons varie dans une fourchette allant de 98 mg/kg à 167 mg/kg. L'analyse des échantillons de Jambon met en évidence des concentrations moins élevées avec des teneurs moyennes de 54,08 mg/kg, de 66,71 mg/kg et de 73,06 mg/kg respectivement pour les marques B, C et A. Les résultats relatifs aux échantillons de Merguez révèlent un écart considérable entre les 2 marques étudiées avec une teneur en nitrites pour la marque A (139,46 mg/kg) près de 3 fois supérieure à celle obtenue pour la marque C.

Face à ces teneurs non négligeables en nitrites, il devient non seulement urgent d'établir une réglementation pour ces additifs mais également d'effectuer des contrôles réguliers sur les produits fabriqués et commercialisés sur le marché national afin de garantir une meilleure sécurité sanitaire des aliments.